
Курочкин В.Н.
Эффективность
и надежность
функционирования
сложных организационных
систем

УДК 631.3.004.67:653.011:621.192
ББК У9(2)320-433.2в641.0

Печатается по решению ученго совета
Федерального государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования.
«Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия»

Рецензенты:

доктор технических наук профессор заведующий кафедрой «Машины и аппараты пищевых производств» ГОУ ВПО «Донской государственный технический университет» И.А. Хозяев

доктор технических наук профессор декан факультета механизации переработки сельскохозяйственной продукции ФГОУ ВПО «Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия»
Н.И. Шабанов

Курочкин В.Н. Эффективность и надежность функционирования сложных организационных систем: монография. – Ростов-на-Дону: ЗАО «Ростиздат». – 494с.

В представленной Вашему вниманию монографии изложены основные научно-методические предпосылки создания эффективных и надежных сложных организационных систем. Уточнены основы теории обеспечения эффективности и надежности указанных систем. Обоснованы принципы и предпосылки создания из существующих и перспективных технических средств и оборудования сложных организационных систем с повышенными показателями функционирования на основе информационных технологий, предусматривающих идентификацию объекта исследований, в том числе описание входящих и выходящих стохастических потоков и математическое моделирование вероятностных процессов. На основе анализа следствия теоремы Мура-Шеннона и опыта построения систем в смежных отраслях предполагался возможным синтез надежных систем из элементов и подсистем недостаточной надежности, эффективность и надежность которых может быть обеспечена оптимизацией методов эксплуатации на базе математического моделирования. Доверительная вероятность полученных результатов составляет от 0.80 до 0.95 при погрешности менее 8...10%. Работа обобщает многолетние исследования автора по данной проблеме.

ISBN 978-5-7509-0582-9

© Курочкин В.Н., 2010
© ЗАО «Ростиздат», 2010

С О Д Е Р Ж А Н И Е

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ 6
ВВЕДЕНИЕ 10
ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ 10
1.1. Состояние инженерной подсистемы 12
1.2. Резервы эффективности организационных систем 12
1.3. Технологии организационных систем 25
1.4. Анализ динамики развития технических средств и систем 30
1.5. Анализ подходов и методов исследования эффективности и надежности 36
1.6. Зарубежный опыт эффективной эксплуатации систем 53
1.7. Цели и задачи исследований 66
ГЛАВА 2. НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ИССЛЕДОВАНИЙ 71
2.1 Основы рассмотрения организационной системы 71
2.2. Системные методы управления надежностью и эффективностью 82
2.3. Принципы разработки структур 88
2.4. Предпосылки решения проблемы 98
2.5. Общая методика исследований 101
2.6. Выводы 112
ГЛАВА 3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ 115
3.1. Концепция создания надежных и эффективных сложных организационных и технологических систем 115
3.2. Основные модели надежности 131
3.3. Методика моделирования 137
3.4. Математические структуры 144

3.5. Методика исследований на математических моделях 148
3.6. Выводы 156
ГЛАВА 4. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ЗАДАЧАМ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ 158
4.1. Структура модели процесса как динамической системы..... 158
4.2. Комплекс алгоритмо-программного обеспечения Организационной системы 160
4.3. Применение методов теории сложных систем к обоснованию надежной и эффективной эксплуатации систем 166
4.4. Применение методов теории массового обслуживания 173
4.5. Выводы 856
ГЛАВА 5. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ПОДСИСТЕМ 187
5.1. Моделирование организационно-технического комплекса методами статистического моделирования и ТМО 187
5.2. Модели резервирования, оптимизации технического обслуживания и сроков службы..... 195
5.3. Аналитические модели элементов..... 209
5.4. Выводы 216
ГЛАВА 6. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПОДСИСТЕМ ОБСЛУЖИВАНИЯ 218
6.1. Подсистема технического обслуживания 218
6.2. Подсистема автотранспортного обслуживания 235
6.3. Выводы 250
ГЛАВА 7. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ НА РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ: ОБОБЩЕНИЯ..... 252
7.1. Подсистема эксплуатация комплекса машин..... 252
7.2. Эксплуатация машин на подраделении предприятия..... 255

7.3. Системный анализ и моделирование сложных систем на уровнях предприятия и холдинга 260
7.4. Выводы 276
ГЛАВА 8. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ 277
8.1. План и методика экспериментальных исследований 277
8.2. Методы управления эффективностью и надежностью сложныз систем на основе системного анализа 288
8.3. Методы исследования режимов работы и структуры организационных систем 305
8.4. Методы решения задач оперативного обслуживания организационных систем 312
8.5. Оперативное обслуживание управляющими воздействиями автотранспортных организационных систем 317
8.6. Оперативное управление ремонтно-обслуживающими воздействиями на организационную систему 325
8.7. Выводы 331
ГЛАВА 9. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НАДЕЖНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ 336
9.1.Иследование основных вопросов функционирования сложной системы технической эксплуатации 336
9.2. Исследование закономерностей функционирования организационных систем методами системного анализа 352
9.3. Оптимизация структуры ремонтно-обслуживающей системы 356
9.4. Оптимизация организационной системы автотранспортного обслуживания 365
9.5. Результаты системного анализа обобщения 377
9.6. Выводы 395

ГЛАВА 10. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ 420
10.1. Обоснование методов оценки и анализа 420
10.2.Методика исследования и оценки…… … …… .. …… … 434
10.3. Результаты расчета экономической эффективности 439
10.4.Выводы 446
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ..... 447
ЛИТЕРАТУРА 458

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

A -абсолютная пропускная способность системы
a_1 - дестабилизирующие факторы
a_2 -стабилизирующие факторы
$B[s]$ - полином степени s
$E[s]$ -полином степени s
$E_н$ -коэффициент приведения капитальных вложений
$F[s]$ -преобразование Лапласа функции распределения времени обслуживания
$F(t)$ - вероятность отказа элемента до времени t
$f(x)$ - функция надежности
λ -интенсивность отказа
G - оператор перевода системы из состояния в состояние
H - оператор выхода системы
$H(t)$ - функция восстановления
$h(p)$ - произвольная функция надежности системы
$h(p_0)$ - значение произвольной функции надежности при $0<p_0<1$
$hQ(p)$ - кворум-функция системы
$h(t)$ - плотность восстановления
i - текущее целочисленное значение параметра
j -общее число подсистем (фаз)
$I_{пр}$ - приведенные к единице затраты продукции затраты
$K_з$ - коэффициент загрузки постов
$K_м$ - капвложения в расчете на одну машину
$K_н$ - комплексный показатель надежности
$K_п$ - коэффициент простоя постов
λ - математическое ожидание количества требований на обслуживание, поступающих за единицу времени
m_i - число одинаковых интервалов между моментами поступлений требований
m - число объектов обслуживания в замкнутой системе
m_1 - численность персонала
$M_н$ - математическое ожидание числа неисправных постов
M_o - математическое ожидание находящихся в работоспособном состоянии свободных постов
Mc - математическое ожидание количества требований в системе
$Mож$ - математическое ожидание длины очереди требований
M - математическое ожидание числа обслуженных требований за единицу времени (параметр потока восстановления)

N - количество обслуженных требований
$N_з$ - среднее число занятых обслуживанием постов
N_o - среднее число простаивающих постов
N_t - число восстановлений на интервале
N -общее количество постов
Ni - количество объектов обслуживания
$p_k(t)$ - вероятность поступления ***k*** объектов в интервале времени **T**
Роб - вероятность принятия требования на обслуживание
$P_{обj}$ - вероятность обслуживания в ***j***-й фазе
Ро -вероятность простоя постов обслуживания
$P_{об}$ - вероятность принятия объекта на обслуживание
$P_{отк}$ -вероятность отказа в обслуживании
Pj -вероятность отказа j-й фазы
Pns - вероятность того, что все n постов заняты и в очереди находится s требований
Q -среднее число событий за единицу времени
Rc - надежность системы
Ri - надежность i-го элемента
Sд - доход от обслуживания требований
$S_{об}$ - затраты на обслуживание требований
Sc - затраты на содержание системы
$S_{сп}$ - затраты на содержание постов обслуживания
$S_{ук}$ -ущерб от потери требования
$S_{уп}$ - убыток от простоя постов обслуживания
$S_ш$ - штраф за простой машины по вине обслуживающей системы
Sэ -затраты на эксплуатацию постов обслуживания
s_1 - количество постов в первой фазе
s_2 -количество постов во второй фазе
$t_{об}$]- средняя продолжительность обслуживания одного требования (относительная пропускная способность системы)
$T_н$ - нормативная годовая загрузка
$T_{ож}$ - математическое ожидание продолжительности нахождения объекта в очереди
T_k - длительность ***k***-го обслуживания
$T_н$ - промежуток времени ожидания, за который не берется штраф
$T_{обс}$ -математическое ожидание продолжительности обслуживания
Tr -длительность безотказной работы r-го элемента
R -параметр потока отказов постов обслуживания
Y - параметр механизма восстановления поста
$W_1..W_j$ - соответственно вероятности состояний ***1 ... j*** подсистем
x(r) - длительность безотказной работы ***r***-го элемента
$\chi^2[w_н]$ - квантили χ^2 распределения при уровне значимости и числах степеней свободы
АО –акционерное общество

АПО -алгоритмо-программное обеспечение
АПК - аграрно-промышленный комплекс
АТО - агрегат технического обслуживания
АЧГАА - Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия
ВНИПТИМЭСХ - Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт механизации и электрификации сельского хозяйства
ВИМ - Всероссийский институт механизации
ЗАО - закрытое акционерное общество
МТА - машинно-тракторный агрегат
МЭС - мобильное энергетическое средство
МТС - машинно-технологическая станция
МТП - машинно-тракторный парк
НИОКР - научно-исследовательские опытно-конструкторские работы
НИУ - научно-исследовательские учреждения
НЧУ - незерновая часть урожая
ООО - общество с ограниченной ответственностью
ОАО - общество акционерное открытое
ПТО - пункт технического обслуживания
РАН - Российская академия наук
РАСХН -Российская академия сельскохозяйственных наук
РО – ремонтно-обслуживающая база
РОР - ремонтно-обслуживающие работы
РТП -ремонтно-техническое предприятие
СеМО - сеть массового обслуживания
СМО - система массового обслуживания
СПК - сельскохозяйственный производственный кооператив
СПТО - стационарный пункт технического обслуживания
СПУ - система сетевого планирования и управления
СХП - сельскохозяйственное предприятие
РФ - Российская Федерация
ТО - техническое обслуживание
ТОРХ - техническое обслуживание, ремонт, хранение
УТЗП - уборочно-транспортный и заготовительный процесс
УТЗР - уборочно-транспортные и заготовительные работы
ЦМИС - центральная машиноиспытательная станция
ЦРМ - центральная ремонтная мастерская
ЭМТП - эксплуатация машинно-тракторного парка

В В Е Д Е Н И Е

Эффективность и надежность технологичкеских систем использования машинно-тракторного парка неразрывно связаны с принятой на законодательном уровне системой экономических отношений. В связи с этим необходимо отметить, что с принятием нового законодательства России /79, 80/ стало возможным строительство эксплуатации машинно-тракторного парка (ЭМТП) на условиях экономической выгоды владельцев предприятий и техники. Ранее наработанные в результате научных исследований методы машиноиспользования не отражали альтернативы и другие реалии рынка, поэтому потребовали корректировки, так как новым гражданским кодексом были введены совершенно иные принципы экономической деятельности, которые применительно к технологическим системам использовании техники и оборудования заключаются в том, что все товаропроизводители признаны равными участниками регулируемых гражданским законодательством экономических взаимоотношений; провозглашена неприкосновенность собственности, а свобода договоров позволяет предприятиям заключать договоры об использовании ресурсов (в т. ч. техники); на договорных отношениях создавать межхозяйственные товарищества и общест**ва.** Недопустимо произвольное вмешательства в частные дела собственников, владеющих, пользующих и распоряжающихся техническими средствами, граждане и юридические лица получили полную свободу в осуществлении своих гражданских прав. Доминирующим на рынке монополистам, запрещено ограничивать конкуренцию; обеспечивается восстановление нарушенных прав и их судебная защита. В соответствии с указанными принципами требуется пересмотр концепции эффективности и надежности использования машин.

Теория ЭМТП в новых условиях развивается недостаточно, несмотря на то, что сельскохозяйственные товаропроизводители нуждаются в конкурентоспособной, эффективной и надежной системе инженерно-технического обеспечения, учитывающей новые альтернативы, так как в условиях рынка эксплуатация МТП имеет отличные от прежних цели, задачи и методы работы. Это нашло отражение в законах и постановлениях “О научно-технической системе агропромышленного комплекса”, “О государственной политике в сельскохозяйственном машиностроении”, “Об обеспечении сельскохозяйственной техникой агропромышленного комплекса России”, Постановлениях Правительства / 297, 318/ . МТП в настоящее время на 90% изношен, что снижает уровень продовольственной безопасности страны.

Значимость научных разработок в области обеспечения надежной и эффективной эксплуатации МТП в настоящее время отмечают академики РАСХН Г.А. Романенко, М.С. Рунчев, В.М. Кряжков, Э.И. Липкович, В.Р. Боев, В.И.

Черноиванов, Ю.А. Конкин, проф. В.М. Михлин, С.В. Жак, А.Э. Северный, А.И. Бурьянов, Г.Г. Маслов, С.С. Черепанов, В.Н. Ткачев, С.А. Иофинов, В.Д. Игнатов, Г.Г. Маслов, В.Ф.Скробач, В.И. Фортуна и др.

Актуальность проблемы эксплуатационной надежности и эффективности эксплуатации МПТ на протяжении десятков лет подтверждалось включением указанных вопросов в тематику Государственного комитета по науке и технике СССР, подтверждается в настоящее время решениями научно-технических конференций, проводимых совместно Российской академией сельскохозяйственных наук, Минсельхозпродом РФ, Министерством экономики РФ /167, 386, 287, 289, 419, 420/.

Задача производства в достаточной степени надежной техники до настоящего времени не решена. Большая часть выпускаемых для села машин по показателям качества, в том числе надежности, ниже мирового уровня. В условиях эксплуатации в сельскохозяйственных предприятиях России коэффициент готовности техники имеет значения от 0,51 до 0,90, что ниже нормативного. Машиностроение не имеет средств для повышение надежности. Следует также отметить тот факт, что ранее сельхозмашиностроение создало технологические линии, ориентированные на низкосортную сталь, так как для села поставки выполнялись по седьмой категории. По этой причине заводы не могут перейти на выпуск из современных материалов без капитальных затрат.

В настоящее время на порядок сократилось производство тракторов, комбайнов, сельскохозяйственных машин. Надежность техники падает, снабжение запасными частями ухудшается. Тенденции повышения качества и надежности техники отсутствует. Применение импортной техники - экономически менее эффективно из-за того, что аналогичные по производительности зарубежные машины стоят значительно дороже при отсутствии системы технического сервиса. Кроме того, закупки импортных машин и технологий означает потерю внутреннего рынка для отечественных товаропроизводителей и импортозависимость.

Альтернативный путь - компенсация конструктивных недостатков техники путем внедрения в систему ее использования соответствующих структур, подсистем управления эффективностью и надежностью процесса машиноиспользования на системного анализа, - остается практически единственным для изменения существующего положения. Он позволит реализовать резервы машиноиспользования путем создания надежных систем из ненадежных машин и сократить потери сельскохозяйственной продукции.

Цель исследований: основываясь на анализе структур и механизмов функционирования технологических систем использования сельскохозяйственной техники, разработать основы теории обеспечения их эффективности и надежности, обосновать принципы и предпосылки создания из существующих и перспективных технических средств технологических систем с повышенными показателями функционирования, позволяющих: выполнять полевые работы в заданные сроки; сократить продолжительность текущих ремонтов; создать условия для развития новых методов эксплуатации МТП.

Объект исследований: технологические системы и процесс ЭМТП на предприятиях различных форм собственности.

Предмет исследований. Закономерности функционирования технологических систем машиноиспользования в рыночных условиях, принципы и предпосылки создания отмеченных систем на основе информационных технологий, предусматривающих идентификацию объекта исследований, в том числе описание входящих и выходящих стохастических потоков и математическое моделирование вероятностных процессов в системе, с применением современных компьютерных систем.

Научная гипотеза исследований. На основе анализа следствия теоремы Мура-Шеннона и опыта построения систем в смежных отраслях предполагался возможным синтез надежных систем машиноиспользования из технических средств недостаточной надежности, эффективность и надежность которых может быть обеспечена оптимизацией методов эксплуатации на базе математического моделирования.

Научная проблема состояла в отсутствии обоснованных для условий рыночной экономики эксплуатационных методов обеспечения надежности и эффективности систем ЭМТП и адекватных математических моделей на базе системного подхода.

Актуальность представленной Вашему вниманию работы подтверждается ее выполнением в соответствии с разделом 15 программы "Надежность" Государственного комитета по науке и технике (ГКНТ); и заданием 21, выполняемым по Постановлению ГКНТ СССР №221 от 08.07.1981 г. «Разработка и обоснование структуры комплексной системы возделывания, уборки и переработки всего биологического урожая основных полевых культур»; заданием 0.80.07 .01 Н5 ГКНТ «Разработка системы управления процессами возделывания, уборки и переработки всего биологического урожая основных полевых культур»; тематикой НИР ВНИПТИМЭСХ, ВИМ , в том числе: заданием О.Ц. 0.32.03 «Разработка динамической модели системы возделывания, уборки и переработки всего биологического урожая основных полевых культур и проведение ее оптимизации», договором ВАСХНИЛ и ВИМ от 23.03.90 г. №75-7 «Обеспечение надежности при эксплуатации машин и оборудования», планом НИР ГОУ ВПО «Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия» за 1996-1999 г.г., п. 02.07./24.08.

Достоверность работы обеспечивается применением методов теорий вероятности и планирования экспериментов для получения заданных уровней значимости и доверительной вероятности при допустимой в инженерных расчетах погрешности. Экспериментальные данные обрабатывались методами дисперсионного, кластерного, корреляционно-регрессионного анализа с применением программ для ЭВМ SAS, SAP и др. Разработанная концепция позволила применить для исследования систем машиноиспользования методы системного анализа и теории сложных систем, что повысило надежность полученных результатов. Применение компьютерного математического моделирования позволило произвести расчет значительного количества вариантов реализации про-

цессов. Доверительная вероятность полученных результатов составляет от 0.80 до 0.95 при погрешности < 8...10%.

Реализация результатов исследований. С участием автора монографии во ВНИПТИМЭСХ разрабатывалась система управления уборочно-транспортным и заготовительным процессом на уровне административного района, которая была внедрена в Ростовской области, а также одобрена на научно-техническим совета МСХ РСФСР, протокол №1 от 28.01.86 г. Выполненные с участие соискателя НИР "Организация службы машинного двора" и "Система уборочно-транспортного и заготовительного процесса в РАПО" включены в "Перечень важнейших разработок, рекомендуемых к внедрению в сельскохозяйственное производство РСФСР в 1986-1990 гг.". Результаты математического моделирования по программам соискателя использовались в хозяйственной деятельности опытно-производственного предприятия "Экспериментальное" Ростовской области.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

1.1. Состояние инженерной подсистемы

1.1.1. В соответствии с принятыми в России законами сельское хозяйство было реформировано, в результате чего земельные ресурсы из государственной собственности перешли в частную собственность хозяйственных товариществ и обществ, сельскохозяйственных кооперативов, крестьянских (фермерских) хозяйств, граждан. Использование земли стало платным. Инженерная службы вместе с ее материально-технической базой была приватизирована на общих основаниях и включена в состав паевого фонда. Особенности инженерной сферы деятельности учтены не были, как результат, ее развитие прекратилось. Новые сельскохозяйственные товаропроизводители - фермеры - при приватизации инженерную структуру не получили, а своей ввиду отсутствия средств и потребности в значительных инвестициях не создали /80, 109, 155, 206, 291, 296, 299, 301-305, 307, 310-312, 314/.

Предусмотренный законом "О крестьянском (фермерском) хозяйстве" раздел сельскохозяйственных предприятий (СХП) до крестьянских (фермерских) хозяйств (К(Ф)Х) с последующим объединением последних в ассоциацию с образованием обслуживающих кооперативов, в т.ч. инженерно-технического сервиса, практического развития не получил по причине сложности процедуры и отсутствия выраженной воли руководства. Как отмечается в работах академиков Российской Академии сельскохозяйственных наук (РАСХН) А.А. Шутькова, В.В. Кузнецова и других, при организации новых предприятий ремонтная и эксплуатационная база колхозов и совхозов не стала инженерным центром. Она оказалась неспособной содержать себя за счет оказания соответствующих услуг, что стало ясно еще при введении в действие закона об аренде /3, 317/.

1.1.2. К настоящему времени инженерное, в том числе техническое обслуживание сельскохозяйственных предприятий, К(Ф)Х и ЛПХ можно классифицировать следующим образом.

♦ Без существенных изменений инженерно-техническая служба сохранилась в государственных сельскохозяйственных предприятиях (учебных, опытных и др.) и в хозяйствах, приватизированных по особым правилам.

♦ Подверглась в той или иной степени упрощению в реорганизованных сельскохозяйственных предприятиях, имеющих низкую рентабельность.

♦ Развивается, адаптируется к рыночным условиям в СПХ, имеющим устойчивый рост (таких предприятий в 1999 г. было менее 10 %).

♦ Находится в стадии развития в МТС и сельскохозяйственных холдингах, межхозяйственных предприятиях.

♦ Практически отсутствует в фермерских хозяйствах, где созданы простейшие инженерные сооружения: ангары для стоянки и ремонта техники, склады ГСМ, гаражи, навесы, оборудованные слесарным и сварочным инструментом.

♦ Отсутствует в личных подсобных хозяйствах, где все работы выполняются вручную.

Очевидно, что результативной может быть научная работа, направленная на решение актуальных задач развивающихся объектов, имеющих перспективу развития систем механизации и технического сервиса.

При отсутствии средств механизации вопросы технического сервиса в ЛПХ не могут быть актуальными. Что касается фермерской техники, то из опыта развития фермерства нами сделан вывод о том, что ее техническое обслуживание (ТО) и ремонт целесообразно централизовать, а не строить в каждом К (Ф)Х дорогостоящие стационарные пункты технического обслуживания (СПТО) и центральные ремонтные мастерские (ЦРМ). Централизация означает в данном случае кооперацию, создание частной инфраструктуры по примеру дилеров и выполнение ТОРХ на принципах альтернативы, кооперации, специализации и конкуренции, по общим законам рынка.

1.1.3. С целью выявления экономически перспективных направлений исследований рассмотрели эффективность деятельности сельскохозяйственных товаропроизводителей после реформы. В настоящее более стабильным остается положение фермеров и владельцев ЛПХ. Большинство хозяйственных товариществ и обществ нерентабельны. После выхода в свет закона о сельскохозяйственной кооперации и законов об ООО и акционерных обществах (АО) начали создаваться СПК, которые тоже мало рентабельны. /285, 308, 309, 313, 316/.

Академики РАСХН В.Р. Боев и В.В. Милосердов, рассмотрев экономический механизм аграрной реформы, объяснили ее неэффективность слабой организационно-методической проработкой, недостатками хозяйственного механизма осуществления, отсутствием научной проработки (“законы и указы готовились в спешном порядке, без апробации на местах”) и практической апробации реформ /43, 258/.

Академик РАСХН В.В. Милосердов отмечает нарушение выявленных А.В. Чаяновым условий хозяйствования на земле, в результате чего разрушено сельскохозяйственное производство /258/.

Академик А.А. Никонов в своих работах показал, что реформа, которая теоретически могла решить продовольственную проблему при сохранении природных ресурсов за счет освобождения инициативы граждан и реализации идей А.В. Чаянова, оказалась неспособной решить поставленные цели /280/.

К настоящему времени Россия не решила проблему продовольствия. Без продовольственной помощи весьма вероятны перебои с продовольствием (по материалам работы правительства президента В.В. Путина). Корни проблем - и в инженерно-технической сфере. Значимость техники и ее ТОРХ в эффективности СХП неоднократно подчеркивали в своих работах академики В.М. Кряжков, С. С. Черепанов, В.И. Черноиванов, М.С. Рунчев, А.Э. Северный, Э.И. Липкович и др.

1.1.4. Академик РАСХН М.С. Рунчев, анализируя экономику сельскохозяйственных предприятий в новых условиях, отметил роль активной части основных фондов: интенсификация сельского хозяйства увязана с использованием новой техники - наиболее активной части основных средств, однако они достигли уровня в 23% при оптимальном уровне - 41%. /401/.

Президент Россельхозакадемии академик Г.А. Романенко также отмечает негативную роль реорганизации независимо от экономического положения и непродуманность решений по использованию техники /389/.

Рассмотрев экономическое положение крупных сельскохозяйственных товаропроизводителей, установили возможность их адаптации к рынку при условии развития информационных технологий, направленных на обоснованность принимаемых решений, в том числе в вопросах ЭМТП, ТОРХ. К примеру, анализ эффективности производства в комитете по сельскому хозяйству /515/ показал, что крупные предприятия, перестроившие структуру, в т.ч. использования сельскохозяйственной техники, в состоянии адаптироваться к рынку и улучшить структуру производства при условии развития методов управления на базе математического моделирования на ЭВМ, а также развития социально-экономических отношений. Решающую роль информации и научного обоснования принимаемых руководством предприятий решений выявлено в результате исследований Курской сельскохозяйственной академии и ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии /31, 94, 209/. Возможности повышения эффективности работы сельскохозяйственных предприятий при реализации аналитико-информационного обеспечения инженерно-технической сферы АПК выявлена РИАМА, ЦНИИМ, Департаментом по науке и технике Минсельхозпрода РФ, Россельхозакадемией и обобщена в работах ИНФОРМагротех, однако обоснованные направления работы не обеспечены адекватными системными методами обеспечения эффективности и надежности эксплуатации МТП /30/.

С одной стороны, во Всероссийском научно-исследовательском проектно-технологическом институте механизации и электрификации сельского хозяйства - ВНИПТИМЭСХ - под руководством академиков РАСХН М.С. Рунчева и Э.И. Липковича выполнены фундаментальные и прикладные системные исследования использования сельскохозяйственной техники, разработаны методы управления сложных технологических процессов на базе применения математического моделирования и ЭВМ /220, 223-229, 396-400/. Эффективность применения системного анализа доказана работами по созданию систем управления машиноиспользованием по тематике Государственного комитета по

науке и технике (ГКНТ) СССР, Всесоюзном научно-исследовательском институте проблем организации и управления, Института кибернетики и др., результаты которых изложены в работах В.Н. Волкова, Л.А. Корж, А.А. Бакаева, В.Л. Ревенко, В.Е. Путова, Ю.М. Марченко, М.Г. Шульженко, Б.Б. Бескинова, А.А. Иргашева, В.П. Белухина,Б.В. Кузнецова, С.Д. Зубарева, В.Я. Шапиро, А.М. Крикрв, В.Д. Игнатов, Ф.С. Завалишин, Ю.Н. Блынский, Э.И. Липкович, Л.Б. Миротина, А.Г. Гольдина, В.И. Карпова, А.В. Колесника, В.В. Гусева, В.Л. Ревенко и др. /1, 24, 25, 34-36, 42, 51, 52, 61-63, 105, 117, 118, 128, 132, 136, 140, 183, 184, 196, 210, 260, 265, 266, 361-370, 435/.

Фундаментальные работы в данном направлении выполнили проф. Ф.С. Завалишин, Ю.Н. Блынский, В.Д. Игнатов, А.И. Бурьянов и др. которые разрабатывали методы имитационного моделирования /42, 51-52, 117-118/.

С другой стороны, методы системного обоснования технологий механизации недостаточно распространены на технологии инженерно-технического обслуживания сельскохозяйственных предприятий.

1.1.5. Аналитический обзор публикаций позволил выявить следующие взаимосвязи аграрной реформы, эффективности производства и развития инженерно-технической инфраструктуры.

Резкое сокращение объемов производства в реорганизованных СХП, которые используют 90% пашни, угрожает продовольственной безопасности страны. Как ответная реакция граждан, развивается ЛПХ (их количество увеличилось до 44 миллионов), и К (Ф) Х. В отличие от СХП последние не получают финансирования, но тем не менее произвели в последние годы в 8.5 раз больше сельхозпродукции в расчете на 1 га. В ЛПХ производительность труда по причине отсутствия средств механизации ниже в 4.2 раза, чем в СХП /161/.

- СХП имеют более высокий инженерный потенциал и поэтому более перспективны, чем ЛПХ, так как сельскохозяйственное производство без машинно-тракторного парка (МТП) и его технического сервиса неэффективно. Следовательно, последний преимущественно будет развиваться в крупных СХП и на базе дилеров (юридических, в т. ч. на базе машинно-технологических станций - МТС - и посредством физических лиц- предпринимателей без образования юридического лица) и межхозяйственных предприятий, что подтверждается работами ведущих ученых /186, 222, 491-492, 495/.

- На основе анализа первого этапа реформ академик РАСНХ М.С. Рунчев прогнозирует развитие в будущем таких направлений, как: изменение характера применения техники, распространение активных рабочих органов, автоматизация агрегатов и систем, применение экономического обоснования не только машин, но и систем машиноиспользования. Это возможно, на наш взгляд, в рыночных условиях на основе математического моделирования /401/.

- В условиях спада производства и сокращения закупок техники были начаты исследования по поиску альтернатив инженерно-технического обеспечения. В 1992 году под руководством и при участии академиков РАСХН Л.П. Кормановского, И.В. Краснощекова, В.И. Черноиванова, В.М. Кряжкова, а также С.С. Черепанова, А.Э. Северного, А.Н. Никофорова и др. была разработана

концепция развития инженерно-технического сервиса фермерских хозяйств. Она предусматривала создание инженерной многоуровневой инфраструктуры, но в условиях финансового кризиса не была реализована /160/.

- Академик В.М. Кряжков в числе первоочередных мер в этом направлении предложил: создать условия для закупок новой техники (в т.ч. посредством лизинга) и эффективного машиноиспользования; создать 2000 МТС, что основано на зарубежном опыте. На Западе фермеры владеют лишь 25...30 % необходимой техники. МТС предлагалось создать на базы отечественной техники - как межхозяйственные предприятия, имеющие собственную инженерную службу /186/.

- Кризис сельскохозяйственного производства и связанное с ним падение закупок селом техники, отмеченные практически всеми ведущими учеными /4, 9, 43, 100, 149, 159, 163, 181, 186, 211, 256, 258, 243, 261-263, 276, 347, 365, 440 и др./ и работниками Минсельхозпрода /504-506, 508/, вызвал к жизни процесс создания МТС и лизинг /187, 217, 286, 318-319, 496, 505-506 и др./, причем на МТС были возложены функции дилеров. Очевидно, что МТП должны иметь собственную службу обеспечения надежности и эффективности ЭМТП на базе системного анализа, с учетом наработанного в СССР опыта.

1.1.6. Перспективность МТС обоснована в работах ВИМа, ВНИПТИМЭСХ, работах академиков Э.И. Липковича, В.М. Кряжкова и др.

Профессор В.М. Михлин обосновал необходимость МТС с точки зрения продовольственной безопасности страны, таким образом возведя проблему до государственной и первоочередной, что получило дальнейшее развитие в решениях Президиума РАСХН, затем на законодательном уровне /261, 262/.

К настоящему времени не только теоретически, но и практически решены вопросы создания МТС /262, 263, 358, 420, 482, 491, 495/ и их размещения /378/. Вместе с тем высказываются опасения, связанные с некоторыми тенденциями в их развитии, которые возникли вследствие не учета основных положений, изложенных академиком В.М. Кряжковым. В этом плане следует особо выделить позицию профессор Маслова Г.Г. и др. сотрудников Краснодарского государственного аграрного университета (КГАУ), заключающуюся в том, что организация МТС только на иностранной технике ошибочна /244/.

1.1.7. С другой стороны, специалисты Минсельхозпрода, ученые Россельхозакадемии не только не исключают, но и предлагают сосредоточить имеющиеся финансовые средства на ремонте и эксплуатации техники. С этой целью решение правительства создана корпорация “Агропромсервис”, разработана ее структура и научно обоснованы методы работы /241, 496/. Также предлагается возобновить эксплуатацию машин за установленными нормами срока службы, что де-факто присутствует в практике. Данный вопрос связан с оптимизацией сроков службы и изменением методов исчисления амортизации /276-279, 282, 284, 406/.

Оптимизация инвестиций и направление их в сферу ремонта и ТО связана с использованием резервов ЭМТП. На резервы, заложенные в повышении эксплуатационной надежности и позволяющие увеличить работоспособность, без-

отказность, срок службы машин и эффективность их эксплуатации, неоднократно обращали внимание ученых и практиков академики В.М. Кряжков, Н.В. Краснощеков, М.С. Рунчев, А.Э. Северный, Министр В.И. Черноиванов, директор ГОСНИТИ С.С. Черепанов, проф. В.И. Фортуна, Ю.К. Киртбая и др. /138, 181, 190, 402, 446, 480/.

По указанной причине применение системного подхода и системного анализа должно быть направлено на реализацию имеющихся резервов например, на создание надежных систем из элементов недостаточной надежности. Аналитических обзор системного подхода к решению агроинженерных задач, резервы ЭМТП и зарубежный опыт рассмотрены в последующих разделах.

1.2. Резервы эффективности оргшанизационных систем

1.2.1. Проблема эффективности и надежности машиноиспользования напрямую связана с наличием и возможностью использования резервов эксплуатации машинно-тракторного парка.

Рассматривая резервы эксплуатации МТП в конце восьмидесятых годов, профессор В.И. Фортуна отмечал, что простои машин вызваны как недостаточной надежностью выпускаемых машин, так и несовершенством методов обеспечения эксплуатационной надежности /480/. Минтракторосельмашем и его НИИ был выполнен ряд работ по повышению эксплуатационной надежности и ремонтной технологичности новых тракторов, в том числе с применением системного подхода. Однако направление использования системного подхода к обеспечению надежности и реализации резервов ЭМТП было приостановлено рыночными реформами.

А.П. Петров (ВАСХНИЛ), обобщая работы по организационным резервам ЭМТП, отмечал, что непроизводительные затраты времени механизаторов достигают 40% /340/. Такими же они были и ранее, в конце 70-х - начале 80-х годов, когда подобные исследования выполнялись во ВНИПТИМЭСХ.

На настоящее время проблема эффективности ЭМТП в растениеводстве не только не решена, но и усугублена увеличением среднего срока службы МТП, а следовательно и увеличением потребности в ремонте, из-за недостаточного обновления по экономико-финансовым причинам. Например, в Ростовской области до 70% тракторов бывших колхозов и совхозов исчерпали срок амортизации. В фермерских хозяйствах ввиду недавнего их создания тракторный парк в лучшем состоянии, но большая часть сельхозмашин служит второй срок.

1.2.2. Вероятно, существует взаимосвязь между производством техники для села, ее поставками - с одной стороны, и сроком службы и объемом ремонтов и ТО - с другой. Данная гипотеза математически может быть выражена процессами размножения и гибели популяций, в соответствии с работами член-корреспондента АН СССР А.Н. Маркова. В данном случае популяция - это МТП предприятий.

Представим его в виде “черного ящика”. Тогда его динамика будет определяться входным и выходным процессами. Выходной процесс порождается операторами переходов и выходов, относящихся к внутренней структуре ящика, при данном методе исследований внутренняя структура “черного ящика” не раскрывается. Член-корреспондент АН СССР А.Н. Марков также доказал, что входной и выходной процессы являются квазистационарными, обладают свойствами простейших потоков. Такие же выводы приводит и Т. Баруча-Рид.

Либерализация цен, отсутствие государственного планирования позволяют нам представить развитие машинно-тракторного парка (МТП) в стране как случайный процесс: совокупное действие различных факторов делает поставки машин и их списание случайным процессом.

В этом случае развитие МТП подчиняется выявленным А.А. Марковым закономерностям: “средний возраст” машин возрастает при их неизменном среднем сроке службы до стабилизации на таком уровне, когда поставки компенсируют выбытие из строя по износу, а численность МТП находится в динамическом равновесии.

Основываясь на данной теории, можно представить весь процесс в виде системы рекуррентных дифференциальных уравнений, в которых параметрами выступают математические ожидания входящего и выходящего потоков, то есть численность парка (популяция) обусловлена двумя процессами - входным и выходным /58/

$$\left.\begin{aligned} dP_0(t)/dt &= -P_0(t)*\lambda + P\lambda(t)*\mu, \\ dP_n(t)/dt &= P_n\lambda(t) - (\lambda+\mu)*P_n(t) + P_n\mu(t)*\mu \end{aligned}\right\} \qquad (1.1)$$

Параметры процессов - λ и μ, причем первый равен оценке математического ожидания поставок, и второй - соответственно выбытия. В данном случае выбытие не эквивалентно списанию. Управляющим параметром является срок службы.

При уменьшении λ и увеличении μ численность парка теоретически снижается по экспоненте, замедляется его снижение увеличением срока службы.

Из теории надежности известно, что поток списания машин зависит от долговечности (долговечность - свойство надежности, используется наряду с безотказностью, ремонтопригодностью, сохраняемостью); она же определяет и эффективность использования, так влияет на резервы (простои по техническим и организационным причинам) и эффективность /(включая дополнительно затраты времени и средств на устранение последствий недостаточной ненадежности).

1.2.3. Рассмотрим вышеупомянутые вопросы эффективности ЭМТП и его резервы во взаимосвязи с динамикой численности МТП и надежность техники (включая динамику потоков отказов, долговечность, безотказность).

Вначале обратимся к эффективности использования МТП и его резервам. Как известно из опыта научных исследований, эффективность ЭМТП зависит от различных факторов, которые академик В.П.Горячкин разделил на агротехнические, механические, технические (конструкционные), производственные и эксплуатационные /152/.

В более поздних исследованиях группы факторов были детализированы, из них выделены главные факторы. Например, академик М.П.Синюков включил в число определяющих результаты ЭМТП такие факторы, как экстенсивную (коэффициент сменности, годовая и сезонная выработки, внутрисменные простои) и интенсивную (соотношение и пропорции рабочих процессов, скорость, режим и т.д.) нагрузки /426/.

Профессор Ю.К. Киртбая считает, что эффективность ЭМТП зависит от: организационно-хозяйственных решений (структура производственных фондов и МТП, объемы работ и годовая загрузка, организация территории, управление), технических параметров (параметры МТА, загрузка двигателя, методы поддержания работоспособного состояния, регулировка и установка рабочих органов, применение требуемых сортов масел и смазок, использование средств автоматизации и механизации); технологических параметров (применение оптимальных технологических комплексов и эксплуатация системы в рациональном режиме, соответствующие конкретным условиям способы движения МТА, выбор методов ремонта и ТО, скорость и т.д.), социальных факторов /138/.

По причинам инженерного характера, отмечал А.Ф. Кононенко, на ремонт расходуются значительные средства, долговечность машин ниже нормативной, трудоемкость ремонтов и технических обслуживаний за срок службы машин превышает трудоемкость изготовления, а "при использовании известных методов создания новой техники характер снижения ее надежности во время ее эксплуатации (а следовательно, технико-экономической эффективности) до освоения серийного производства не известен ни исследователям, ни конструкторам, ни испытателям" /154/.

1.2.4. Статистические данные и результаты корреляционно-регрессионного анализа производительности машинно-тракторного парка по материалам 71 края и области Российской Федерации свидетельствуют о том, что факторами роста эффективности машиноиспользования являются: повышение дневной производительности труда трактористов-машинистов X_{10}, улучшение степени обеспеченности техники механизаторами X_{11}, совершенствование структуры машинно-тракторного парка X_7, интенсивность земледелия X_{17}, пропорции в оснащении тракторами X_{20} при значимой корреляции R /501/

$$Y = 723{,}21 - 3{,}82\,X_7 + 74{,}15\,X_{10} + 261{,}87\,X_{11} + 35{,}11\,X_{17} - 79{,}40\,X_{20}; \quad (1.2)$$

$$R = 0{,}858;$$

$$Y = 699{,}44 - 4{,}38\,X_7 + 106{,}32\,X_{10} + 326{,}18\,X_{11} + 34{,}28\,X_{17} - 79{,}65\,X_{20}; \quad (1.3)$$

$$R = 0{,}860;$$

$$Y = 703{,}35 - 2{,}66\,X_7 + 60{,}93\,X_{10} + 330{,}08\,X_{11} + 39{,}24\,X_{17} + 89{,}86\,X_{20}; \quad (1.4)$$

$$R = 0{,}8617.$$

где ***R*** - коэффициент множественной корреляции.

Анализ приведенных уравнений показал, что производительность сельскохозяйственной техники при ее использовании в частных и государственных предприятиях может возрасти: в 1,32-1,45 раза за счет увеличения дневной производительности МТА, в 1,28-1,45 раза за счет лучшей обеспеченности механизаторами, причем на 20-30% она может вырасти за счет сокращения простоев по техническим причинам /501/. Известно, что каждая десятая тонна урожая зерновых и восьмая - фуражных культур теряется при превышении агротехнических сроков проведения полевых работ из-за недостаточной эффективности и надежности системы машиноиспользования. Как следствие такого положения, рост производства сельскохозяйственной продукции на 25-30 % может быть достигнут за счет сокращения ее потерь при рациональном машиноиспользовании, когда система эксплуатации машинно-тракторного парка (ЭМТП) сохраняет установленные показатели надежности и эффективности заданное время.

1.2.5. Резервы повышения эффективности эксплуатации машинно-тракторного парка - в улучшении качества изготовления, повышении ремонтопригодности и приспособленности к техническому обслуживанию и хранению. По данным анализа ВИМ и материалам ЦМИС, по этим причинам технический уровень сельскохозяйственной техники по показателям безотказности в доремонтный (межремонтный) период значительно, на порядок, ниже зарубежного.

Важнейшее свойство надежности - сохраняемость. Анализируя состояние хранения техники на машинных дворах в конце восьмидесятых годов, академик М.С. Рунчев отмечал, что совершенствование ее организации позволяет повысить дневную выработку МТА до 40-50%, устранить ежегодный перерасход средств (только в Зерноградском районе Ростовской области) на содержание тракторов - в сумме 1,52 млн. рублей, комбайнов - в сумме 2,873 млн. рублей, сельхозмашин - 2,166 млн. руб. (в ценах до 1991 г.) /395/.

По данным С.А. Карпутова и Г.П. Копчикова, там, где создана постоянная служба машинных дворов, работающая на хозрасчете, на 25-30% выше производительность труда. Отмеченные мероприятия обеспечили в Иркутской области по итогам работы 1986 года, когда хозрасчет был несовершенен, экономический эффект от сохранности техники в 12 млн. руб., в т.ч. на два млн. руб. дешевле обошелся ремонт в дореформенных ценах /134/. При новых экономических взаимоотношениях, когда машинный двор может быть не только на аренде, но и в виде самостоятельного предприятия (обслуживающий кооператив, акционерное общество закрытого типа, общество с ограниченной ответственностью, сельскохозяйственный обслуживающий кооператив) и обслуживать не только сельскохозяйственные предприятия, но и крестьянские хозяйства, экономический эффект будет значительно выше /34, 395/.

В этом случае увеличение численности машин возможно при непропорциональном увеличении поставок, соответствующем росте объемов ремонтно-обслуживающих работ.

1.2.6. Альтернативный путь - создание систем машиноиспользования со свойствами сохранять заданные показатели эффективности и надежности за счет применения методов теории сложных систем и теории надежности технологических систем.

Появление фермерских хозяйств требует, по опыту Запада, в 4 раза больше техники, чем при крупных СХП. Опыт развития фермерства подтверждает это. Надежность техники для села постоянно снижается, а ее выпуск - сокращается. Следовательно, возрастают и резервы повышения эффективности производства, связанные с использованием сельскохозяйственной техники. Как следствие, возрастает значимость средств механизации, а также эксплуатационной надежности МТП.

Основной причиной повышения значимости вопросов ремонта и ТО являются закономерности динамики изменения потоков отказов. Академик А.И. Селиванов теоретически доказал, что "по мере старения машины возрастают эксплуатационные расходы, ..., затраты труда, энергии и материалов на ТО и ремонт машин, повышаются темпы износа сменяемых конструктивных элементов и п.т.", при этом срок службы выводится из зависимости удельных затрат и потерь от отказов /421/

$$U = - A/t_2 + C(b - 1)*t^{b-2}, \qquad (1.5)$$

где A - удельные затраты;

C - удельные ущерб от отказов;

t - срок службы.

Усложнение проблемы обеспечения надежности в процессе старения машин отмечал доктор технических наук М.М. Тененбаум и в качестве доказательства привел соответствующий график /459/, из которого можно сделать вывод о возрастании в настоящее время актуальности обеспечения эффективной эксплуатации. Последняя зависит от эксплуатационной надежности техники.

На основе анализа значительных массивов опытных данных профессор М.А. Халфин сделал вывод о том, "что следует обеспечить безотказную работу машин в течение наиболее напряженных периодов полевых работ", в то же время "фактическая средняя наработка на отказ тракторов даже в нормальных условиях эксплуатации составляет 67…70 % нормативных значений" /482/.

Академик В.М. Кряжков, обобщая результаты исследований в области эксплуатационной надежности, сделал вывод о том, что главным условием эффективного использования техники является обеспечение высокой надежности /190/. Аналогичный вывод получен академиком В.И. Черноивановым.

Академик Э.И. Липкович неоднократно подчеркивал связь показателей эксплуатации техники и эффективность растениеводства.

Академик М.С. Рунчев в своих исследованиях на протяжении ряда десятков лет доказывал экономическую взаимосвязь между техническим осна-

щением АПК, эффективным использованием сельскохозяйственной техники и результатами производственной деятельности /402-405/.

По данным хронометражных наблюдений в Зерноградском районе Ростовской области, простои зерноуборочных комбайнов по техническим причинам составляют за смену до 30 %, в результате недомолот по причине недоиспользования их технических возможностей составляет 1300 т в расчете на 14 комбайнов.

Сотрудники ГОСНИТИ Н.М. Хмелевой и Л.И. Емелин отмечали, что в результате низкой надежности фактические простои по техническим причинам тракторов в доремонтный период и в условиях рядовой эксплуатации составляют 0,13 часов на 1 час их работы, что значительно выше норматива оперативной продолжительности отыскания и устранения отказа, величина которого равна 0,02-0,04. Простои по зерноуборочным комбайнам "Нива" равны 0,26-0,384, а по "Дон-1500" - 0,18-0,29.

По данным выполненного во Всероссийском научно-исследовательском институте механизации (ВИМ) анализа госиспытаний, надежность сельскохозяйственной техники остается низкой: из 1369 испытанных в 1986 г., 1076 - в 1987 г., 1392 - 1988 г. машин с коэффициентом готовности ниже нормативного составили соответственно 449, 328 и 403 единицы. Только в 1988 г. по этой причине было рекомендовано приостановить приемку каждой четвертой машины. Особо низкая надежность отмечена по плугам (соответствует нормативу только 44,4 %), сеялкам (47,5 %), машинам для уборки трав (37,4 %), технике для уборки и возделывания картофеля (45,7 %). Ниже регламентированных стандартом значений показатели безотказности тракторов Т-28ХЧМ-А, МТЗ-80Х, Т-150К /12, 330/.

Коэффициент готовности техники для села варьирует в пределах от 0.51 до 0,92. По причине неудовлетворительной эксплуатации предельное состояние износа энергонасыщенной техники возникает нередко через 4-5 лет работы. По данным наших наблюдений в Егорлыкском районе Ростовской области, в уборочный период простаивает по причине непригодности к дальнейшей эксплуатации около 30 % агрегатов и около 20 % - по причине эксплуатационных отказов, на устранение которых в полевых условиях тратится времени на 25-30 % больше, чем на стационаре.

Анализ конструктивных недостатков показал, что задача производства техники достаточной степени надежности до настоящего времени не решена. Выпускаемая техника имеет низкие показатели надежности.

1.2.7. Выводы: эффективность эксплуатации МТП значимо зависит от совершенства технологических систем их использования, в том числе подсистемы, обеспечивающей поддержание и восстановление работоспособности, сохранность в период не использования. Резервы повышения эффективности эксплуатации машинно-тракторного парка - в улучшении качества изготовления, повышении ремонтопригодности и приспособленности к техническому обслуживанию и хранению. По неопубликованным данным анализа ВИМ и материалам ЦМИС, по этим причинам технический уровень сельскохозяйствен-

ной техники по показателям безотказности в межремонтный период значительно, на порядок, ниже зарубежного.

Появление фермерских хозяйств требует, по данным стажировки автора монографии за рубежом, в 3-4 раза больше техники, чем при крупных СХП. Опыт развития фермерства подтверждает это. Надежность техники для села постоянно снижается, а ее выпуск - сокращается. Следовательно, возрастают резервы повышения эффективности производства, связанные с использованием сельскохозяйственной техники. Как следствие, возрастает значимость средств механизации, а также эксплуатационной надежности.

1.3. Технологии организационных систем

1.3.1. Основой сельскохозяйственного производства является комплекс взаимосвязанных и дополняющих друг друга производств, однако главный из них является растениеводство, эффективность которого определяется использованием средств механизации: МТП.

Рассматривая сельскохозяйственные процессы растениеводства, можно отметить, что они остаются механизированными и воздействуют на предмет труда при непосредственном участии человека. По характеру связи исходных элементов и результата указанные процессы являются синтетическими (из нескольких факторов производится один – зерно, фураж), открытыми, массовыми, непрерывными (однако со сменой сезонов). Кроме основного процесса производства, когда имеет место производственная эксплуатация МТП, происходят вспомогательные и обслуживающие процессы. Последние связаны с транспортированием удобрений, семян, урожая, работников и др. Они подробно исследованы в трудах профессора, доктора технических наук А.И. Бурьянова и классифицированы как сборочно-распределительные процессы. Вспомогательные процессы создают условия для эксплуатации МТП, относятся к технической эксплуатации. К вспомогательным отнесли также информационные процессы, которые могут быть построены на материалах представленных исследований, так как они направлены на создание условий для надежной эксплуатации МТП.

Интересно отметить, что математические методы, примененные А.И. Бурьяновым при анализе обслуживающих производств, применимы, на наш взгляд, и для исследования вспомогательных процессов, в том числе технической эксплуатации МТП.

На основе анализа технологических процессов были выделены характерные, с точки зрения моделирования ЭМТП, периоды полевых работ: ранний весенний, весенний, весенне-летний (предуборочный), уборочный, летне-осенний (послеуборочный), осенний (установки техники на хранение). С точки зрения ЭМТП они практически идентичны: имеются обслуживающие и обслуживаемые объекты, потоки заявок на выполнение механизированных работ, ремонтных и других обслуживающих работ, общие для всех периодов закономерности обслуживания заявок.

Различие ЭМТП по периодам состоит в масштабах применения и взаимодействия технических средств . Описав наиболее сложный период машиноиспользования, можно исследовать на полученных математических моделях закономерности ЭМТП во все периоды, так как описание менее сложных периодов укладывается в описание наиболее напряженного, к которому относится уборочно-транспортный и заготовительный процесс (УТЗП). Во время УТЗП выполняется комплекс обслуживающих работ.

Рассмотрели технологические процессы в наиболее напряженный период полевых работ - уборочно-транспортный и заготовительный процесс (УТЗР), допустив, что во все остальные периоды технологии проще, Они изложены в системе ведения АПК Ростовской области и др. системах машин других регионов.

1.3.2. По данным исследований ВНИПТИМЭСХ, выполненных под руководством академика Э.И. Липковича, УТЗР включают в себя в общем случае следующие операции: подбор и обмолот валков (прямое комбайнирование), сбор соломы совместно с половой в прицепной копнитель-уплотнитель с образование копен-блоков или в обычные копны (укладка соломы в валки), отвоз зерна и незерновой части урожая (НЧУ), складирование (скирдование) НЧУ, а также обслуживающие операции (ремонтно-обслуживающие, транспортные и др.). К настоящему времени разработан соответствующий комплекс машин. Имеющиеся разработки по данному вопросу были использованы для анализа технологических операций технологического процесса.

В результате установили следующее. Процесс характеризуется наличием управляющих и возмущающих факторов, входных и выходных параметров. В соответствии с принципом оптимального сочетания централизации и децентрализации управляющие воздействия должны возникать только в случае выхода системы из регламентированных нормативно-технической документацией и планом работ условий. Исходный продукт труда (входящий поток) - хлебный массив. Преобразование материальных и трудовых затрат в зерно, солому, полову и пр. происходит с участием основных производственных фондов, предметов труда, исходного продукта в ходе выполнения технологических операций. Наиболее важные признаки рассмотренных операций - место и время выполнения, исходный и конечный продукт обработки, способ воздействия на предмет труда, продолжительность воздействия, средства труда, используемые ресурсы, участвующая в операции рабочая сила.

Предмет труда по операциям трансформируется: если на входе системы имеется хлебный массив, то на выходе - зерно и отходы зерна на складе, заскирдованная незерновая часть урожая (НЧУ), подготовленная под дальнейшую обработку почва (рис. 1.1.).

Структуры системы могут быть классифицированы по различным принципам: технологическим, предметным, функциональным . В соответствии с технологией и схемой трансформации предмета труда операции УТЗР классифицировали по отмеченным признакам. В соответствии с первым из них,

имеются основные операции (им соответствуют производственные элементы), побочные, обслуживающие, вспомогательные (рис. 1.2).

К основным отнесли: прямое комбайнирование, скашивание на свал, обмолот валков, перевозка зернового вороха, очистка и сушка зерна. Побочные операции процесса: сбор половы, перевозка НЧУ, стягивание копен, прессование НЧУ, скирдование, погрузка НЧУ. Обслуживающие операции: выгрузка и транспортирование зерна, его взвешивание, приемка и разгрузка; ремонт и техническое обслуживание машин; снабжение материалами и запчастями; агрохимобслуживание.

Вспомогательные операции: оплата труда; бухгалтерский учет и контроль; нормирование и корректировка норм; организация труда (хозрасчет, аренда и др.).

В соответствии с предметной (по отношению к предмету производства) классификацией технологическая система машиноиспользования характеризуется производственными элементами и подсистемами основного, обслуживающего, сопутствующего (побочного), вспомогательного производств. К основным элементам были отнесены производственные звенья, бригады, группы, обеспечивающие выполнение операций: прямое комбайнирование; свал в валки и их обмолот; обработка зернового вороха и зерна. Побочная продукция производится при обмолоте валков, копнении соломы и формировании стяжек; освобождении полей от соломы и другие (рис.1.3).

На основании классификации технологический процесс был представлен в виде графа, где дуги обозначают операции, а узлы (вершины) - события. Имеются следующие группы взаимосвязанных операций: подготовка к уборке (0-1), скашивание в валки (1-5), обмолот валков с получением соломы и зерна (5-2, 5-6), прямое комбайнирование (1-2, 1-6) (рис. 1.4).

Трансформация предмета труда по операциям процесса

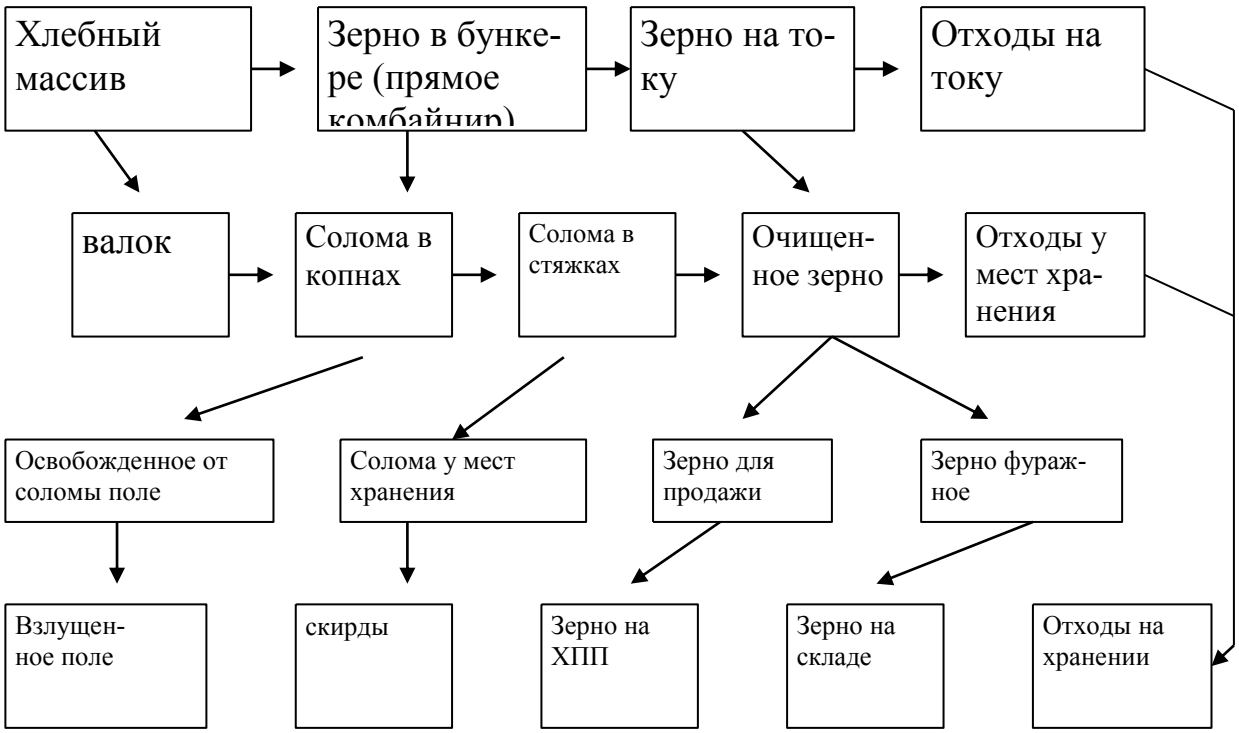


Рис. 1.1

Классификация операций ЭМТП по технологическому принципу

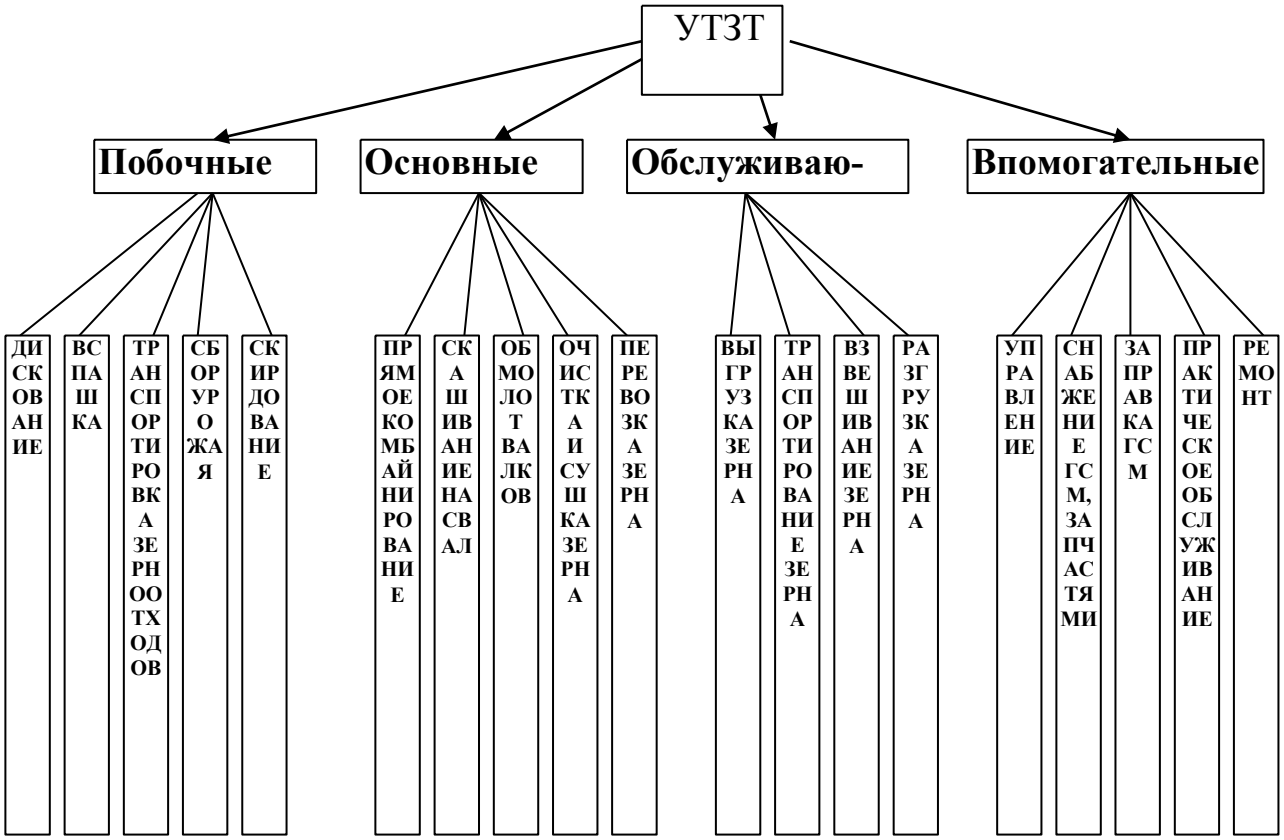


Рис. 1.2

Классификация операций технологического процесса по предметному принципу

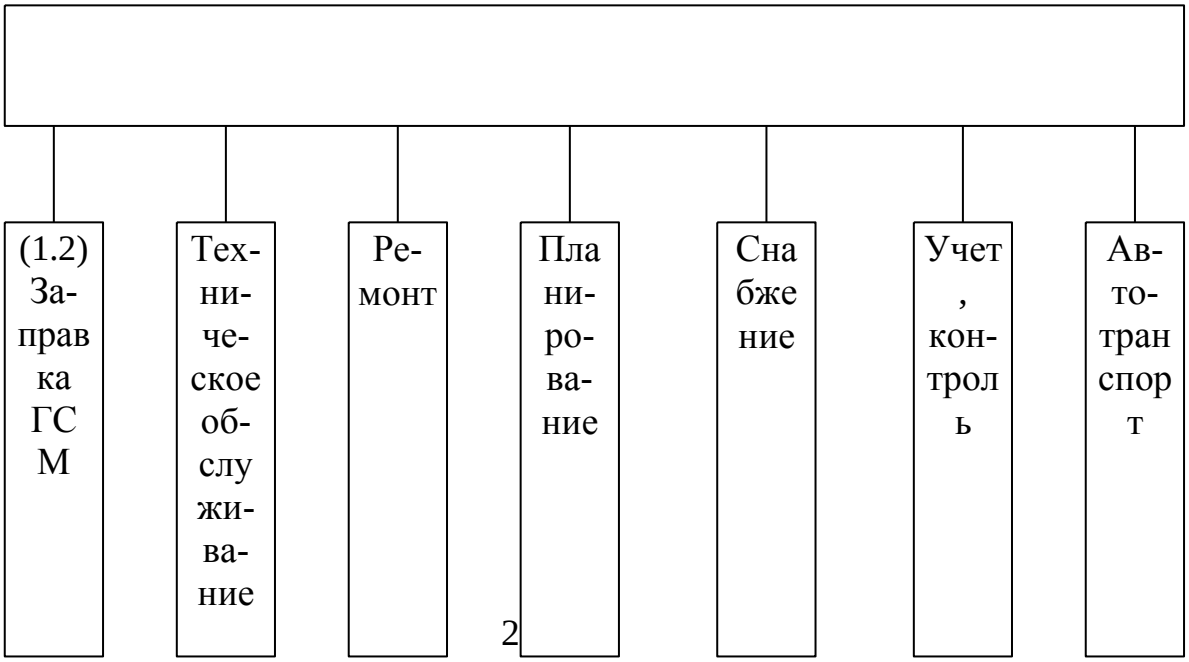


Рис.1.3

Граф процесса машиноиспользования в напряженный период

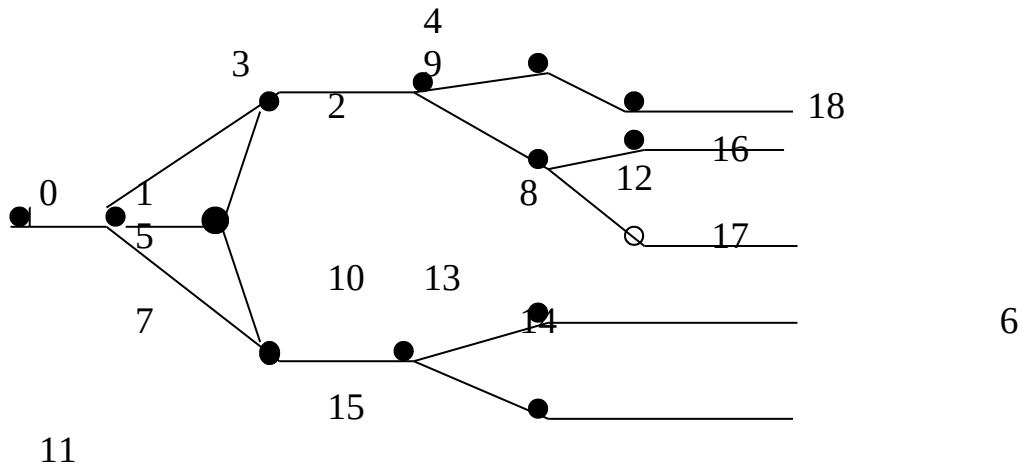


Рис.1.4

3 - сбора и скирдования измельченного НЧУ; 4 - очистки, сушки и хранения зерна на току; 5 - засыпки фуража и семенного фонда; 6 - транспортирования и сдачи зерна на хлебоприемный пункт; 7 - утилизации побочного продукта; 8 - уборки и скирдования неизмельченной НЧУ (рис. 1.5).

В соответствии с изложенными выше принципами построения систем и графом были выделены производственные элементы (звенья, группы, бригады): 1 - подготовки к уборке; 2 - уборки (скашивания, обмолота);

Затем был выполнен анализ взаимосвязей выделенных элементов на основе принципа соподчиненности целей системы и подсистем, производственных элементов, так как состав технологических операций, используемых технических средств и ресурсов, в конечном счете - структура системы, определяются целью функционирования системы и ограничениями (см. "принципы декомпозиции и синтеза"). Построили "дерево целей" (рис. 1.6) и проверили их на однородность. При проверке однородности элементы с двумя и более целями были разделены таким образом, чтобы цели были однородными. В результате элемент (8) был разбит на два.

1.3.3. Анализ производственно-технологических структур подсистемы технической эксплуатации провели на примере ремонтно-технического обеспечения. Рассматриваемая подсистема решает задачи своевременной подготовки

уборочной техники, автотранспорта и комплектования МТА, имеет определенную технологию работ (рис. 1.7), для обеспечения которой требуется определенная структура, зависящая от назначения, принятых форм организации производства и технической эксплуатации.

При построении примерных производственно-технологических структур необходимо использовать использованы принципы и концепции, которые учитывают новые условия хозяйствования, в которых целесообразна передача во вспомогательные подсистемы технологической системы средств механизации с последующей сдачей в аренду. Это связано со следующими причинами: из-за сезонности сельхозработ техника используется эпизодически, а ее содержание на балансе определяется в расчете на год; широко распространены коллективные формы труда; противоречие интересов потребителей и исполнителей тракторных и ремонтно-обслуживающих услуг, в виде которых выступают субъекты хозяйственной деятельности; реализация механизма функционирования через экономическую самостоятельность при ответственности за результаты труда. Анализ исследований показал целесообразность использования обратной информационная связи. последняя предполагает наличие информации, позволяющей работать с оптимальными показателями.

1.4. Анализ динамики развития технических средств и систем

1.4.1. Инженерно-техническая инфраструктура определяется потребностью системы машиноиспользования в технических средствах и потребностью последних в ремонтно-обслуживающих воздействиях, а также численным и качественным составом МТП, применяемыми технологиями, условиями функционирования. Рассмотрим динамику численности МТП во взаимосвязи со сроком службы технических средств и развитием Системы машин. Начиная с окончания послевоенного периода (50-е годы) численность МТП непрерывна роста за счет роста поставок техники. Еще в конце 50-х годов началась работа над системой машин (Системой), и в 60-е годы создание техники велось на основе Системы, которая была обоснована комплексными НИОКР. Соответственно СХП оснащались МТП по плану, в соответствии с Системой /427-429/.

Если первая Система содержала систематизированный перечень технических средств, то в 1971...1975 г.г. она была утверждена пятью ведомствами и была построена на основе технологических комплексов машин, рекомендуемым для выполнения работ применительно к зональным условиям. На основе принципов районирования была создана Система на 1976-1980 гг., кроме того, были выделены 34 зоны и подзоны механизации с целью учета внешних условий функционирования тракторов, МТА, комбайнов. 1.4.2. Обширность Системы потребовала увеличения сроков ее реализации до 10 лет, и последующая система была разработана на 1981-1990 гг. с контрольным промежуточным сроком реализации в 1985 г. Система была разработана по разделам, в каждом из которых систематизированы данные по технологиям работ. Рассмотрели

практическую реализацию Системы и обслуживающей ее инженерной инфраструктуры - ремонтно-обслуживающей базы. Подводя итоги развития инженерно-технической базы АПК к началу 90-х годов, академик В.М. Кряжков отмечал, что энергетическая база страны достигла 2.8 млн. тракторов, 780 тыс. зерноуборочных комбайнов; дальнейшее повышение эффективности сельскохозяйственного производства связано с улучшением использования уже имеющегося потенциала, и "с каждым годом будут возрастать требования к технике, ее надежности, качеству и эффективности работы". Как выяснилось впоследствии, это был максимально достигнутый размер парка.

Основные элементы технологической системы.

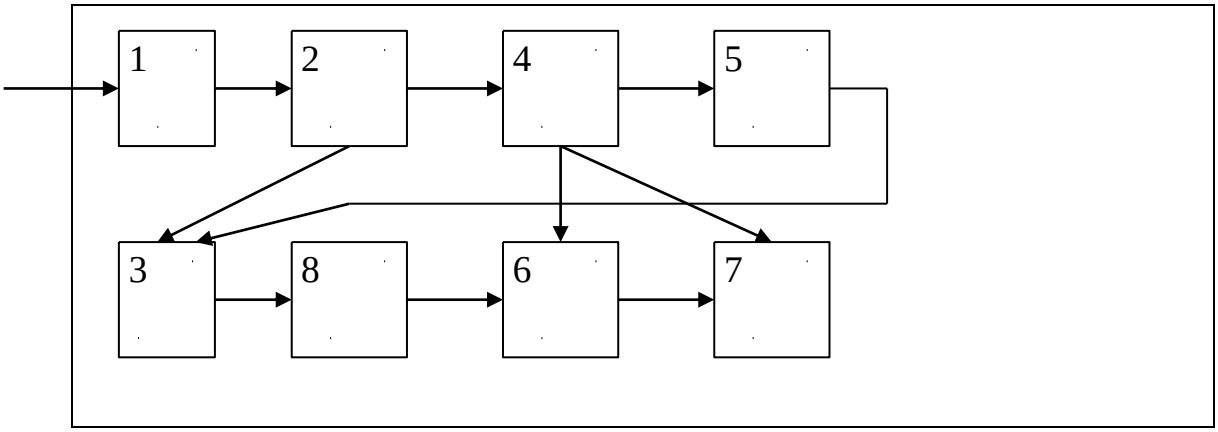


Рис.1.5

Схема взаимосвязей целей подсистем



Рис. 1.6

Технологический процесс подсистемы инженерно-технического обеспечения.

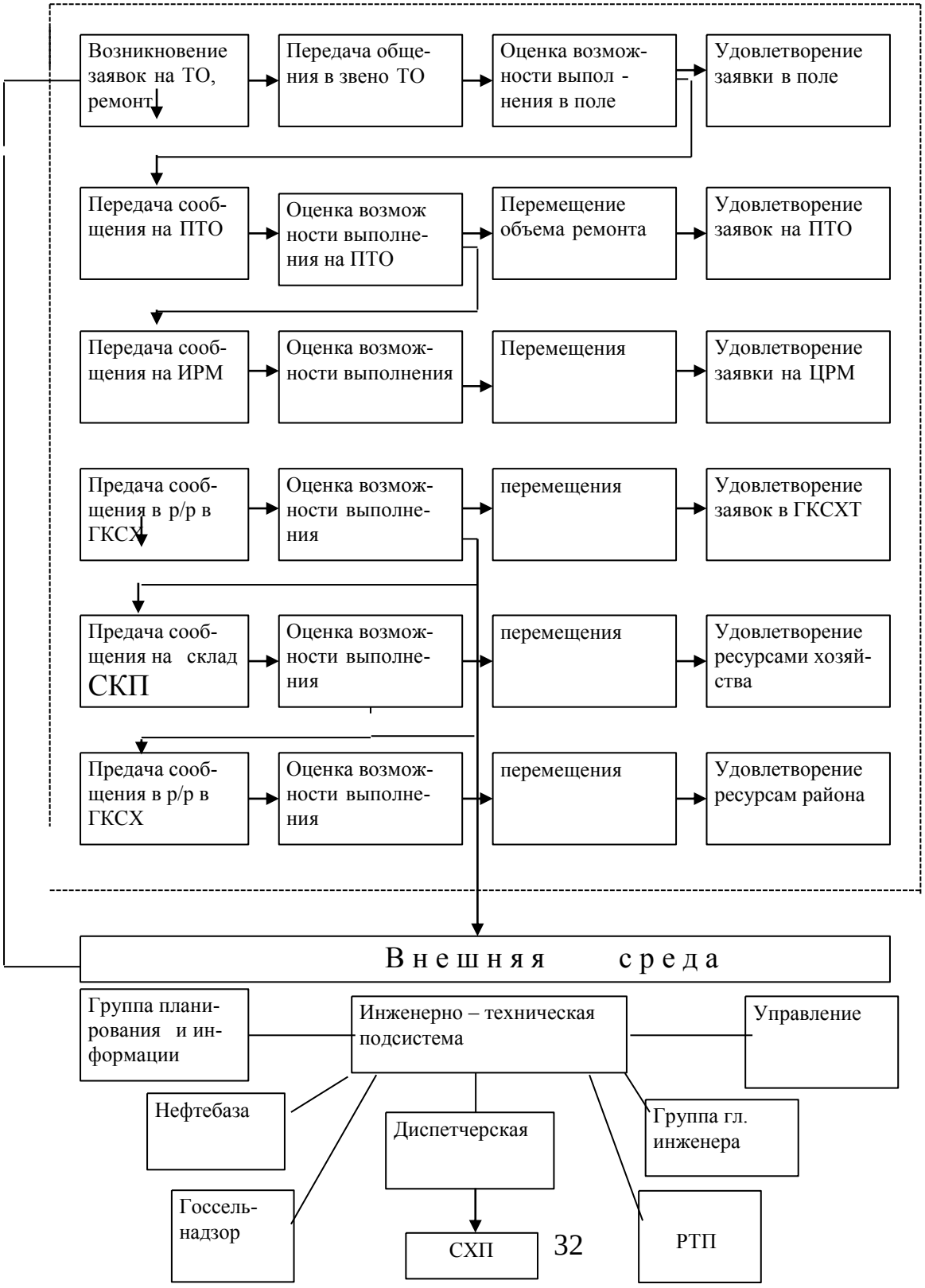


Рис 1.8

Он по основным показателям достиг оптимального, что подтверждалось исследованиями ВНИИПиНа, ВНИИТУЭСХ, ВНИПТИМЭСХ и др. НИУ. Проблема состояла не в численности тракторов, но в недостатке механизаторских кадров, что приводило с снижению сменности и к простоям техники без трактористов и комбайнеров. Острота проблемы в напряженный период снималась массовым направлением в СХП студентов, научных работников, рабочих промышленных предприятий в качестве механизаторов. Вместе с тем, был недостаточным парк сельхозмашин, отчасти ввиду значительной их номенклатуры, что было недоработкой НИУ, которые не реализовали потенциал комбинирования и универсализации, обоснованный академиком М.С. Рунчевым. По данным Госкомстата можно установить, что при росте технической оснащенности с 1960 г. до 1985 г. в 5 раз производство продукции увеличилось незначительно по причинам недостаточной эксплуатационной надежности МТП и недостатка сельскохозяйственных машин.

Урожайность зерновых с шестидесятых годов увеличилась всего на 40 % и остановилась на уровне начала семидесятых. Затраты живого труда остались на уровне девятой пятилетки. Постоянно росла доля техники, запущенной в серию более десяти лет назад, соотношение между силовыми и рабочими машинами составляют 1:1,3 (оптимальное - 1:3); машиностроение обеспечивало лишь количественный рост выпуска техники. В России с 1980 года по 1990 г. при росте объемов ремонтов тракторов и сельхозмашин на 132 % и производственных основных фондов на 140 % темп прироста объемов продукции по сельскому хозяйству составил 118,0 % /272-274/.

1.4.3. Теоретические основы новой академиком Э.И. Липковичем на базе системного подхода. Вместе с тем, отмечал академик Н.В. Краснощеков, в указанных Системах "фрагментарно нашли отражение элементы системы технологий, необходимость разработки которых была основана ВИМом еще в 1984 г." Следовательно, и технологическая система Системы машин на 1986-1995 и 1991-2000 гг. были разработаны машиноиспользования, включая техническую эксплуатацию, осталась нереализованной при ее производственной и научной необходимости. Новая Система характеризуется вариантами базовых технологий и технологических адаптеров при снижении численности необходимых технических средств, разработкой новых МЭС/127/.

В результате исследований НИУ существенно выросла производительность техники за счет применения более мощных энергетических средств, увеличения ширины захвата, пропускной способности, грузоподъемностью. Класс тяги колесных тракторов достиг 80 кН при увеличении рабочей скорости до 12 км/ч, мощность возросла с 33 в 1957 до 100 кВт в настоящее время. Увеличились почти в пять раз емкость бункеров комбайнов и ширина захвата культоров, в три раза - производительность зерноуборочных комбайнов.

К настоящему времени, отмечается в статье академика В.М. Кряжкова, а также ведущие сотрудников ВИМа Н.М. Антышева, Н.И. Бычкова, А.Я. Полька, В.Г. Шевцова, "вырисовались достаточно четкие контуры приоритетных направлений развития МЭС на ближайшие десятилетия:

- экономичность эксплуатации, включая минимизацию расхода топлива и низкую энергоемкость;
- экологичность и улучшенные условия труда;
- более высокая степень агротехнологичности, включая адаптацию к целому ряду условий и ограничений;
- повышение уровня автоматизации управления МТА.
- маловероятно, что рассматриваемых период трактор в современном его понимании как энергетическая основа механизации земледелия претерпит коренные принципиальные изменения".

Наиболее вероятные относительно новые направления развития энергетики в сельском хозяйстве - это разработка МЭС с газовыми двигателями, электротракторы, технотраки, МЭС с разветвленными системами передачи силовых потоков. Академик Л.П. Кормановский прогнозирует развитие производства тракторов по интегральной схеме /161/.

Интересно отметить, что одновременно с ростом производительности пропорционально возрастает ущерб от простоев техники. Простои техники по техническим причинам на протяжении десятилетий не снижаются, затраты на ТОРХ растут. В период с 1992-1993 г.г. безотказность и долговечность машин не улучшилась, а поставки техники стали сокращаться, хотя дефицита ни техники, ни запчастей не наблюдается.

Реформирование сельхозмашиностроения и сельскохозяйственного производства уже через два - три года привело к отрицательным результатам. В решении авторитетной научно-технической конференции 1993 года отмечалось, что сельхозтоваропроизводители снизили закупки техники на порядок, вследствие чего "парк основных сельхозмашин в стране сократился на 25...44 %", а "потенциал аграрной инженерной науки и конструкторских организаций находится в критическом состоянии", тем не менее, в число приоритетных задач обеспечения АПК отнесена разработка инфраструктуры инженерно-технического сервиса /386/. "К 1995 г. выбытие основных производственных фондов страны в пять раз превысило их ввод" - отмечал академик Л.П. Кормановский. Соответственно снизилось производство тракторов и комбайнов - десять раз, плугов - в пять раз, сеялок - в 70 раз. Как реакция сельхозтоваропроизводителей на сложившуюся ситуацию, было списано в два раза меньше тракторов, чем подлежало списанию по нормативным срокам, что привело к старению МТП и увеличению доли неисправных тракторов /163/. Дальнейшую динамику МТП можно проследить на данных сотрудника ВИМ О.С. Марченко, из которых следует: до настоящего времени численность МТП по всей номенклатуре снижается, как результат, посевная площадь в РФ сократилась в пять раз /243/.

Доктор В.П. Алферьев считает сложившуюся ситуацию последствием неуправляемого развития рынка материально-технических ресурсов: к 1996 г. цены на сельхозпродукцию по сравнению с 1990 г. выросли в 1.73 раза, а на промышленную продукцию и услуги - 8.43 раза /11/.

К 2000 г. 1 кг металла трактора стоит дороже в 30...50 раз, а зерно подорожало в 20...22 раза в сравнении с 1990 годом, то есть причина сокращения ресурсов - финансовая. Сокращение парка вызвал увеличение нагрузки сверх оптимальной и удлинение сроков службы. Динамика последнего обобщена профессором С.С. Некрасовым (МГАУ), который в качестве основной причины роста АПК в странах ЕС назвал государственное дотирование - а в качестве основный причины снижения ВПП АПК - негативное отношение РФ к сельскому хозяйству. Рассматривая на этом фоне динамику сроков службы сельскохозяйственной техники, профессор С.С. Некрасов констатировал увеличение сроков службы основной техники в 1.5...1.6 раза /276/. Анализируя изменение парка и срока службы за последние 40 лет, можно заметить прирост парка до 1990 г. и снижение численности МТП с 1991 г., Срок службы за последние 60 лет колебался, достигая максимума в 1940 году (>27 лет), минимального значения в 1978 году (8.9 лет); в настоящее время он возрастает, что требует "совершенствования нормативов амортизационных отчислений с учетом рыночных условий"/276/. Это означает, что технические средства необходимо эксплуатировать столько времени, сколько это экономически выгодно, а не амортизационный срок, установленный формально Постановлением Правительства №1072. Необходимо учитывать не только нормативный амортизационный износ, но и функциональный износ, моральный износ, фактический физический износ. Особый интерес представляет эксплуатация машин и тракторов за пределами амортизационного срока, установленного отмеченным Постановлением. При этом следует руководствоваться системным противоречием между выгодой от продолжения эксплуатации техники и убытками от повышенного расхода ремонтных материалов вследствие уменьшения надежности, снижения функциональных показателей, увеличения затрат на ТОРХ.

Изучив новую нормативную базу бухгалтерского учета и налогообложения, мы пришли к выводу о возможности учета рыночных условий, открытых Указом Президента Российской Федерации /103, 117, 124, 125, 253, 254/ , в части оптимизации сроков службы, варьирования амортизационными отчислениями, эксплуатацией машин и тракторов за нормативными сроками эксплуатации. В этой связи интересно отметить, что до 90% современного МТП СХП фактически эксплуатируются за сроками эксплуатации, установленными Постановлением №1072, а фермерская техника и в России, и за рубежом после девятилетней эксплуатации имеет несущественный износ, в отличие от техники того же года выпуска, эксплуатируемых в СХП. В данном случае велико значение субъективных факторов: фермеры эксплуатируют свою технику, ради приобретения которой их семьи несли определенные тяготы, а механизаторам инженерам сельхозпредприятий техники практически ничего не стоила, она «общественная» в большей степени, чем фермерская.

Рассмотрев известные в мировой практике способы оптимизации сроков службы и амортизационных отчислений, изучил опыт США в сфере эксплуатационной надежности, в частности долговечности во время стажировки в США, сделали вывод о необходимости применения аналогичных методов управления сроками службы, основанных на методах системного анализа и оптимизации по экономическому критерию.

1.5. Анализ подходов и методов исследования эффективности и надежности

1.5.1. Вначале рассмотрели системный подход к разработке данной проблемы. При изучении данного подхода было установлено следующее.

Предпосылки системного подхода развивались с конца девятнадцатого века, и окончательно сформировались в середине двадцатого. Впервые без научного на то обоснования рассматривал организации как системы Анри Файоль (1841...1925 г.г.), он стал основоположником “процессного” подхода, когда рассматриваются элементы системы в их “взаимной обусловленности” по направлениям (подсистемам): техническая, коммерческая, финансовая, административная и др. Его последователь Г. Эмерсон обосновал целевой подход к построению организации, когда цель - главный принцип построения структуры. В двадцатые годы внутрисистемное влияние человеческого фактора исследовали Э. Мэйо и М. Фоллетт. В России того времени предприятия рассматривали как системы И. Семенов, А.А. Богданов.

По мнению последнего, техническая организация (структуризация системы) является определяющей по отношению ко всем остальным, а дезорганизация является частным случаем, возникающим вследствие того, что каждый субъект “пытается организовать окружающий мир для себя и по-своему”. Таким образом, А.А. Богданов выразил системный подход и с точки зрения управления, информации и энтропии систем, и с точки зрения самоорганизации, структурной устойчивости, “биорегуляции”. Он также заметил общность управления в живой и неживой природе, что впоследствии развил Норберт Винер в своей известной книге, положившей начало кибернетике.

Идеи А.А. Богданова получили развитие в работах основателя общей теории систем фон Берталанфи, Честера Бернарда (разработал системный подход к предприятиям), Г.Х. Гуд, Р.Э. Маккони и др. Кибернетик Ст. Бир, развивая системный подход, классифицировал системы на простые и сложные в зависимости от способы описания, а академик А.И. Берг - связал данное понятие со сложностью и альтернативностью математического описания. По указанным описаниям технологические системы ЭМТП относятся к сложным, и в общем виде описываются методами теории сложных систем.

К шестидесятым годам общая теория систем, отмечал академик Э.И. Липкович, получила “два представления”: общая теория систем (ОТС) в широком смысле (включая теоретическую часть в виде теорий: информации, игр, решений, факторного анализа, множеств, графов и сетей, автоматов, марков-

ских процессов и др.), и абстрактная теория систем (АТС). ОТС получила развитие в трудах академиков и проф. В.М. Глушкова, Н.П. Бусленко, В.В. Калашникова, И.Н. Коваленко, А.И. Прохорова, А.И. Ушакова и др. Развитие теории активных систем (раздел ОТС) с конца шестидесятых годов до нашего времени превратило данное направление в крупный раздел науки, исследующий эффективность, надежность, устойчивость и др. общесистемные свойства систем /223/.

Активными (по определению) являются технологические системы производственной и технической эксплуатации (машиноиспользования). Основным центром исследований активных систем стал Институт проблем управления. Первый период развития теории связан с исследованием механизмов "честной игры", предложенным его директором В.Н. Бурковым в 1969 г. и был направлен на связанные с плановой экономикой идеи согласования интересов, которые были интерпретированы в предложенном Л.В. Канторовичем классе задач линейного программирования /44/.

Доказательства ряда теорем о слабом влиянии и квазиинвариантности процедур планирования, полученные в 1973...1976 г. В.Н. Бурковым, С.В. Емельяновым, В.И. Опойцевым и др., позволили рассмотреть задачи управления техническими абстрактными системами (ТАС) как многоуровневыми, динамическими и стохастическими активными системами, а также особенности постановок задач и подходов к ним. Однако для класса агроинженерных задач в рыночных условиях данные результаты не рассмотрены до настоящего времени, несмотря на то, что являются основой эффективности систем. Развитие ТАС в период с 1976 г. было посвящено синтезу согласованных механизмов функционирования систем для условий плановой экономики. Была установлена связь между ТАС и информационной теорией иерархических систем Ю.Б. Гермейера и Н.Н. Моисеева, которая получила развитие в ВЦ АН СССР (В.И. Горелик, Ф.И. Ерешко, А.Ф. Кононенко и др.). Исследовались также механизмы распределения ограниченных ресурсов и обмена ресурсами, характерные для плановой экономики /44, 223/.

Интересно отметить, что А.Ф. Кононенко обобщил исследования по системным методам обеспечения надежности и эффективности, которые имеют, предположительно, важное значение для современного этапа развития и состояния АПК России /154/.

В настоящее время ТАС "ветвится" на ряд самостоятельных направлений исследований, данные о степени адаптации результатов к условиям рынка не имеются, по этой причине результаты ТАС применить не представляется возможным без переосмысления к условия альтернатив и отсутствия "Центра" (как было в административной системе).

ОТС также развивалась в исследованиях ИМАШ им. Благонравова, МНТК АН "Надежность машин" и др., причем исследования были направлены на надежность и эффективность систем. В аграрной сфере данной проблемой занимался отраслевой научный комплекс (ОНК) во главе с ВИМ, ГОСНИТИ. К настоящему времени системный подход понимается как изучение явлений с

позиций системного анализа, который является методологией научного познания современной науки. Системный анализ - это развитие методов кибернетики, его главный инструмент - математическая модель. Использование системного подхода в технике привело к созданию нового научно-технического направления - системотехники, то есть обобщенного подхода к проектированию систем, конструируемых для решения различных задач, при условии их оптимального решения по критериям эффективности и надежности систем /33, 35, 38, 40, 42, 50, 54, 477-479/.

Системный подход к аграрному производству в целом еще до работ фон Берталанфи и Н. Винера развивался российскими учеными А.Т. Болотовым, А.Н. Энгельгардом, А.В. Советовым, К.А. Тимирязевым, А.В. Чаяновым, отмечал академик РАСХН А.А. Шутьков. Однако впервые методологические основы применения теории систем к обоснованию системы машин систематически были изложены в монографии Э.И. Липковича “Аналитические основы системы машин”, и по инициативе Э.И. Липковича и академика М.С. Рунчева были включены в планы НИР ВАСХНИЛ.

Академиками РАСХН Э.И. Липковичем, М.С. Рунчевым, доктором А.И. Бурьяновым были опубликованы значимые для научных исследований работы по системному подходу и системному анализу технических систем /51, 52, 223-229, 396-400/.

Во ВНИПТИМЭСХ впервые под руководством Э.И. Липковича была открыта лаборатория системных исследований; впоследствии системный подход стал ведущим во всех отделах института. В соответствии с методологией обоснования системы машин, разработанной академиком Э.И. Липковичем, “оптимальные комплексы машин определяются оптимальными технологическими процессами. Агротехнические процессы, в свою очередь, реализуют оптимальные севообороты. На уровне зональной системы ведения сельского хозяйства устанавливаются главные воздействия, которым подвергаются технологические комплексы и которые влияют на оптимизации”. Инструментом системного анализа в данном случае является математическая модель.

“Процедуру составления моделей, - отмечал Э.И. Липкович, - можно представить в общем виде следующим образом: пусть задана система S=[x*w*e; Y, F, g]. Под моделью S_m системы будем понимать объект вида S_m = x*w*e: Y, m^ g”. Таким образом, условием адекватности результатов исследований сложной системы, разбитой на подсистемы, является адекватность модели каждой подсистемы отдельно и адекватность внутренних связей между подсистемами».

Наиболее адекватным методом решения системных проблемы оказался метод статистического (имитационного) моделирования, развитие которого во ВНИПТИМЭСХ выполнено профессором А.И. Бурьяновым и его сотрудниками Ю.Я. Мареничем, Н.Н. Пасечным, Г.А. Лишним, а в других НИУ - проф. Ю.Н. Блынским, В.Д. Игнатовым, Ф.С. Завалишиным, А.М. Криковым и др. Указанными авторами были исследованы процессы использования технологического транспорта, систем уборки урожая, сборочно-технологические процессы. Про-

фессор А.И. Бурьянов на основании развития теории сложных систем Н.П. Бусленко разработал новый подход к сборочно-технологическим процессам и получил новые результаты на основе применения математических моделей и ЭВМ. Представляют особый научный интерес приложения методов моделирования дискретных систем путем имитации на ЭВМ, реализованная в программах для компъютера математиком Г.А. Лишним под руководством и при непосредственном участии А.И. Бурьянова.

К настоящему времени системные разработки академика Э.И. Липковича в частности, и системный подход в целом, используются в ВИМ, ГОСНИТИ, других НИУ.

Близки к теме диссертации работы Е.А. Лисунова, В.Ф.Скробача, П.Ф. Прибыткова, посвященные системным методам решения проблемы надежности МТА технологических процессов машиноиспользования.

Основой новой методологии обеспечения надежности ЭМТП являются труды академика В.М. Кряжкова.

За основу исследований по данной проблемы целесообразно принять опыт системных исследований под руководством академиков Россельхозакадемии Э.И. Липковича, М.С. Рунчева (ВНИПТИМЭСХ), В.М. Кряжкова (ВИМ), Черноиванова, А.Э. Северного, В.М. Михлина (ГОСНИНИ), Е.А. Лисунова и др.

Научная гипотеза о результативности постановки задачи обеспечения надежности и эффективности инженерной подсистемы как технологической подсистемы машиноиспользования основана:

- на практике применения системных методов обеспечения надежности, разработанных и изученных в институте В.Н. Буркова и в ИНМАШе, обобщенных применительно к задачам сельского хозяйства А.А. Кононенко;
- положительном опыте научных исследований в области использования технологического транспорта научных школ А.И. Бурьянова, В.Д. Игнатова, Ф.С. Завалишина, Ю.Н. Блынского, А.Б. Лурье.

Фундаментальных работах по исследованию операций и системному анализу в области АПК профессора С.А. Жака, результатах работ в области надежности и эффективности систем академиков РАСХН В.М. Кряжкова, Ю.А. Конкина, М.М. Севернева, А.И. СеливановаВ.И. Черноиванова, И.П. Ксеневича; профессоров В.Ф. Скробача, Р.В. Кугеля,, С.А. Иоффинова, , С.С. Черепанова, . М.А. Халфина, С.С. Некрасова, М.А. Рассказова и др.

Анализ развития системного подхода и системного анализа, применимость его методов к решению практических задач нового сельского хозяйства России позволил нам сделать следующий вывод. Рассмотрение аграрной сферы может быть адекватным только при условии применения системного подхода, инструментом которого является системный анализ. В сельском хозяйстве наиболее значимо выражена системность явлений и их взаимозависимость, обусловленная известными особенностями сельскохозяйственных механизированных процессов.

Системный подход предполагает, в соответствии с разработками Института проблем управления, рассмотрение технико-технологических структур, механизмов функционирования и динамики системы, то есть технологических процессов и их структур, механизмов формирования системообразующего фактора (целевой функции) и общесистемных свойств эффективности (растениеводства, животноводства и др. отраслей), надежности (машин, МТА, технологических систем), устойчивости, помехозащищенности (в данном случае от воздействий внешней среды), управляемости, саморегулирования (в том числе за счет обратной информационной связи).

Разработки ВНИПТИМЭСХ под руководством академика Э.И. Липковича в основном посвящены обоснованию системы машин, и мало распространены на область эксплуатационной надежности машин, которая является подсистемой системы ведения АПК и непосредственно влияет на эффективность.

По этой причине целесообразно, учитывая опыт ОНТК "Надежность машин" АН СССР, в рамках программы ГКНТ "Надежность" рассмотреть вопросы надежности не только отдельных машин, но и отдельных подсистем, к которым относится технологическая система ЭМТП.

Следовательно, проблема состоит в распространении системных методов исследования на область машиноиспользования сельскохозяйственной техники, которая не решена до настоящего времени в достаточной степени.

1.5.2. Затем был выполнен анализ исследований эффективности и надежности функционирования как систем в целом, так и машиноиспользования в сельском хозяйстве - в частности. В результате установлено следующее.

Проблема создания технических и технологических систем повышенной надежности из элементов с недостаточно высокими показателями надежности, а также сокращение затрат на эксплуатацию систем при заданных показателях эффективности и надежности вначале разрабатывались для наукоемких направлений развития техники. Затем выводы теории эффективности и надежности были адаптированы к различным отраслям хозяйства.

Основы теории надежности разработали Б.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев, А.Д. Соловьев, И.А. Ушаков, Р. Барлоу, Ф. Прошан и др. К 1990 г. возросло число авторов статей по данной проблеме, касающихся надежности технологических и др. систем, в сборниках научных трудов ВНИИСИ, других институтов, а также книг и монографий. Вопросы надежности во взаимосвязи с эффективностью систем стали рассматриваться в аспекте устойчивости применительно к сложным системам эксплуатации машин, что вызвано возрастанием требований к сложным производственным системам /20, 23, 26, 27, 38, 44, 55, 60, 70, 99, 100, 101, 470/.

Академик АН СССР В.С. Абдуевский отмечал следующие актуальные проблемы: развитие теоретических основ эффективности и надежности с единых системотехнических позиций, накопление и обобщение опыта обеспечения повышенных показателей надежности и эффективности машин и оборудования в эксплуатации. Анализ безотказности, долговечности сельскохозяйственной

техники и эффективности ее использования позволяет сделать вывод о том, что наибольший интерес в аспекте исследований вопросов эффективности и надежности МТП представляет опыт решения проблемы обеспечения эффективности и надежности системы эксплуатации технических средств в смежных отраслях народного хозяйства /47, 65, 131, 142, 190-194, 349, 375, 376, 478/.

В промышленности, на транспорте, в энергетике и других отраслях основные направления исследований данной проблемы связаны с использованием системных методов, когда рассматривается управление параметрами технологической системы эксплуатации технических средств, причем последняя представляется в виде сложной технической или (и) технологической системы. Учитывается то, что большая часть характеристик и показателей эффективности отмеченных систем прямо или косвенно учитывают надежность /87-88, 70, 90, 96, 143, 145, 195, 349, 375, 376, 380, 478/.

В связи с постоянным ростом требований, предъявляемым к сложным технологическим системам, достижение высоких показателей их надежности и эффективности усложняется и не ограничивается созданием безотказной техники. Требуется разработка задач повышения надежности технических систем в процессе их эксплуатации /5, 18, 83, 87, 88, 354/. Она характеризуется вероятностью решения поставленной задачи (выполнения технологических операций по производству сельскохозяйственной продукции), а также значениями коэффициентов выхода годной продукции и сохранения производительности, расходом какого-либо вида затрат и др. /76, 77, 269, 336/.

Надежность систем эксплуатации технических средств связывают со свойством системы заданное время сохранять возложенные на неё функции, несмотря на отклонения в её структуре или организации /76, 77/. Применительно к технологическим системам машиноиспользования проблема надежности может формулироваться как разработка средств, механизмов функционирования, методов, математических и технико-технологических структур, обеспечивающих сохранение заданных показателей системы в течение данного характерного периода работ. К показателям надежности, пригодным для оценки систем ЭМТП, могут быть отнесены вероятности функциональных, технологических, собственных и вынужденных отказов, а также отказов по параметрам продукции, производительности и затратам /77/.

Надежность технологических систем связывают со свойством системы заданное время сохранять возложенные на нею функции, несмотря на отклонения в ее структуре или организации. Применительно к технологическим системам машиноиспользования проблема надежности может формулироваться как разработка средств, механизмов функционирования, методов, математических и технико-технологических структур, обеспечивающих сохранение заданных показателей системы в течение данного характерного периода (сезона) работ. В растениеводстве на юге России на основе анализа технологических карт и производственного опыта таких периодов можно выделили восемь: ранний весенний, весеннего сева, весенне-летний, предуборочный, уборки зерновых колосо-

вых культур, послеуборочный, летне-осенний, осенний. Задача состоит в обеспечении эксплуатационной надежности МТП в эти периоды.

Решение вопросов надежности возможно и важно по следующим причинам. С одной стороны, эксплуатация МТП в сельском хозяйстве - сезонная. Одни и те же тракторы агрегатируются с различными сельскохозяйственными машинами и последовательно используются в характерные для данной (Северо-Кавказской) зоны и перечисленные выше периоды, следующие друг за другом, как правило, с некоторыми временными интервалами: от нескольких дней до нескольких недель. Во время интервалов имеется время для создания таких систем, которые отработают последующий период сельскохозяйственных работ с заданной эффективностью. С другой стороны, с переходом к новым формам ведения хозяйства и имеющим место одновременным снижением показателей безотказности сельскохозяйственной техники при одновременном увеличении стоимости как техники, так и запасных частей к ней, возрастает ущерб от каждого часа простоя машинно-тракторных агрегатов.

В свою очередь, снижается эффективность и рентабельность сельскохозяйственного производства, что в условиях рынка имеет существенные последствия для собственников. На основании анализа литературных источников и передового опыта можно предполагать увеличение значения обоснованности принимаемых хозяйственных решений в сфере создания и использования сельскохозяйственных технических систем механизации растениеводства и животноводства, направленных на повышение их эффективности /36, 122, 138, 141, 152, 175, 190, 228, 231, 397, 398, 426, 482, 494, 501, 517/.

Решение проблемы повышения эффективности эксплуатации технологических систем связано с развитием и внедрением методологических и организационных основ исследования. Обеспечение эффективности и надежности различных видов техники достигается совершенствованием методов исследования и обеспечением эффективности технических средств и систем на стадиях их создания и применения, а также внедрение методов и приемов исследования и обеспечения эффективной эксплуатации технических средств и систем /22, 41, 57, 112, 138, 173-175, 472/.

По мнению ведущих ученых в области надежности: академиков Г.Н. Охотникова, А.И. Рембеза, Н.А. Северцева, Ю.А. Соколова и др., разнообразие действующих при эксплуатации техники факторов, большая степень неопределенности условий их применения требуют рассмотрения проблемы надежности технических средств в составе технологических систем, взаимодействующих с внешней средой, имеющих сложную внутреннюю структуру и отличающихся общесистемными, интегративными свойствами /269-270/.

Поэтому непременным условием решения данной проблемы являются системные исследования, целью которых может быть разработка технико-технологических и математических структур с описание подсистем и элементов системы машиноиспользования. Также необходимо затем оценить возможную эффективность и надежность системы ЭМТП с использованием методов исследования операций /41, 90, 93, 96, 212-215/. Логически завершают исследования

экспериментальная проверка полученных решений. Особенность данных исследований: разнообразие действующих факторов, необходимость учета конкретных условий использования системы ЭМТП обоснованной структуры, - затрудняет распространение известных методов теории надежности на область машиноиспользования в СХП. Поэтому требуется разработка специальных методов обеспечения надежности и эффективности ЭМТП, учитывающих технологию, структуру, конструктивные свойства машин, другие аспекты ЭМТП.

Из теории машиноиспользования известны постановка и решения следующих задач: проектирование и оптимизация МТП и систем его технического сервиса; проектирования и оптимизации систем управления ЭМТП и ремонтно-техническими средствами; организация рациональной работы МТА, их комплектования и настройки; оперативное управление МТП и его ремонтно-обслуживающей базы; оптимизация размещения, типажа и мощности последней /332, 335/.

Фундаментальные работы в области надежности сельскохозяйственной техники выполнили академики РАСХН и ВАСХНИЛ А.И. Селиванов, В.М. Кряжков, А.Э. Северный, проф. С.С. Некрасов, Ю.Н. Артемьев и др. Значительный вклад в развитие теории и практики эксплуатации и ремонта МТП внесли академики ВАСХНИЛ и РАСХН А.В. Веденяпин, Г.П. Лышко, Б.С. Свирщевский, М.С. Рунчев, проф. С.С. Черепанов, С.А. Иофинов, Ю.К. Киртбая, И.Е. Ульман, В.Ф. Тельнов, Б.В. Павлов, и др. /20, 97-101, 122, 123, 190, 422, 417, 418 и др./.

Разработаны теоретические и экспериментальные аспекты надежности машин и их составляющих. Менее исследованными остаются вопросы надежности и эффективности технологических систем в эксплуатации, которым посвящены работы академика А.И. Селиванова, проф. В. Д. Игнатова, Ф.С. Завалишина, А.Ф. Кононенко, А.С. Каменского, А.Б.Лурье, П.Б. Прибыткова, В.Ф. Скробач, а также научных сотрудников ВИМ, ГосНИТИ и др. НИУ Н.С. Евтюшенкова, Л.И. Емелина, Н.М. Хмелевого, Г. Какабаева, Н.П. Коробко, Т.Т. Исаевой, В.Г. Озерова. Теорию надежности использовали в качестве теоретической базы для обоснования системы ремонта и технического обслуживания машинно-тракторного парка ведущие ученые в данной отрасли наук: С.С. Черепанов, И.Е. Ульман, А.В. Ленский, Н.С. Пасечников, М.А. Халфин и др. /117, 118, 123, 130, 133, 151-154, 169, 212, 213, 238, 335, 336, 346, 348, 482/.

Представляют значимый научный интерес исследования закономерностей возникновения отказов при работе МТА работы, выполненные рядом авторов под руководством профессора П.Ф. Прибыткова /348/. Экспериментальные исследования по зерноуборочным комбайном упомянутого плана выполнены Н.П. Коробко, а по кормоуборочным машинам - В.А. Андреевым, Л.И. Баевым, Т.Т. Исаевой, Г. Какабаевым /130, 169, 482/.

Наиболее полно исследованы теоретические вопросы и практические аспекты функционирования систем механизации в растениеводстве с точки зрения их эффективности и надежности В.Ф. Скробач (для условий Северо-Запада России) /432/.

Анализ работ вышеупомянутых авторов показал, что к настоящему времени глубоко проработаны основы расчета показателей надежности МТА. В частности:

- ♦ дана классификация эксплуатационных отказов, уточнены единичные и комплексные показатели надежности МТА;
- ♦ обоснованы методики расчета безотказности уборочных агрегатов и показатели их надежности, производительности на основе баланса времени смены;
- ♦ предложены аналитические модели для расчета надежности и эффективности групп уборочных агрегатов и производительности МТА;
- ♦ разработана методика оптимизации состава и режима работы МТА;
- ♦ разработана система моделей для обоснования новых средств механизации с применением ЭВМ;
- ♦ решается проблема оперативного управления УТЗР.

Проблемы системного планирования и управления эксплуатацией уборочной техники разработаны головной организацией Государственной АСУ “Урожай” - Всесоюзным научно-исследовательским институтом проблем организации и управления и рядом институтов-соисполнителей, в т.ч. ВНИПТИМЭСХ /352, 365-367/.

Вместе с тем, данные анализа публикаций свидетельствуют о необходимости дальнейшего развития системных методов управления надежностью и эффективностью эксплуатации технологических систем машиноиспользования в сельском хозяйстве.

1.5.3. Был выполнен анализ методов исследований: детерминированных, с использованием теории надежности, теории марковских процессов и их приложений, на базе теории сложных систем.

Детерминированные методы нашли широкое распространение для расчета параметров систем эксплуатации МТП. Традиционно они применяются на протяжении полувека для расчетов различных планов, графиков технического сервиса и машиноиспользования. С появлением средств вычислений число вариантов расчетов увеличивалось. Из них начали отбирать рациональные. Распространение ЭВМ привело к развитию методов линейного программирования, с помощью которого перебирались все возможные варианты и из них выбирался оптимальный. К числу данных разработок можно отнести учитывающие риски современные модели, разработанные в РИАМА, ВНИПТИМЭСХ, в докторских диссертациях Ю.И. Бершицкого, Б.А. Комарова и др. «Исследование поточных линий детерминированными методами целесообразно для установления общих закономерностей их функционирования. Такой подход к разработке основных принципов проектирования поточных линий применен в работах проф. А.Б. Когана, Ю.К. Киртбая, Ф.С. Завалишина», - отмечал доктор технических наук. А.И. Бурьянов. В этом случае коэффициент технологического обслуживания линии равен произведению коэффициентов технологического обслуживания уборочной машины и транспортных средств, и с учетом произво-

дительности комбайна Wk и грузоподъемности транспортного средства равен /54/

$$\tau_{mp} = (Q_m * W_k * t_{ob}) / [Q_m^2 + Q_{mp} * W_k (t_z + t_{gb}) + W_k^2 * t_{gb} * t_3 , \quad (1.6)$$

где t_{gb} – время ездки транспорта без учета времени погрузки;

t_3 - время замены одного транспортного средства.

На наш взгляд, детерминированные методы дают то же представление о процессе, что и средняя температура по больнице. Кроме того, в известных работах с применением детерминированных методов мало использован современный аппарат системного анализа. Основным приложением данных методов является размещение инфраструктуры (ремонтно-обслуживающей базы), распределение работ по местам выполнения (ремонтно-обслуживающих работ по объектам ремонтно-обслуживающей базы), маршрутов движения (маршрут агрегата ТО, ремонтной мастерской, машины с запасными частями и агрегатами), нахождения минимального пути на графе (при оптимизации технологии, сетевого графика, машинно-тракторного парка).

Методы и работы, в которых применен указанный анализ, используют и системный подход к процессам механизации в сельскохозяйственном производстве.

1.5.4. Системные методы управления надежностью и эффективностью - это методы, основанные на математическом моделировании с применением ЭВМ технологических систем эксплуатации МТП.

Так как система эксплуатации указанной техники имеет все признаки технологической системы, приведенные в ГОСТ 27.004-85 “Надежность в технике. Системы технологические. Термины и определения”, и в соответствии со стандартом включает совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения для выполнения в регламентируемых условиях производства заданных технологических процессов и операций, под агроинженерной технологической системой можно понимать систему, которая включает совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения (МТП), предметов производства и исполнителей для выполнения в регламентируемых (погодно-климатическими условиями, технико-нормативными документами, Системой машин) условиях производства заданных технологических процессов и операций /77/. В основе системного метода управления надежностью положено рассмотрение процесса как системы.

Необходимость применения системного анализа определена проблемой количественной оценки с применением традиционных методов, так как отмеченные процессы формализовать сложно. Рассматривая освещение в научных трудах ряда ученых структуру формирования уровня эффективности, отметили значимость блока эксплуатационных затрат и потерь: они являются причиной снижения показателей. Если требуемый объем работ по техническим причинам не выполняется, это свидетельствует о том, что действующий ресурс машин не соответствует потребности в нём, и на стыке требуемого и действительного ре-

сурсов формируется количественная информация, причем можно уменьшить требуемый ресурс или увеличить имеющийся. Действующий ресурс представляет собой разницу между номинальным МТП и отказавшим МТП. Увеличивая этот ресурс за счет методов поддержания надежности в эксплуатации, можно повысит эффективность /154/.

Таким образом, для реализации системных методов необходимо получить количественные характеристики технологической системы машиноиспользования и найти оптимальное распределение факторов системы по критерию эффективности на основе системного анализа.

Системный поход и системный анализ позволяют составить модель процесса и выявить оптимальное распределение ресурсов, с этой целью процесс формализуют. При формализации процесса необходимо вначале сделать прогноз для каждой эксплуатационной характеристики в виде функции /154/

$$Z_i = F_i(R_i, G_i \qquad (1.7)$$

где: Z_i - численное значение эксплуатационной характеристики $(z \subset Z)$;

R_i - подмножество конструктивных параметров системы;

G - подмножество возмущающих воздействий ($G \subset Y$).

При строгом подходе к управлению эффективностью – считает А. Ф. Кононенко, принимаемые в качестве исходных данных модели (1.7) значения необходимо считаться с физической идентичностью машин, то есть с целью управления надежностью можно использовать выражение /154/

$$z_i = f(R_i, G_i, T, p_i, C_i, S_i), \qquad (1.8)$$

где P_i, T_i, C_i, S_i - соответственно подмножества множеств технологических пара метров сельскохозяйственных процессов, процессов управления, ремонта и ТО.

Отмечая сложность получения статистики натурных экспериментов для обеспечения данными формулы (1.4), автор работы /154/ в качестве альтернативы предлагает математическое моделирование, рассматривая динамическую систему как агрегат, построение которого описано в работах профессоров Н.П. Бусленко и Коваленко. Агрегат использовали в своих исследованиях доктор технических наук А.И. Бурьянов и сотрудники его лаборатории /51-52/.

Использование математического моделирования процесса в виде агрегатов также может использоваться в качестве системного метода управления надежностью. А.С. Каменский под режимом эксплуатации предлагает рассматривать параметры F агрегата (/154/, рис. 7), каждому из которых соответствует некоторая совокупность реакций машин, в динамике имеет место изменение технического состояния машины.

Подобное рассмотрение неизбежно подводит к понятию “марковские цепи”, используемые при системном моделировании надежности. В технических приложениях моделей надежности также используются общеизвестные стоха-

стические дифференциальные уравнения (СДУ), имеющие вид для процессов диффузионного типа /154/

$$dx(t) = a(t) + b(t)dw(t) \quad (1.9)$$

$$dx(t) = X(X_0,t)dt + j(X_0, t)\, dw\,(t) \quad (1.10)$$

$$dx(t) = a(x(t),)dt + b\ x(t), t\ dw(t) \quad (1.11)$$

где ***a(t), b(t***) - случайные процессы, не зависящие от будущих значений винерского процесса ***w(t)*** (т.н. "неупреждающие процессы");

x(t), j(t) - детерминированные функции.

Данные модели позволяют управлять двумя факторами - эксплуатационным (интенсивностью реакций на внешние воздействия) и технологическим (исходное качество и однородность).

1.5.5. Рассмотрели вероятностные методы, так как именно они предполагаются возможными для реализации системных методов управления. В ряде работ предлагается использовать вероятностные аспекты работы МТА и транспортных средств, а также ТО и ремонта, так как надежность и эффективность технологического процесса ЭМТП определяется стохастическим взаимодействием машин: системой элементов, задействованных на операциях, которые могут быть как последовательными, так и параллельными, но чаще – комбинированными.

Применение методов теории надежности и марковских процессов характерно для исследования эффективности и надежности ЭМТП. Они определяется как взаимодействие операций – агрегатов. Исследование взаимодействия параметров надежности агрегатов выполнялось в ВИМе /371-374/. Получены интересные результаты применительно к МТА, составленных из машин различной готовности. Обычно в этих случаях применяется следующее выражение для стационарного значения вероятности работоспособного состояния (коэффициент готовности ***Кг***)

$$K_г = P_{12} = 1/(\ 1+\lambda_{12}/\lambda_{21}), \quad (1.12)$$

где λ_{12} и λ_{21} - соответственно интенсивности переходов конструкции машины из работоспособного состояния (1) в неработоспособное (2) и обратно /374/.

Если машина в МТА отказывает независимо от других машин, «граф состояний можно представит, - отмечал А.Н. Разумов, - совокупностью графов состояний входящих в него машин. В этом случае стационарное значение вероятности работоспособного состояния МТА P_{12a} в соответствии с теоремой умножения вероятностей независимых событий вычисляется по следующей формуле:

$$P_{12a} = \prod_{n=t}^{N=1} P_{12П} = \prod_{n=1}^{N} [1/(1 + \lambda_{12П}/\lambda_{12П})\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots \quad (1.13)$$

где $n = 1,2,\ldots, N$ - индекс машины в МТА.

Как сумма вероятностей рассматривается случай, когда отказ любой входящей в него машины выводит из строя весь МТА. Отмечая несовершенство данной методики расчета Кг для случаев, когда машина имеет более двух состояний, А.Н. Разумов приводит полный граф состояний и переходов конструкции сельскохозяйственных машин /372/. А также расчетную формулу для стационарного значения вероятности работоспособного состояния машины

$$P_{1J} = 1/[1 + \sum_{i=1}^{J}(\lambda_{1i}/\lambda_{i1})] \qquad (1.14)$$

где $i = 1, 2,\ldots, J$ -индекс состояния машины, в котором она неработоспособна.

Для оценки данного показателя использованы модели надежности, известные из теории надежности. Применение данных моделей возможно на базе методов теории марковских процессов, в частности, связывающих состояния и интенсивность переходов машин из состояния в состояние. МТА является элементом технологических систем машиноиспользования, поэтому возможна разработка подобных моделей для системы эксплуатации МТП в целом. Распространение отмеченных методов теории надежности, дополненных аппаратом теории марковских процессов, с применением системного подхода позволит получить новые зависимости изменения надежности и эффективности. В этом плане представляют интерес исследования профессора А.Ф. Скробача, выполненные для условий Северо-Запада России и обобщенные им в докторской диссертации /433/.

В указанной работе применен аппарат ТМО, МТА рассмотрены как СМО, изучены и идентифицированы потоки требований на обслуживание, механизм технического сервиса, однако рассмотрены не все состояния МТА, отмеченные А.Н. Разумовым.

Методы ТМО были использованы в трудах ряда ученых для описания процессов технического обслуживания и ремонта машин /10, 17, 126, 281, 372, 373, 374, 438 и др./

Общая схема применения метода и зависимости имеются в математической литературе, а указанными авторами они были применены в конкретных случаях.

Наиболее близкой к проблеме моделирования технологических систем ЭМТП является практика моделирования сборочно-распределительных процессов /52/. Анализируя данную проблему, основатель рассмотрения сборочно-распределительных процессов в сельскохозяйственном производстве методами теории сложных систем доктор технических наук А.И. Бурьянов отмечал, что традиционно при проектировании поточных линий расчет вели, исходя из необходимости соблюдения равенства потока, когда потенциальная производительность $(W_1, W_2, \ldots, W_i)$ каждого последующего звена равна или больше предыдущего. При этом предполагается, что при $W_1 = W_2$ простои равны нулю /52/. Для процессов производственной и технической эксплуатации технологи-

ческих систем продолжительности выполнения операций носят стохастический характер, что приводит к простоям даже при равной производительности фаз процесса. Доктор технических наук А.И. Бурьянов, отмечая наличие по этой причине простоев транспортных средств, предложил и обосновал механизм компенсации: накопители и компенсаторы. По аналогии для сферы технического сервиса вопрос не решается, так как нет компенсатора и накопителя заявок на ТО и ремонт, сам момент наступления которых, вид, отказавший агрегат и продолжительность обслуживания заявки (восстановления) неизвестны, поэтому модели и методы в данном случае имеют другой вид.

Отмечая недопустимость детерминированного подхода, А.И. Бурьянов предложил использовать математическую модель на базе агрегатов, разработанных методами идентификации дискретных систем – ПММС (аналог GPSS).

«Функционирование поточных линий может быть адекватно описано с помощью аппарате теории массового обслуживания», - отмечал проф. А.И. Бурьянов. Аналогичные выводы получил профессор В.Ф. Скробач. Данные метод является аналитическим, вероятностным.

Интересные результаты получены при описании процессов ТО и ремонта методами теорий надежности и марковских процессов в работах Н.И. Агафонова, А.В. Ленского, А.Э Северного, В.И. Черноиванова, С.С. Черепанова, В.М. Михлина, М.А. Халфина, К.Ю Скибневского, А.А. Поляка, Н.Е Евтюшенкова, Н.И. Чупринина, Н.И. Лимарева и др. Однако сложные процессы производственной эксплуатации МТП требуют для рассмотрения системных проблем эффективности и надежности применения указанных выше методов: теории сложных систем, метода ПМДС (GPSS), теории агрегатов.

1.5.6. Машинная имитация (другие названия: метод статистического моделирования, метод Монте-Карло) технологических процессов и систем разработана профессором Н.П. Бусленко и получила распространение во всех отраслях науки, в частности, в сельском хозяйстве – в трудах докторов наук и профессоров А.И. Бурьянова, Ф.С. Завалишина (методы расчета производственных процессов в сельском хозяйстве), В.Д. Игнатова (имитация резервов УТЗП и др.); Ю.Н. Блынского, а также А.Н. Комзанова, Э.А. Финна (моделирование поточной уборки); Ю. Ф. Ладыгина, Ю. Я. Маренича (имитация моделирования заготовки кормов, УТЗП); А.М. Крикова (имитация производственных линий); Г.А. Лишнего (специализированная система имитация производственных процессов в сельском хозяйстве); Л.М. Сергеевой, Л.Д. Пасечной и др.

Разработка общих методов теории и практики применения методов системного анализа, в т. ч. статистического моделирования, была выполнена академиком РАСХН Э.И. Липковичем**.**

Дальнейшим развитием методов является разработанный доктором технических наук А.И. Бурьяновым аппарат применения теории сложных систем. Использованный в работах А. И. Бурьянова абстрактный объект «агрегат» показывает переходы из состояния S_{i5} в состояние S_{i6} и наоборот; связи между со-

стояниями, входами и выходами. Агрегат находится в состоянии S_1, при этом его координаты:

основные $\gamma_1, \gamma_2, \ldots, \gamma_7$; дополнительные $z_1, I_2, \ldots z_{40}$. Гиперплоскости, определяющие выход элементов за границу области существования

$$z_i = 0; Z_j . 0; i = j; i, j = 1\ldots5; i, j \neq 4. \quad (1.15)$$

Преобразование при выходе за границу – это вектор случайных переменных η_1^1, η_2^2 и вектор /52/

$$\{Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, \eta_1^1, \eta_2^2\} \quad (1.16)$$

Доктор технических наук А.И. Бурьянов также привел /52/ разбиение данного пространства на области, определяющие наступление событий.

Однако не уточнен физический смысл выхода за границу, не определен объект, который передвигается по марковской цепи событий. Целесообразно, на наш взгляд, с точки зрения энтропии рассмотреть физическую сущность выхода параметра за границу устойчивости, определить движущийся по марковской цепи объект как транкзакт, что позволит описать функционирование системы эксплуатации МТП (машиноиспользование).

Затем рассмотрели выполненные исследования надежности и эффективности систем машиноиспользования. Доктор наук А.В. Шпилько, отмечая снижение количественных и качественных параметров МТП АПК, технологического уровня аграрного производства, констатировал уменьшение валового производства сельскохозяйственной продукции пропорционально технической оснащенности сельских товаропроизводителей и увеличение потерь продукции до 20% по причине “свертывания машинного производства продовольствия”. Минсельхозпродом РФ прогнозируется ежегодное уменьшение урожая на 15...25 млн. тонн из за устаревшего парка машин, если он не будет поддерживаться и обновляться. В условиях сокращения МТП важнейшая проблема - повышение эффективности работающего парка машин, обеспечение требуемого ТО, хранения , ремонтов, развитие инженерно-технических служб создающихся МТС /508/.

При оптимизации машинно-тракторного парка СХП и его пополнении необходимо отдавать предпочтение ресурсосберегающим машинам большой единичной энергонасыщенности и высокого технологического уровня, рассчитывать структуру и численность техники с учетом маркетинговых исследований, заявок на инженерные услуги. Минсельхозпродом РФ сформирована и долговременная программа (до 2006 г.) поддержки и развития инженерно-технической сферы АПК, основанная на мировом опыте и учитывающая особенности России. Основное направление реализации программы - формирование активно действующего парка машин и оборудования, позволяющего освоить новые технологии в хозяйствах всех форм собственности, включая эффективное использование машин и их эффективное обслуживание /247, 358, 387, 453/.

К важнейшим направлениям относятся не только проблемы разработки системы машинных технологий, но и разработка новых рыночных форм концентрации использования растениеводческой техники, а также рекомендаций по использованию техники, выработку и распространение информации о производственной и технической эксплуатации МТП /386, 387/. Очевидно, что казанную информацию необходимо формировать, в том числе и по результатам обоснования методов обеспечения эксплуатационной надежности машин.

Академик В.М. Кряжков отмечал, что для кардинального повышения надежности и качества машин был создан межотраслевой научно-технический комплекс (МНТК) АН СССР “Надежность машин с головной организацией - институтом машиноведения им. А.А. Благонравова (ИМАШ), отраслевой научный комплекс (ОНК) с головной организацией ВИМ и др. ОНК, в направления работы которых ощущается необходимость в настоящее время. Направление повышения качества и надежности машин обеспечивается разработкой комплекса мер в сфере производства, эксплуатации и ремонта техники, развитием методов обеспечения надежности в условиях эксплуатации. Проведение НИОКР по системе ТО и ремонта координируется ГосНИТИ.

Совершенствование инженерно- технической ифраструктуры АПК научно-практическая конференция “Научно-технический прогресс в инженерной сфере АПК России” поставила в ряд первоочередных задач и постановила “просить приоритетно профинансировать” данное направление агроинженерной науки, в том числе разработку нормативно-технической документации для обеспечения функционирования производственно-технического сервиса сельских товаропроизводителей /386, 387/.

Таким образом, направление НИР по обеспечению эксплуатационной надежности и эффективности технологических систем машиноспользования, в том числе посредством развития инженерно-технической инфраструктуры, является не только актуальной, но и перспективной проблемой современного аграрного производства.

1.5.7. Изучение состояния вопроса показало, что содержание системного подхода при исследовании технических технологических процессов состоит в том, чтобы: не была упущена ни одна производственная задача, выявлены и взаимоувязаны все операции технологического процесса и элементы системы, оптимально сочеталась централизация и децентрализация, учитывались внешние рыночные условия производства сельскохозяйственной продукции. Очевидно то, что данное утверждение относится и к технологическим процессам эксплуатации МТП. Системные признаки объекта исследований включают в себя следующие свойства: целостность, стабильность (устойчивость) параметров функционирования, композицию (элементы и отношения между ними), системопорождающее противоречие и цель (целевое состояние, функция цели, критерий эффективности и др.).

В данном случае цель служит объективным критерием отбора из внешней среды всех необходимых и достаточных элементов, образующих систему. Система создается по этапам с учетом того, что большая часть характеристик и

показателей эффективности отмеченных систем прямо или косвенно учитывают надежность /269/.

Показатели надежности определены стандартом. В качестве показателя установлена количественная характеристика одного или нескольких свойств, составляющих надежность объекта. Показатели надежности определяют по параметрам, характеризующим работу объекта во времени, средняя наработка на отказ, время восстановления работоспособности, наработка до предельного состояния, число отказов за наработку /190/.

В качестве полной функции показателей надежности, отмечает академик РАСХН В.М. Кряжков, используется функция распределения или плотности вероятностей параметров этих показателей. В работе были использованы опытно полученные точечные характеристики распределения.

В работах Академика В.М. Кряжкова исследованы такие показатели, определенные стандартом, как показатели долговечности (ресурс, срок службы), безотказности (параметр потока отказов, наработка на отказ, вероятность безотказной работы), ремонтопригодности (отражает затраты труда и средств на ТОРХ), сохраняемости. Применимы и комплексные показатели /190/. “На надежность техники решающее влияние оказывают условия эксплуатации - отмечал академик В.Н. Кряжков. В связи с этим эксплуатационным мероприятием, обеспечивающим заданные доремонтные и межремонтные сроки... должно уделяться первостепенное значение”. В качестве основных направлений академик РАСХН В.М. Кряжков отмечает:

- своевременное проведение производственной обкатки и подготовки ТА к полевым работам; диагностирование, организация ТО и проведение периодических ТО;
- обеспечение нормального режима работы МТП;
- соблюдение стандарта на хранение;
- создание необходимой инженерной инфраструктуры;
- эффективность использования машин и обеспечение их качественной и надежной работы силами инженерно-технических служб.

Рассматриваемая система характеризуется эффективностью и надежностью. Эффективность системы зависит от времени ее нахождения в работоспособном состояниям, от функциональных и параметрических отказов. Вероятность возникновения последних может быть уменьшена, а вероятность выполнения заданного объема сельскохозяйственных работ в агротехнические сроки - увеличена при условии оптимизации структуры и механизма функционирования системы машиноиспользования и инфраструктуры технического сервиса.

Недостаточная эффективность связана с несоответствием параметров отмеченных систем естественно-технологическим условиям эксплуатации, что вызвано двумя группами причин: конструктивные недоработки комбайнов, тракторов и комплекса машин к ним; недостаточное свойство системы в целом сохранять (в течение характерных периодов полевых работ) в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции /154/.

Анализируя пути становления и перспективы системного подхода к получению количественных оценок надежности и эффективности машиноиспользования, А.Ф. Кононенко отмечал, что механизация понимаемая как синтетический процесс, является самым крупным потребителем ресурсов - финансовых, материальных, трудовых. Рациональное распределение ресурсов между фазами жизненного цикла техники позволит сэкономить значительные средства. Данная задача - неординарная и сложная. Принципиальная возможность ее решения определяется развитием методов системного анализа, позволяющим количественно описать эффективность в зависимости от параметров, основным из которых является надежность /154/.

Необходимость применения системного анализа определена проблемой количественной оценки с применением традиционных методов, так как процессы формализовать сложно. Рассматривая структуру формирования уровня эффективности, отметили значимость блока эксплуатационных затрат и потерь; они являются причиной снижения показателей. Если требуемый объем работ по техническим причинам не выполняется, это свидетельствует о том, что действующий ресурс машин не соответствует потребности в ней, и на стыке требуемого и действительного ресурсов формируется количественная информация, причем можно уменьшить требуемый ресурс или увеличить имеющийся. Действующий ресурс представляет собой разницу между номинальным МТП и отказавшим МТП. Увеличивая этот ресурс за счет методов поддержания надежности в эксплуатации, можно повысит эффективность /154/. Поэтому для реализации системных методов необходимо получить количественные характеристики технологической системы машиноиспользования и найти оптимальное распределение факторов системы по критерию эффективности, на основе системного анализа.

1.5. Зарубежный опыт обеспечения эффективной эксплуатации систем

1.6.1. Вначале рассмотрели влияние рынка продовольствия на развитие ферм и оснащение их техникой. В Российской Федерации в последние годы происходит резкое сокращение сельскохозяйственного производства, вызванное приватизацией, распространением рыночных отношений. Пропорционально падает оснащенность села техникой, возрастает средний срок использования МТП; его износ достиг 80 %, увеличивается импорт продовольствия. Данная тенденция чревата потерей продовольственной безопасности /71, 92, 261, 334/ и импортозависимостью.

Исходя из этого, рассмотрели методы решения указанной проблемы в странах с рыночной экономикой, в том числе механизмы производства сельхозпродукции в связи с эксплуатацией техники в сельском хозяйстве.

При изучении зарубежного опыта исходили из следующей гипотезы: интересы продовольственной безопасности ведущих мировых государств направлены на устранение импортозависимости, навязываемой мировым зер-

новым рынком, указанная проблема решается применением систем машиноиспользования, имеющих механизмы обеспечения эффективности и надежности.

Известно, что США и другие страны приняли ряд законов, регулирующих производство сельхозпродукции, которые стали основой фермерской системы хозяйствования, себестоимость продукции фермеров поддерживается за счет новых технологий, обеспечивающих эффективность и надежность машиноиспользования.

Отметим сразу, что наличие регулирования цен на шесть групп продовольствия (практически все, кроме табака и виноделия) подтвердили в частных беседах работники министерства сельского хозяйства США. Основные законы были приняты, начиная с 1862 года, когда было упорядочено распределение земли между гражданами, создана нормативная база сети сельскохозяйственных колледжей и университетов.

В 1929 году в США были приняты регулирующие законы о поддержке доходов фермеров, о сельскохозяйственном маркетинге, о кредитной политике и др. /107/.

Основные сельхозтоваропроизводители в США и других зарубежных странах - фермеры. Коллективные хозяйства "мошавы" и "кибуцы" есть только в Израиле. Российский тип сельхозтоваропроизводства в виде реорганизованных колхозов и совхозов больше нигде не встречается. Отсутствует в мире и аналоги Российской “инженерной службы реорганизованных колхозов и совхозов”.

Рассмотрим размеры ферм - основной фактор масштабов применения техники. Американские фермы - растущие предприятия. Во время первой переписи населения США 94% населения жило на фермах, девять занятых на селе кормили одного жителя города. В 1940 году существовало 6.0 млн. ферм со средним земельным наделом 67 га. В 1970 году в США на фермах работало более четырех млн. человек, проживало 3.6% населения страны. К 1978 году осталось 2.8 млн. ферм со средней площадью 160 га. В настоящее время средний размер ферм в США - 190 га, в Канаде - 270 га, Франции - 28 га, Германии - 17.5 га, Швеции - 28 га, Великобритании - 68 га. В Восточной Европе эффективно работают средних размеров фермы. Например, в Польше средняя площадь фермы равна 60 га /71, 497, 522/.

Укрупнение ферм произошло в результате совершенствования средств механизации и развития МТП. Приобретая более производительную технику, фермеры могли увеличить обрабатываемую площадь фермы, что и делали, приобретая землю в собственность или беря в аренду. Обеспечению фермеров техникой стало возможным благодаря регулированию рынка зерна и принятия специальных федеральных программ, а также благодаря повышению доходов ферм. Сельское хозяйство Канады и других развитых стран также законодательно защищено /115/.

Основой доходов сельского хозяйства является зерновое производство. Анализ производства зерна показал, что среди стран, имеющих развитое сельское хозяйство, особое место занимают США и страны Евросоюза. Интересно

отметить, что ежегодное производство зерна на территориях США, Евросоюза и СССР были примерно равны.

С распадом СССР производство зерна в России сократилось в три раза, урожайность - в два раза при сокращении посевных площадей /114/. За рубежом сокращения производства зерна не наблюдается. К примеру, баланс зерна и прогноз производства Евросоюза, по данным "Agra Europe", показывает рост валового сбора зерна с 1994 по 2005 годы с 172.2 до 213.2 млн. т., потребление пшеницы достигнет 90.8 млн.т, или 78.5 % производства. С середины девяностых годов возросло потребление на 8 %, предполагается дальнейший рост на 3.2 % к 2005 г. (до 177.9 млн. т). Рост производства зерна превышает потребление, по этой причине возрастает интервенционный запас зерна и от 11 до 16 млн.т зерна ежегодно экспортируется. По этой причине Европейская комиссия (КЭС) планирует снижение интервенционной цены закупки зерна на 20 %, что увеличит предложение зерна на мировом рынке. Мировое производство также имеет предложение к росту, что приводит к увеличению его запасов и снижению цены /30, 350/. Рост зернового производства напрямую связан с успехами в эксплуатации техники.

Эксперты журнала "Gereals International" прогнозируют дальнейшее снижение цены даже при росте спроса на зерно среди развивающихся стран. Основной фактор роста предложения - повышение урожайности в США, Китае, Евросоюзе и Восточной Европе. Снижение цены зерна обостряет конкуренцию, значимо влияет на уровень сельхозпроизводства. При меньшей цене на зерно фермерам сложнее приобретать и эксплуатировать технику. Фермеры начинают отказываться от услуг дилеров и сами пытаются выполнять агрегатный ремонт и ТО своими силами. Поэтому правительства способствуют механизации фермерских хозяйств экономическими методами. Страны, не поддерживающие своего сельхозтоваропроизводителя технологически и продвижением продовольствия на рынок, обречены на свертывание товарного сельскохозяйственного производства. В сложившейся ситуации в США прогнозируют снижение экспорта фермерской продукции до 23 %, что будет компенсировано двойным увеличением потребления фуражного зерна с последующим экспортом, в том числе в Россию, животноводческой продукции при поддержке правительства США /92/.

1.6.2. Предположительно сложившаяся ситуация потребует снижения себестоимости сельхозпродукции у нас в стране для сохранения продовольственной безопасности и недопущения импортозависимости России /293/. Исследованию данной проблемы посвящены классические работы ряда университетов США. Основой подобных работ является "парадокс Леонтьева": "Производство товаров, входящих в стандартный набор товаров, экспортируемых из США, требует значительно меньших затрат капитала в расчете на одного работающего, чем импортозамещающее производство товаров, входящих в стандартный набор ввозимой в США продукции"/522/.

Парадокс Леонтьева был подтвержден последующими исследованиями и увязан с простой моделью "2*2*2", теоремами Хекшера-Олина и Самуэльсона

/53, 530/, получила подтверждение в исследования Пенсильванского университета на материалах развивающихся стран, к которым отнесена Правительством США теперь и Россия, импортирующая до 40% потребляемого продовольствия. Импорт расширяется по причине сокращения ВВП аграрного сектора России. Замещение импорта своим продовольствием впоследствии потребует значительных вложений капитала, так что собственный рынок уступать невыгодно. Аналогично замена техники на иностранную приведет к свертыванию вначале сельхозмашиностроения, системы ремонтно-технического сервиса, а затем - АПК России.

Мы установили две основные причины стагнации АПК России - внутреннюю и внешнюю. Последняя, как выявили выше, связана со снижением цены зерна за счет роста его производства. Производство выросло за счет "зеленой революции" (разработка новых сортов, гибридов, генетически измененных культур, средств агрохимии), применения машинных технологий, в том числе эффективной эксплуатацией машинно-тракторного парка.

Внутренняя причина - сокращение производства зерна в прямой пропорции с сокращением МТП. При этом снижается рентабельность и возрастает себестоимость продукции, в структуре которой существенная доля затрат приходится на эксплуатацию МТП. Сокращение данной статьи затрат за счет повышения эффективности и надежности функционирования систем машиноиспользования приведет к снижению себестоимости и повышению конкурентоспособности Российских сельхозтоваропроизводителей. Для России такой путь представляется единственным по следующим причинам.

Зарубежные страны в последние годы наращивают экспорт зерна. Евросоюз использует с этой целью, по свидетельству "Agra Europa", экспортные субвенции. США использует на субсидирование фермеров $130 млрд., что превышает бюджет России в шесть раз. С 1985 года реализуется закон о продовольственной безопасности США, в соответствии с которым за добровольный отказ от посева выплачивается $130 за каждый га /107/, что превышает валовую продукцию с одного га в Ростовской области.

Как результат рентабельности агропроизводства, американские фермеры приобрели производительную технику и обеспечены ее эффективной эксплуатацией. Рентабельными признаны инвестиции в надежность и эффективность систем машиноиспользования, позволяющие повысить производительность труда фермеров и снизить затраты на эксплуатацию МТП /350/.

1.6.3. Рассмотрим, какими методами обеспечивается эффективность и эксплуатационная надежность техники за рубежом. Сельскохозяйственная техника относится к наиболее важным факторам производства на фермах. За последние 60 лет она оказала значимое воздействие на всю сферу аграрного производства: если в США до внедрения машинных технологий восемь фермеров кормили одного городского жителя, то в настоящее время производством сельхозпродукции занято три человека из ста. Доктор экономических наук Драгайцев В. И. (ВНИИЭСХ), обобщая опыт машиноиспользования ФРГ, Австрии и других стран Евросоюза, пришел к выводу о том, что "эффектив-

ность сельского хозяйства всех стран определяется в основном его материально-технической базой, уровнем применения новых технологий и техники, количеством используемых ресурсов..., а не видом собственности" /92/, то есть что существует прямая зависимость между объемами производства сельхозпродукции и обеспеченностью МТП. К такому же выводу пришли сотрудники Института стратегических исследований Великобритании. Форум социал-демократических партий Скандинавии в 90-е годы пришел к аналогичному выводу.

Как известно, стоимостная доля техники относительно других ресурсов составляет до 65...75 %. По этой причине методы обеспечения эффективности и надежности ее использования определяют конкурентоспособность и рентабельность производства продукции ферм Западной Европы, США, Канады, Китая, других государств.

Машины используются в настоящее время не сколько для замены ручного труда машинным (поскольку в растениеводстве, к примеру, практически на 100 % все операции механизированы), сколько для сокращения потребности в земельной площади и управляющем факторе /528/. В этом случае решающим фактором является эффективность машинных технологий и эксплуатационная надежность техники.

Как известно из государственного стандарта РФ, исходные свойства машины закладываются при проектировании, обеспечиваются при изготовлении, поддерживаются в процессе эксплуатации машин и восстанавливаются при ремонте. У нас и на Западе надежность техники характеризуется безотказностью, долговечностью, ремонтопригодностью и сохраняемостью, так как надежность - свойство объектов (машин, технических систем, сложных систем) сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, которые характеризуют способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, ТО, ремонтов, хранения и транспортирования (ГОСТ 27.002 - 83).

Но в отличие от России, американские инженеры выделяют не четыре, а три основных свойства, которые соответствуют направления исследования: совершенствование надежности конструкции машин; улучшение организации, технологии и ремонта техники; уменьшение риска фермеров за счет гарантии качества /31/. Данная позиция объясняется не физикой машиноиспользования, но практицизмом, ориентацией научных исследований на решение практических задач повышения доходности ферм.

1.6.4. Следующим вопросом рассмотрения были методы обеспечения надежности техники для ферм при проектировании и изготовлении.

Анализируя опыт развитых стран и республик СССР, академик В. М. Кряжков констатирует, что повышение надежности техники при ее создании сокращает потребность в запасных частях, ремонтах и ТО. Это приводит к повышению эффективности использования тракторов, снижает объемы ремонта и ТО. Испытания техники выявили более высокую, в сравнении с Российской, надежность техники, производимой в странах Евросоюза и США. К примеру,

сравнительные испытания отечественной и Западной техники, проводимые в масштабах всей страны на сети МИС, включая ЦМИС, обобщенные во Всероссийском институте механизации, показали на порядок более низкие показатели надежности отечественной техники. Особенно низкими были показатели по зерноуборочным комбайнам, плугам, культиваторам, зерновым сеялкам. Исключение составляла машина "Полесье", при создании которой была реализована государственная программа обеспечения надежности. Для повышения надежности техники была разработана программа "Надежность машин", в реализации которой, в том числе в разделе эксплуатационной надежности, участвовал ВИМ /191/.

Наличие такой программы доказывает существование проблемы отставания технического уровня отечественной техники от мирового по надежности, включая показатели долговечности (ресурс и срок службы), безотказности (наработка на отказ, вероятность безотказной работы, плотность потока отказов), ремонтопригодности (затраты труда, времени и средств на ремонт и ТО), сохраняемости (затраты труда на хранение).

Повышение надежности техники при конструировании ведется по различным направлениям. Внедряются принципы блочного конструирования, позволяющие с минимальными затратами времени демонтировать отказавший агрегат, что эффективно для условий фермеров (США) и дилеров (Германия). В процессе создания новых конструкций обобщается статистический материал о фактических затратах на обслуживание машин и потоки отказов, затем оптимизируются затраты на ремонт и ТО, а также срок гарантии и рекомендованный срок службы. Важным моментом является сокращение простоев по причине отказов техники, что сокращает убытки фермеров. Время на ТО уменьшается благодаря применению унифицированных деталей, узлов с постоянной или сезонной смазкой, применяется механизм саморегулирования (тормозов, муфт, передач) и узлы, не требующие регулировки (распределительные топливные насосы и др.) Встраиваются системы внутреннего диагностирования /191/.

Рассмотрим долговечность западной техники по показателю срока службы. На основании обследования 600 ферм установлено, что продолжительность эксплуатации тракторов в Италии распределяется следующим образом до пяти лет эксплуатируется 50 % тракторов, от шести до пятнадцати - 32.5 %. Однако 17.5 % эксплуатируется и далее. Низкий средний срок службы тракторов определяется особенностями состава МТП: в основном это тракторы мощностью от 20 до 60 л.с., так как 76.9 % ферм не превышают по площади пяти га, 6.2 % ферм имеют площадь 5...20 га, только 4.6 % ферм обрабатывают свыше 20 га. Средний срок эксплуатации составляет 7.6 лет. В США, где средний размер ферм по указанным группам составляет соответственно 12.2 %, 18.7 % и 69.1 %, срок службы выше и составляет для тракторов средней мощности 70 л.с. - девять лет, для мощных тракторов - не менее 10...15 лет /521, 532/. В то же время имеются данные о более длительных сроках службы тракторов в США - до 24 лет при среднем - 12 лет /30/.

Для сравнения: фактический срок службы в южных районах России гусеничного трактора в колхозах и совхозах составлял 4...5 лет, МТЗ - 8..10 лет, ЮМЗ - 10...12 лет, энергонасыщенных тракторов 10...11 лет, зерноуборочных комбайнов не более восьми лет. В фермерских хозяйствах техника служит с 1990...1992 г.г. и пока не "списывается". Обследование её состояния позволяет предположить, что срок службы будет значительно выше, чем в колхозах и совхозах, в том числе реорганизованных.

Нетрудно рассчитать, что влияние размера ферм на срок службы составляет 64.5 %. Размер фермы влияет посредством загрузки, использованной мощности, "издержек владения и эксплуатации". Владелец заменяет машину при их суммарном увеличении. В качестве критерия используются вмененные издержки. Зависимости аналогичны Российским. В то же время прослеживается зависимость срока службы от организационно-правовой формы сельскохозяйственного товаропроизводителя и вида собственности. Предположительно эта зависимость возникла в связи с различным обслуживанием, ремонтом и хранением техники фермерами и членами реорганизованных хозяйств. Интересно отметить, что амортизационные отчисления выполняются по другим, рыночным методикам, в отличии от России, где установлены нормативы, которые необходимо соблюдать под страхом наказания. Необходимо пересмотреть подход к определению срока службы машин, заменив тоталитарные методы на рыночные.

1.6.5. Рассмотрев западный опыт обеспечения надежности техники при организации и технологии ее использования и ремонта, сделали следующие выводы.

Эксплуатационная надежность в развитых капиталистических странах реализуется, как и у нас, через долю затрат на ремонт, техническое обслуживание, хранение, производственную эксплуатацию, а также срок службы. В последнее десятилетие значимо возросла стоимость сельскохозяйственной техники. В 1968 году стоимость трактора в среднем составляла (по продажам) $4 700, в 1985 году - $40 700 /150/, в 1993 - $120 000 (материалы стажировки в США). Это связано, с одной стороны, с внедрением в их конструкцию систем автоматики, компьютеров, средств обеспечения комфорта, с другой - с использованием дорогостоящих конструкционных материалов для обеспечения высокой безотказности и снижения потребности в ТО и ремонте сельскохозяйственной техники.

Значимое повышение стоимости сельскохозяйственной техники сократило издержки на эксплуатацию отдельно взятой машины, однако фермеры увеличили затраты на восстановление, так как не в состоянии приобрести новые машины. Восстановление работоспособности основных фондов с 80-х годов стало эффективной и быстро развивающейся отраслью экономики США. Как отмечается в исследованиях ВНИИТЭИагропрома, "в результате индустриализации ремонта, комплексного решения вопросов оснащения и материально-технического обеспечения современное моторoремонтное производство [США] по своему техническому уровню не отличается от передовых маши-

ностроительных предприятий. Это позволяет восстанавливать двигатели, по качественным и ресурсным показателями соответствующие новым, при стоимости 60...67 % от первоначальной их цены". Аналогично обстоят дела и с ремонтом полнокомплектных машин. Не последнюю роль сыграл и заимствованный опыт СССР в области ремонта и ТО /150, 522/.

Интересно отметить в связи с вышеизложенным следующее. Фирмы-производители тракторов и сельскохозяйственных машин, зерноуборочных и других комбайнов вложили в проектирование, изготовление и доводку надежности машин средства, по сравнению с которыми бюджет всей России выглядит небольшим. Применяются высококачественные конструкционные материалы (в России практически нет опыта их использования, так как снабжение сельхозмашиностроения осуществлялось по последней, седьмой , категории, а основным материалом была Ст. 3. Самые дешевые тракторы стоят в США в 6...8 раз дороже аналогов из России и Белоруссии. В 4..5 раз большие средства, чем в действующий МТП, вложены в дилерскую сеть, сервис, информационные системы, ремонтные предприятия (данные министерства сельского хозяйства США). Существующая в США система информационных технологий позволяет за несколько дней изготовить чертежи новой машины, причем чертежи могут существовать только в информационном виде. В ряде ведомств, работающих на Минобороны США, запрещено иметь чертежи в ином виде, кроме как информационном (в памяти ЭВМ). Данные технологии (как показало изучение опыта некоторых университетов США, связанных с оборонными разработками) распространяются в гражданской области. Критическое положение предприятий сельхозмашиностроения не предполагает освоение аналогичных технологий в России в будущем.

Анализ, проведенный учеными Московского аграрного университета им. В.П. Горячкина, показал: в последние годы существования СССР затраты на ремонт и ТО составляли 75 % от стоимости приобретенной новой техники /30/. в то время как за десять лет в США объем затрат на ТО и ремонт МТП возрос на 55.88 %, и достиг 33.33 % от общих затрат фермеров на ремонт техники, оборудования, зданий и сооружений. Затраты на ремонт и ТО составляют около 60 % от стоимости техники фермы /522/, но в денежном выражении с учетом курса доллара у нас сервис дешевле на порядок.

Итак, эффективность использования техники за рубежом определяется издержками, понесенными фермерами на использование техники. Расходы на содержание техники в США принято делить на "затраты владения" и собственно "эксплуатационные затраты" (это совершенно не соответствует принятой у нас методики оценки эффективности), причем эффективность использования техники в США выше, чем в России. "Издержки владения" - это амортизация, проценты на вложенный капитал, налоги, страхование и обеспечение помещениями для ремонта и хранения. "Эксплуатационные затраты" включают стоимость ГСМ, ремонта и ТО, оплату труда и прочие. Среднегодовые затраты на эксплуатацию в расчете на единицу площади или времени возрастают с ростом срока службы машин (в отличие от "издержек владения", которые по

мере увеличения срока службы машины снижаются). Следовательно, для сохранения уровня "эксплуатационных издержек" постоянными требуется увеличивать интенсивность использования техники /528/. Для справки: амортизация в США исчисляется по другим принципам, чем России. Применение наших нормативных документов по исчислению амортизации искажает экономическое содержание использования МТП, так как обязывает фермеров использовать технику не в экономически выгодный период, а нормативный период.

Основными критериями эффективности машиноиспользования в США является производительность ее использования, экономия затрат при учете производительности фермы и ее обеспеченности пашней. С целью определения эффективности используются основные экономические закономерности рынка, наиболее часто - принципы замещения, концепция вмененных издержек, различия между постоянными и переменными затратами. Для принятия решений по применению техники часто используют разработку частичного бюджета /528/. Исследуется соотношение затрат ("издержки владения" и "эксплуатационные издержки"), соблюдение сроков проведения полевых работ (путем учета потерь урожая), экономию "издержек владения" при найме подрядчиков, выборе из альтернатив: новая или подержанная техника, собственная или арендованная /530/.

Как результат оптимизации затрат на ремонт и ТО, затраты времени фермеров на ремонт не превышают 15 % от сменного времени, в то время как в России - до 40% по причине низкой надежности и 80-ти процентной изношенности МТП. Причина отказов в 56 % случаев -дефекты деталей, случайные отказы составляют- 42%, по вине оператора (фермера или его работника) – 15 %, по вине механика (представитель дилера) – 7 % . В то же время стоимость запчастей составляет до 30 % от стоимости машин, а по энергонасыщенным тракторам - до 50...60 % /30/.

Анализируя опыт эксплуатации зарубежной техники в ЗАО СКВО Ростовской области, получили следующие выводы. Стоимость запчастей в ЗАО СКВО Ростовской области, использующего импортную энергонасыщенную технику, составила 58 % от стоимости новой техники (данные руководителя ЗАО СКВО), то есть закономерность сохраняется и в РФ.

Сервис в США и других капиталистических странах основан на приспособленности к пожеланиям фермеров. Он может бесплатно заменить машину в течение первого периода эксплуатации (что предусмотрено и машин законом о защите прав потребителей, но не реализовано на практике), во втором периоде получить взамен новую машину с 50% скидкой, заменить бесплатно вышедшие из строя узлы, агрегаты, детали. Предусмотрена скидка и при покупке новой машины у дилера взамен изношенной /523/.

Таким образом, дилер не только обслуживает технику, но и торгует ею, причем объем ремонтных работ снижается: все больше фермеров сами ремонтируют технику агрегатным методом (по примеру России). Дилеры выполняют

40...50 % объемов ремонтных работ, 20 % ремонтов делают в мастерских, остальные - на ферме.

Дилерами выступают отдельные предприниматели и корпорации, межфермерские кооперативы и ассоциации, а также отдельные фермеры. Дилеры продают около 60 % запасных частей от общего объема их потребления. Запчасти изготавливаются по технологии фирм- изготовителей соответствующей техники. Через дилеров идет основной объем продаж техники: 90% фирм имеют своих дилеров. Фирмы имеют высокую численность дилеров - до нескольких тысяч.

Один дилер обслуживает примерно такое же количество тракторов, как и одно РТП в России /30/. Возможно, это связано тем, что ВО "Сельхозтехника" создавались на опыте США. Количество дилеров постепенно сокращается, то есть происходит концентрация капитала. К примеру, в США их численность сократилась до 7000. В то же время оставшиеся дилеры диверсифицируют свою деятельность, они начинают продавать и ремонтировать технику различных ферм, то есть становятся "мегадилерами" /524/.

Важным направлением диверсификации является организация восстановления и продажа подержанных отремонтированных машин. Например, в штате Иллинойс можно купить трактор, который новым стоит 120... 140 тыс. долларов, за $70...80 тыс., то есть почти в два раза дешевле. Фермеры покупают такие тракторы, так как дилер отремонтирует его в случае отказа, а по безотказности он работает почти как новый: гамма-процентный ресурс - на менее 0.90 от ресурса нового (материалы стажировки в США).

В России в настоящее время агрессивно работают дилеры американских и немецких фирм (например дилеры фирмы Klaas) навязывая сельхозтоваропроизводителям посредством МТС импортную технику, и используя в своих интересах egjvzyensqe "парадокс Леонтьева". Их дальнейшая работа будет заключаться, как можно предположить из опыта работы указанных фирм в странах Юго-Западной Азии и Латинской Америки, в инвестициях в запчасти и строительство РОБ за счет средств, оплаченных нашими товаропроизводителями, что приведет к дальнейшему снижению рентабельности АПК России и разрушению сельхозмашиностроения.

Рассматривая направление уменьшения риска фермеров за счет гарантии и качества, нетрудно сделать вывод о том, что в данном случае исследуются как вопросы качества и эффективности, так и экономико-организационные вопросы. Качество машин определяется в числе других факторов свойствами надежности, а эффективность, в свою очередь, зависит от надежности и качества продукции. В первую очередь следует отметить прямые гарантии фирм-изготовителей, причем гарантия качества продается как рыночный товар.

К этому понуждает конкуренция дилеров, их полная зависимость от собственных экономических результатов деятельности: дилеры полностью работают на коммерческом расчете и при поставке некачественной техники или некачественной услуги разоряются.

В течение гарантийного срока машина ремонтируется бесплатно; как правило, на время ремонта взамен предлагаются аналогичные машины и возмещаются убытки фермера. В гарантийный период дилер бесплатно выезжает к фермеру и бесплатно делает ТО. Однако фермер сам не может делать ремонт и ТО под страхом отмены гарантии. После гарантии он может воспользоваться сервисом дилера или ремонтировать и обслуживать самому, однако фирмы в сопроводительных документах запрещают фермеру вскрывать узлы машины самостоятельно. Принимаются компьютерные технологии, останавливающие машины при наступлении сроков ТО или предельном износе, неисправности. В Германии фермер имеет возможность неделю поработать на технике бесплатно, прежде чем купить ее. Гарантия дается и на машину, и на запасные части.

Уникальные гарантии предоставляет фирма IBM. Она дает пожизненную гарантию и просит лишь позвонить в случае неисправности в США или Канаду. При ускоренном техническом прогрессе, возможно, такой сервис и гарантии распространятся за рубежом на тракторы и комбайны.

Снижение издержек ремонта достигается оптимизацией ремонтной сети и загрузки, распределением работ с применением ЭВМ и математических методов. Технология оптимизации является приватной, бесплатно не публикуется и не передается. Можно предположить использование аппарата программирования, теории игр, теории марковских процессов. Снижение издержек дилеров достигается оптимизацией уровня запасов запасных частей, машин, применение информационных технологий /525/.

Фирмы-производители в условиях конкуренции вынуждены создавать собственную ремонтную базу, в т. ч. на принципах франчайзинга. Корпорация в этом случае взаимодействует с дилером на договоре франчайзинга, и является франчайзером. Дилер (мелкий предприниматель, ассоциация фермеров, межфермерский кооператив, фермер) выступает оператором, то есть "франчайзи". Экономический интерес оператора - в меньшем риске деятельности, а корпорации - в расширении рынка сбыта без капвложений. Как результат, сложилась система фирменного ремонта, которая в России отсутствует. Она позволяет не только ремонтировать, но и менять изношенные машины на новые. Например, фирма Caterpilar в штате Айова приобретает двигатели мощностью 150...180 л.с. за 15 % стоимости нового, а продает - за 60% стоимости нового. Подобную практику в России пытается реализовать в авто бизнесе ФПГ "Доninвест" и частная компания в сфере ремонта зерноуборочных комбайнов РСМ, однако информация об эффективности данного вида деятельности является коммерческой тайной и соискатель ее не имеет.

Поддержка корпораций и фермеров, межфермерских предприятий в части снижения рисков - использование лизинга. Мировым лидером по объему лизинга являются США. В последние годы 58% всего оборудования в США приобреталось по лизингу. При экспорте техники из США используется хайринг (hiring). Для снижения рисков используется экономический механизм хеджирования продажей и хеджирования покупкой, при этом продается соответствующий фьючерсный контракт /516/. Взаимоотношения между фермера-

ми и дилерами в части обеспечения качества, надежности, эффективности техники, снижения рисков основаны на договорах, принципы и предмет которых не относятся к нашему аспекту исследований, являясь областью права.

Фермеры зарубежных стран для повышения эффективности использования дорогостоящей техники и снижения рисков широко используют кооперацию, принципы которой разработаны В.А. Чаяновым, портрет которого в знак признания заслуг помещен в Оксфордском университете. В штатах Иллинойсс, Индиана, Вирджиния, а по литературным данным - и в других штатах фермерские ассоциации продают и обслуживают фермерскую технику, предоставляют услуги совместного использования техники. Руководители Российской фермерской организации АККОР, изучавшие работу фермеров за рубежом, отмечают подобную практику в США и Европе.

В Австрии свыше 65 тыс. фермеров объединены в товарищества. В Бразилии число фермерских объединений перешло за полутысячу. В Германии распространена межфермерская кооперация в использовании техники, причем заимствован опыт ГДР.

Примечателен в плане констатации преимуществ кооперации доклад N7 Фермерской кооперативной службы USDI США. Изучение законодательных и экономических основ фермерских кооперативов США в сопоставлении с законом РФ "О сельскохозяйственной кооперации" показал их принципиальное различие в методике построения, принципах деятельности, подходах к собственности и налогообложению.

Фермер в США после добровольного вступления в кооператив остается собственником фермы, в отличие от нашего "Собственника" земельной "доли". Фермерская кооперация в использовании техники в РФ за 10 лет на законодательном уровне не подготовлена. Вместе с тем, использование техники по кооперации более эффективно, что признано экономистами в ФРГ после присоединения ГДР /19, 324, 328, 474, 526/.

Однако сопоставительный анализ законодательства не входит в задачи настоящего исследования и не приводится.

1.6.6. Затем был рассмотрен вопрос использования математического моделирования и информационных технологий по материалам стажировки в США. Математическое моделирование используется в США для целей оптимизации задач машиноиспользования и оперативного управления эксплуатацией техники, в том числе в режиме реального времени. Управление эффективностью эксплуатации основано на системном подходе, который определился работами Н. Винера. Разработан математический аппарат исследования операций, системного анализа и системотехники. Развитие данного направления исследований связано с использованием и применением ЭВМ.

Анализ тенденций исследований в области сельского хозяйства, выполненный во ВНИИТЭИагропром и Институте кибернетики, а также ВНИИСИ, показал следующее. В результате системного моделирования научные гипотезы выражаются в форме строгой математической модели, которая служит описанием организационно-технологической проблемы; модель выражает науч-

ную концепцию и реализует подход, одновременно показывая границы его возможностей; модель позволяет решать задачи в наличии альтернатив и неопределенностей; с помощью моделей выбираются стратегии поведения, рациональные режимы функционирования, оптимизируются параметры, делается прогноз на будущее; модель используется для оперативного управления /151, 153, 534/. Для решения задач сельского хозяйства используется аппарат, разработанный для решения задач боевых операций и обороны, в том числе теория игр, теория катастроф, теория марковских процессов и ее приложения, ряд научных дисциплин, объединенных названием "теория сложных систем".

Теория надежности, изложенная в монографии Барлоу и Прошан, решается с применением математического аппарата, разработанного член-корреспондентом АН СССР А.Н. Марковым. Начало прикладных исследований положено работами А. Эрланга. За рубежом широко используются разработки академика Б.В. Гнеденко, профессора Н.П. Бусленко, , профессора И.А. Ушакова, из работ сельскохозяйственной отрасли академика ВАСХНИЛ Н.П. Василенко, академика РАСХН В.М. Кряжкова и др.

Наиболее мощным аппаратом решения задач является применение имитационного моделирования на ЭВМ. Последние достижения в этой области - глобальное моделирование климата, моделирование катастроф, моделирование биосистем, моделирование ядерного взрыва. Однако сложность подобных задач не позволяет воспользоваться аналогией, так как требуется уникальное оборудование, конфидициальный опыт исследований в данной области, значительный бюджет. В США в текущем году на моделирование биосистем ассигновано из бюджета свыше миллиарда долларов.

Изучение опыта и структуры Мэрилендского университета, Мичиганского университета, аграрных научных учреждений США, структуры Nawai Akademy (Annapolis, MG), функционирования Министерства сельского хозяйства США (USDI) показали следующее. Исследования в области сельского хозяйства проводятся в тех же университетах, где разрабатываются новейшие военные технологии, причем может быть, те ми же учеными на коммерческой основе. Аграрные разработки финансируются правительством, а их результаты, исключая "ноу-хау", свободно распространяются.

К "ноу-хау" относятся математические модели и реализующие их программы, которые можно купить, для нас цена недоступна. Совершенно конфидициальна информация, полученная при исследованиях на частных фирмах. Несанкционированное копирование программ в области реализации агротехнологий запрещено законом. Частные фирмы вправе запретить фотографировать, записывать, посещать помещения и территорию. По этой причине анализ истинного положения дел по данному вопросу затруднен.

Однако удалось установить следующее. Прежде всего, широко используются базы данных. С помощью несложных баз данных ежедневно собирается, обрабатывается и передается ценовая информация, в том числе по технике. Дилеры фирм пользуются базами данных для обобщения данных об отказах, потребностях в ремонте и сервисе, заказах и требованиях клиентов. Характер

данных и их обработка позволяют предполагать использование в дальнейшем аппарате теории массового обслуживания, моделей управления запасами, моделей стратегий замен, известных из математики. Аппарат изложен, например, в монографии Thomas J. Schriber (Мичиганский университет). Российский аналог - пакет моделирования дискретных систем.

Базы данных и математические модели используются в работе государственных органов управления. Например, штат Мичиган имеет ВЦ, который занимается сбором и обработкой информации. Формируются не только базы данных, но и строятся оптимизационные модели. Содержание моделей не разглашается. Доступ к информации и в зал с машинами UNIX ограничен. Копии данных хранятся на бумажных носителях (перфолента). Используются компъютерные сети передачи данных через спутники и специальная правительственная связь.

Фирмы используют моделирование использования машин для задач оперативного управления, в том числе в режиме реального времени. В ассоциациях фермеров и у фермеров таких систем не обнаружено. В опытной эксплуатации работают базы данных и системы компъютерных торгов в режиме реального времени со спутниковой связью. Фермеры используют программы для подготовки учетной и бюджетной информации для целей налогообложения. Сама информация обрабатывается, к примеру, в Мичиганском университете. Научные работники, преподаватели самостоятельно разрабатывают по заказам фермеров модели, которые принадлежат разработчикам.

Эти модели можно купить, однако знакомство с некоторыми из них показывает ориентацию на американских фермеров, в России не могут быть использованы. Анализ структуры моделей управления, предоставленной ВИМу Московским представительством фирмы Хьюлетт Паккард, показывает возможности ее адаптации к Российским условиям, но ее стоимость превышает сто тысяч долларов, и она содержит "ноу-хау". Предположительно, ее можно использовать в агрофирмах, но подобного опыта пока нет.

1.7. Цель и задачи исследований

На основании выполненного анализа публикаций о результатах выполненных исследований и опыта реформирования инженерно-технической инфраструктуры сделаны выводы о том, что в качестве рабочей гипотезы, требующей дополнительного научного обоснования, могут быть приняты такие общие направления исследований в инженерно-технической сфере, как распространение теории и практики системного подхода и системного анализа на обеспечение эффективного и надежного функционирования МТП в крупных СХП и в межхозяйственных предприятиях по механизации и ремонтно-техническому обслуживания сельскохозяйственных товаропроизводителей.

1.7.1 В Российской Федерации в последние годы происходит резкое сокращение сельскохозяйственного производства, вызванное приватизацией, распространением рыночных отношений. Пропорционально падает оснащенность

села техникой , возрастает средний срок использования МТП; его износ достиг 80 %, увеличивается импорт продовольствия. Данная тенденция чревата потерей продовольственной безопасности /71, 92, 261, 334/ и импортозависимостью. Реформирование сельскохозяйственного производства существенно изменило ситуацию с использованием техники. Инженерно-технические службы и объекты ремонтно-обслуживающей базы при приватизации не стали основой инженерного сервиса, так как на первый план вышли вопросы передела собственности и выживания за счет ненормированной эксплуатации техники, при минимальном обновлении МТП и свертывании ремонтов и ТО. Инженерно-техническая служба деградировала, а приобретение новой техники сократилось на порядок. Надежность МТП упала, в том числе вследствие запредельных сроков эксплуатации машин, поэтому актуальность обеспечения надежности и эффективности функционирования систем использования машин недостаточной надежности возросла.

1.7.2. Тенденция снижения эксплуатационной надежности тракторов, комбайнов, сельхозмашин подтверждена исследованиями, выполненные в ряде научных учреждений. Альтернативный путь развития технологической системы машиноиспользования - разработка проблемы обеспечения ее эксплуатационной надежности и эффективности, от которых в настоящее время в большей степени, чем от других причин, зависит рост производства продукции. Необходимо создание структур и механизмов функционирования, позволяющих использовать существующую и перспективную отечественную технику в новых условиях и поддерживать показатели работы технологических систем машиноиспользования при отказах отдельных МТА, нарушениях согласованности операций техпроцесса по различным причинам (то есть необходима компенсация функциональных, параметрических, собственных и вынужденных отказов системы машиноиспользования в целом). На основании анализа литературных источников и передового опыта можно предполагать дальнейшее увеличение значения обоснованности принимаемых хозяйственных решений в сфере создания и использования сельскохозяйственных технических систем механизации растениеводства и животноводства, направленных на повышение их эффективности.

Анализ безотказности, долговечности сельскохозяйственной техники и эффективности ее использования позволяет сделать вывод о том, что наибольший интерес в аспекте исследования проблемы эффективности и надежности машинно-тракторного парка (МТП) представляет опыт решения проблемы обеспечения эффективности и надежности системы эксплуатации технических средств в смежных отраслях. Основы теории надежности, ее последующее развитие разработали академики АН СССР Б.В. Гнеденко, А.Н. Колмогоров, В.М. Глущко, проф. Ю.К. Беляев, А.Д. Соловьев, И.А. Ушаков, зарубежные ученые Р. Барлоу, Ф. Прошан и др. Фундаментальные работы в области надежности сельскохозяйственной техники выполнили академики ВАСХНИЛ и РАСХН А.И. Селиванов, В.М. Кряжков , проф. С.С. Некрасов, Ю.Н. Артемьев и др. Значительный вклад в развитие теории и практики эксплуатации и ремонта

внесли академики ВАСХНИЛ и РАСХН А.В. Веденяпин, Г.П. Лышко, Б.С. Свирщевский, М.С. Рунчев, А.Э. Северный, профессора С.С. Черепанов, С.А. Иофинов, Ю.К. Киртбая, И.Е. Ульман, В.Ф. Тельнов, Б.В. Павлов и др. Разработаны теоретические и экспериментальные аспекты надежности машин и их составляющих; менее исследованными остаются вопросы надежности технологических систем в эксплуатации. Последним посвящены работы академика ВАСХНИЛ А.И. Селиванова, проф. А.С. Каменского, В.Ф. Скробач, А.Б.Лурье, П.Б. Прибыткова, а также Г. Какабаева, Н.П. Коробко, Т.Т. Исаевой, В.Г. Озерова. Моделирование с целью обоснования эффективности ЭМТП использовали ряд ученых: Ф.С. Завалишин, А.И. Бурьянов, Ю.Н. Блынский, В.Д. Игнатов и др.

1.7.3. Теорию надежности использовали в качестве теоретической базы для обоснования системы ремонта и технического обслуживания машинно-тракторного парка ведущие ученые в данной отрасли наук: В.М. Кряжков, С.С. Черепанов, И.Е. Ульман, А.В. Ленский, Н.С. Пасечников М.А. Халфин, А.Ш. Рабинович, В. Ф. Скробач и др. Вместе с тем теоретические и методические основы решения данной проблемы с системных позиций исследованы недостаточно. Вопросы системного подхода к обоснованию системы ЭМТП, оптимизации функционирования технологических систем эксплуатации машинно-тракторного парка, использования при этом математических методов рассмотрены в трудах академиков РАСХН М.С. Рунчева, Э.И. Липковича, В.М. Кряжкова, В.И. Черноиванова и др. Однако данные анализа публикаций свидетельствуют о необходимости дальнейшего распространения системных методов исследований на область машиноиспользования в реорганизованных сельскохозяйственных предприятиях.

1.7.4. Анализ технологической системы машиноиспользования показал, что объект исследования подчиняется вероятностным законам; цель функционирования достигается в вероятностном смысле. На основании дальнейшего анализа установлено: объект исследований является статистической, открытой, многофазовой, характеризующейся интенсивными и экстенсивными параметрами системой, представляющей собой совокупность основных и вспомогательных элементов, а также находящихся в обработке предметов труда, ремонтно-технологических материалов и др., объединенных общей целевой функцией, переход которой в более эффективное состояние достигается действием внешних факторов. Таким фактором может быть разработанная вне системы и внедренная в нее обратная информационная связь, включающая в себя ЭВМ с соответствующим программным и информационным обеспечением.

1.7.5. Оснащение техникой эффективно при обеспечении её эксплуатационной надежности. Данные вопросы относятся к компетенции фирм-производителей и дилеров. У фермеров США и Европы инженерно-технических объектов в собственности нет. Вопросы ТО и ремонтов, поставок техники решают дилеры и ассоциации, а также межфермерские кооперативы. Надежность Западной техники выше на порядок, однако стоимость еще выше. При существующем курсе доллара фирмы, эксплуатирующие импортную тех-

нику в России, не в состоянии ее окупить, поэтому используются лизинговые и другие схемы бюджетной поддержки. По сути, таким образом поддерживается зарубежный производитель техники за счет Российского бюджета при разрушении промышленной сферы АПК РФ. Стоимость запчастей при эксплуатации иностранной техники составляет 58% от её стоимости, что соответствует отечественной практике работы с российскими машинами. Инженерная инфраструктура России и зарубежных стран, таким образом, несопоставимы, поэтому необходимы и другие методы ЭМПТ, чем на Западе. Может быть весьма полезным опыт применения информационных технологий и математического моделирования для целей обеспечения эффективности и надежности ЭМТП.1.7.6. На основании изложенного была выдвинута научная гипотеза: предполагали возможной разработку системных методов обеспечения устойчивости показателей надежности и эффективности функционирования систем эксплуатации МТП, исходя из физической сущности изучаемого явления, на базе теории, обосновывающей предпосылки устойчивости показателей надежности и эффективности отмеченных систем с единых методологических позиций на базе учета ее физической сущности.

1.7.7**.** **Цель исследований**: основываясь на анализе структур и механизмов функционирования технологических систем использования сельскохозяйственной техники, разработать основы теории обеспечения их эффективности и надежности, обосновать принципы и предпосылки создания из существующих и перспективных технических средств технологических систем с повышенными показателями функционирования, позволяющих: выполнять полевые работы в заданные сроки; сократить продолжительность текущих ремонтов; создать условия для развития эксплуатации машинно-тракторного парка в рыночных условиях. Задачи исследований:

♦ сформулировать принципы обоснования соответствующих производственно- технологических и математических структур и классифицировать задачи и методы математического описания;

♦ разработать математические структуры и алгоритмы моделирования систем машиноиспользования на уровнях: арендного коллектива; подразделений; сельскохозяйственных предприятий и их объединений;

♦ обосновать предпосылки обеспечения устойчивости эффективности и надежности, принципов синтеза технологических систем машиноиспользования;

♦ предложить общую методику исследования эффективности и надежности технологических систем, которая может быть положена в основу соответствующих частных методик исследования задач производственной и технической эксплуатации машин в сельском хозяйстве;

♦ изыскать методы и разработать теорию их применения для обеспечения заданных параметров эффективности и надежности технологических систем;

♦ апробировать результаты исследований производственной и технической эксплуатации машин в сельском хозяйстве.

Объект исследований: технологический процесс ЭМТП пользования в сельскохозяйственных предприятиях различных форм собственности.

Предмет исследований. Закономерности функционирования технологических систем машиноиспользования в рыночных условиях, принципы и предпосылки создания отмеченных систем на основе информационных технологий, предусматривающих идентификацию объекта исследований, в том числе описание входящих и выходящих стохастических потоков и математическое моделирование вероятностных процессов в системе, с применением современных ЭВМ.

Научная гипотеза исследований. На основе анализа следствия теоремы Мура-Шеннона и опыта построения систем в смежных отраслях предполагался возможным синтез надежных систем машиноиспользования из технических средств недостаточной надежности, эффективность и надежность которых может быть обеспечена оптимизацией методов эксплуатации на базе математического моделирования.

Научная проблема состояла в отсутствии обоснованных для условий рыночной экономики эксплуатационных методов обеспечения надежности и эффективности систем ЭМТП и адекватных математических моделей на базе системного подхода.

2. НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Основы рассмотрения организационной системы

2.1.1. Объект исследования представляет собой совокупность множества существующих в фазовом пространстве состояний системы элементов (автомобилей, тракторов, сельскохозяйственных машин, комбайнов, средств технического обслуживания и ремонта, а также их узлов, агрегатов, механизмов, деталей, обрабатываемого материала, трудовых ресурсов).

Движение элементов можно считать упорядоченным том случае, если исключено влияние случайностей: например, траектории движения деталей машин упорядочены наложенными связями, ограничивающими степени свободы. Однако динамика движения подвержена случайностям из-за неоднородности обрабатываемого материала, износа и др. Маршруты, скорости движения технических средств в общем виде предсказуемы, но в деталях составить реализованный впоследствии план их работы практически невозможно из-за изменения погодных условий и состояния предмета труда, возникающих неисправностей техники и непредвиденных приостановок выполнения работ; индивидуальных особенностях водителей и механизаторов.

Например, в сельскохозяйственном районе Ростовской области в среднем занято 10^4 технических средств и рабочей силы, порядка $5*10^7$ элементов и деталей, которые участвуют в относительном и переносном движениях, порядка 10^{17}-10^{18} отдельных элементов обрабатываемого материала (зерен, стеблей и т.д.).

Таким образом, система эксплуатации машинно-тракторного парка в напряженный период полевых работ состоит из 10^{17}-10^{18} движущихся с той или иной степенью неопределенностью элементов, совокупное поведение которых подчиняется вероятностным законам. Так как изучаемая система отличается целенаправленностью, то цель функционирования достигается в вероятностном смысле. К примеру, валовые сборы зерновых, понесенные потери урожая изменяются по годам и не всегда в желаемую сторону, несмотря на целенаправленное управление.

Рассматриваемая система: обменивается с окружающей средой массой, энергией; характеризуется многофазовостью (соответственно технологии возделывания культур и др.); совокупностью входных и выходных параметров. Последние можно разделить на интенсивные (сменная и дневная наработки, расход горючего на один гектар, стоимость обработки одной тонны

материала), которые не зависят от размеров системы, и экстенсивные (валовый сбор, масса внесенного удобрения и др.).

Известно, где и какие бы изменения не происходили в материальных макроскопических системах (состоящих из множества элементов, совокупное поведение которых подчиняется статистическим законам), всегда они сопровождаются теми или иными изменениями энергии и энтропии /7/. Следовательно, изучаемый процесс может быть исследован как энергоэнтропийная система с помощью составления и изучения соответствующих балансов, на основе применения критериев эффективности для выбора (обоснования) рациональных вариантов.

2.1.2. Рассмотрели общеизвестные энергоэнтропийные законы применительно к системе использования машинно-тракторного парка. В соответствии с первым законом (сохранения энергии) ни одна материальная система не может развиваться или функционировать, не потребляя энергии ΔE, которая расходуется на совершение работы W, на изменение внутренней энергии системы ΔU и на рассеивание тепла в окружающей среде

$$\Delta E = \Delta U + W + Q_{ос} \qquad (2.1)$$

Баланс энергии технологической организационной системы
(на примере ЭМТП)

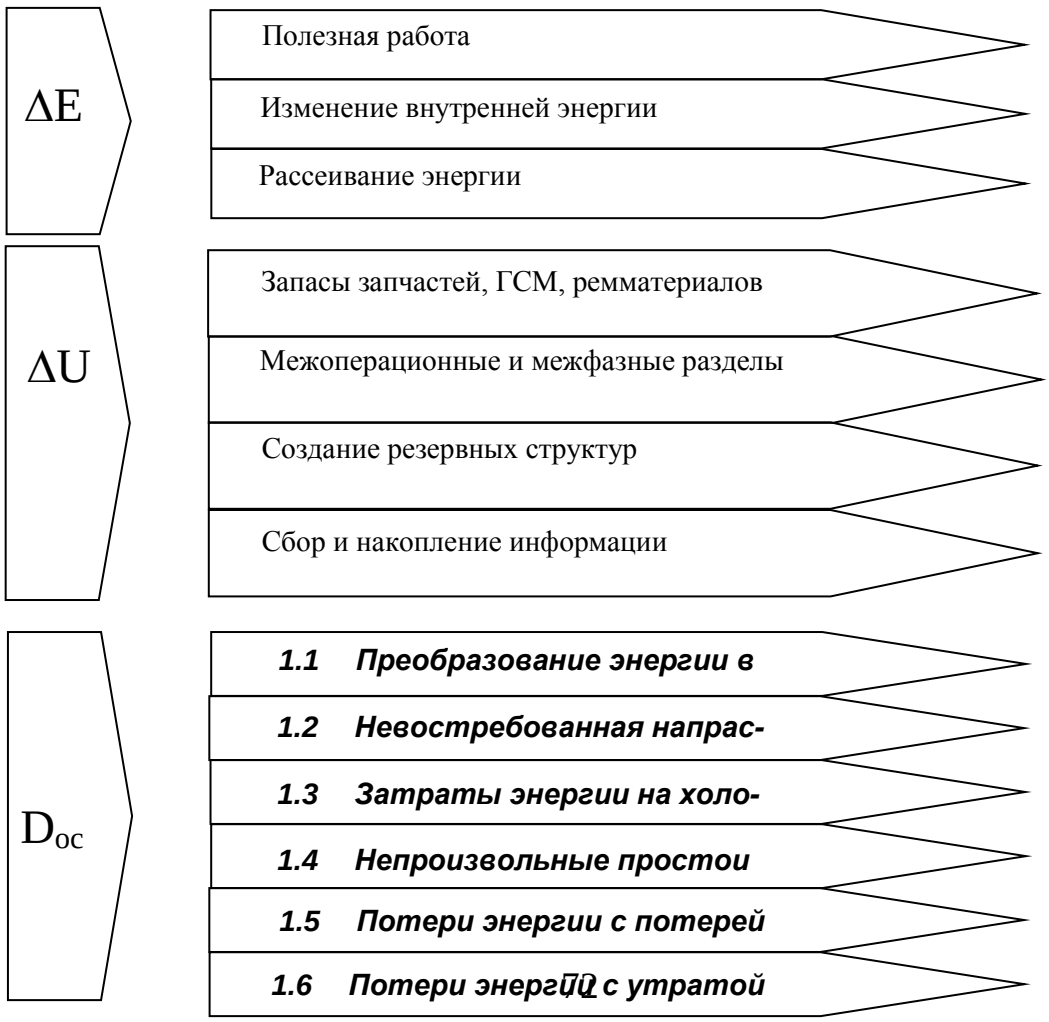


Рис. 2.1

Потребляемая рассматриваемой системой энергия расходуется на обработку массива зерновых культур, очистку зерна, доставку и внесение удобрений, сбор и транспортировку зерна и незерновой части урожая, на упорядочение структуры процесса и сбор информации, технико-

экономическое и организационное обслуживание, управление, а также на изменение внутренней энергии (например, образование запасов) и на рассеивание в конечном счете в виде тепла (потери в узлах трения, при преобразованиях энергии из одного вида в другой, при выполнении оказавшейся впоследствии ненужной работы и при простоях) (рис.2.1). В частности, в соответствии с первым законом (2.1) функциональная система потребляет энергию и информацию, неизбежно рассеивая часть ее при преобразованиях энергии, выполнении оказавшейся впоследствии ненужной работы, простоях, образовании нерациональных запасов, механическом движении технических средств и их узлов. Сохранить рассеивание энергии и внутренних затрат энергии возможно в случаях: оптимизации запасов топливо-смазочных материалов, сменных узлов и агрегатов, межфазных заделов обрабатываемого продукта; сведения к минимуму преобразований энергии; сокращении непроизводительных простоев; устранения ненужных (избыточных) работ; рационального сочетания мощностей основных и обслуживающих (ремонтно-обслуживающих, автотранспортных и др.) подсистем и элементов; сокращения расходов энергии на перекатывание машин и агрегатов (использование специально проложенных полевых дорог и разгрузочных магистралей, снижение собственного веса МТА, применение более совершенных двигателей и рабочих органов, снижение рабочих скоростей и т.д.); совершенствование технологии сбора, передачи, обработки и использования информации, в конечном счете - реализация информационных технологий, снижающих энтропию технологический системы ЭМТП.

2.1.3. В соответствии со вторым законом (возрастания энтропии), разработанным Р.Клаузиусом и В.Томпсоном, реальные изолированные макроскопические системы стремятся самопроизвольно перейти из менее вероятного состояния S_1 в более вероятное S_2 или из более упорядоченного состояния S_1 в менее упорядоченное S_2

$$\Delta S = S_1 - S_2 > 0 \qquad (2.2)$$

где $S = k*lgA$ - энтропия; A - термодинамическая вероятность; k - постоянная Больцмана; k = 1,38*10 Дж/К.

Применительно к реальным объектам системы машиноиспользования /7/ так же соблюдена (2.2), так как абсолютно изолированных объектов в изучаемой системе нет. В соответствии с этим законом детали и узлы, корпусные детали машин, биологический урожай и др. в отдельные отрезки времени "стареют" и изо всех устойчивых стационарных состояний системы,

допускаемых граничными условиями, законами переноса и сохранения, а также вторым законом, реализуется состояние с "минимальным производством энергии" (принцип "минимума возникновения энтропии"). Элементы рассматриваемой системы (совокупности деталей, узлов и др.), в свою очередь, не изолированы полностью, а получают извне информационно-материальные воздействия ΔI (тепловые, химические, биологические воздействия и др., в конечном итоге энергию в той или иной форме), снижающей уровень ее структуры или уровень информации о ней. В этом случае энтропия возрастает не только самопроизвольно (за счет отдельных деталей), но и вследствие внешнего воздействия (погодные условия, ошибочные действия тракториста-машиниста) /7/

$$\Delta S > Q/T; \quad (2.5) \quad \Delta S_{инф} > Q/T_{инф}; \ \Delta S > \Delta E/T_{стр}; \qquad (2.4)$$

где Q - потребляемая энергия; $T_{стр}$, $T_{инф}$ - соответственно энтропия структуры или информации.

В общем случае /7 /

$$dS/dt \geq (1/T) \sqrt{} xi \ j \ dx, \qquad (2.5)$$

где dS/dt - скорость изменения энтропии; j - потоки энергии;

X_{idx} - энергоэнтропийные движущие силы.

В соответствии с выражением (2.5) уменьшение dS/dt возможно при увеличении T (например, увеличение срока службы) и уменьшении потоков энергии и энергоэнтропийных действующих сил (энергосберегающие технологии, рациональная структура и оптимальное функционирование системы на основе использования информационных технологий).

2.1.4. В соответствии со вторым законом (2.2) энтропийные элементы системы переходят в наиболее вероятное состояние: изнашиваются, корродируют, разрушаются, портятся, то есть подвергаются необратимым в данной системе процессам "старения". Следовательно, необходимо подбирать элементы с меньшим значением $\Delta S/t$ (более долговечные); периодически подвергать их внешним, ремонтно-обслуживающим воздействиям; использовать оптимальные стратегии ремонта, в замен, резервирования на основе принципов теории надежности.

2.1.5. В соответствии с третьим законом энергоэнтропики (уменьшение энтропии открытых систем при прогрессивном развитии), энтропия открытых систем, к которым относится эксплуатация машинно-тракторного парка, в процессе их прогрессивного развития всегда уменьшается за счет потребления энергии или информации от внешних источников (так называемая "теорема Нерста")

$$\Delta Sm < Q \ T; \ \Delta S_{стр} < \Delta E \ T_{стр}; \qquad (2.6)$$

$$\Delta S_{инф} < \Delta E \ T_{инф} \qquad (2.7)$$

В соответствии с "теоремой Нерста" энергия систем, служащих источниами энергии и негэнтропии (например, подсистема материально-технического снабжения, подсистема управления, научные концепции и рекомендации), соответственно возрастает.

2.1.6. В соответствии с четвертым законом энергоэнтропики (закон предельного развития материальных систем), изучаемая система при прогрессивном развитии достигает характерного для каждой совокупности внешних и внутренних условий предела, который можно выразить максимальным значением соответствующего вида негэнтропии (-*S*). Использование сельскохозяйственной техники в растениеводстве характеризуется периодами, во время которых создаются соответствующие подсистемы. По окончанию периода они трансформируются. В процессе своего развития система машиноиспользования достигает состояния, которое является нижним уровнем меры энтропии и соответственно устойчивости. При прекращении поступления энергии и информации извне (т.е. когда очередной период сельхозработ закончился), энтропия системы начинает возрастать, и при достижении верхнего уровня меры энтропии прекращает существование в прежнем качестве.

На основании этого можно сделать вывод о том, что более совершенной является система с меньшим временным градиентом энтропии. В предельном случае, в соответствии с этим законом,

$$\text{Lim } \Delta S = -S\max,\ t>A \qquad (2.8)$$

где А - момент реализации *max* негэнтропии /7/.

Развитие объекта исследований должно происходить в направлении все более экономного расходования энергии на функционирование системы ЭМТП и на все большее увеличение негэнтропии технических средств, что отвечает 3 и 4 законам (перспективными являются системы энергоэнтропийно более эффективные).

2.1.7. В соответствии с пятым законом энергоэнтропики (преимущественного развития), в данном классе материальных систем преимущественное развитие получают те из них, которые при данной совокупности внутренних и внешних условий достигают максимального значения негэнтропии. Этот закон начинает действовать с развитием рынка.

В соответствии с законом преимущественного развития более предпочтительны саморазвивающиеся, самоорганизующиеся системы и составляющие систему энтропийные элементы большей долговечности и надежности.

Так как развитие системы происходит за счет внешнего потребления энергии и информации, возможно саморазвитие системы ЭМТП в течение некоторого времени за счет накопленных ресурсов (энергии, информации, резервных структур). Например, система ЭМТП имеет периоды создания,

функционирования и гибели; создается перед циклом полевых работ, самостоятельно функционирует заданный цикл и прекращает существование по завершению цикла. На новом качественном этапе развития системы ЭМТП имеется предел развития, определенный динамикой взаимодействий элементов и уровнем их совершенства. Нового состояния системы можно достичь, изменяя качество технического оснащения, структуру организации и управления: технико-экономическую обоснованность интенсивных и экстенсивных параметров (выработка, состав МТП, уровень запасов и т.д.), элементов и подсистем; принципов управления; направленность и упорядоченность движения (в широком смысле) элементов системы (точность собдюдения: маршрута, технологии и т.п.).

Таким образом, объект исследований является статистической, открытой, многофазовой, характеризующейся интенсивными и экстенсивными параметрами системой, представляющей собой совокупность основных и вспомогательных элементов, а также находящихся в обработке предметов труда, ремонтно-технологических материалов и др., объединенных общей целевой функцией, переход которой в более эффективное состояние достигается действием внешних факторов. Таким фактором может быть разработанная вне системы и внедренная в нее обратная информационная связь, включающая в себя ЭВМ с соответствующим программным и информационным обеспечением.

Приведенные признаки имеют системы, называемые /7/ функциональными. Рассматриваемая функциональная система включает в себя отдельные энтропийные элементы технических средств, которые подвергаются коррозии и изнашиванию.

2.1.8. Под критерием эффективности в широком смысле понимают социально-технические параметры, оценивающие систему качественно и количественно (производительность, устойчивость показателей функционирования, энергонасыщенность и др.) /7/.

Критерии развития ЭМТП (внутренние показатели, изменение которых непосредственно ведет к изменению критерия: сокращение простоев, увеличение наработки и т.п.) зависят от внутренних факторов развития.

Последние можно разделить на три группы: 1- характеризующие материальную основу системы (семена, удобрения, ТСМ и т.д.); 2 - отражающие структурно-функциональное строение (технология, структура парка машин, севооборот и др.); 3 - оценивающие квалификацию и условия труда трактористов-машинистов, водителей и других работников.

Внутренние факторы зависят в свою очередь от внешних: погодных условий, состояния обрабатываемого продукта и т.д.

В случае исследования технологических систем, критерий эффективности которых зависит от взаимосвязанных внутренних ($f_{внутр}$) и внешних ($f_{внешн}$) факторов критерий эффективности выражается в виде /7/

$$E = f\{ f_{внешн}, f_{разв}[f_{внутр}(f_{внешн}), t] \qquad (2.9)$$

где: $f_{разв}$ - критерии развития системы, зависящие от внутренних факторов; $f_{внешн}$ - показатели системы, зависящие от внешних факторов; t - время, причем

$$f = b\,(f)\,t\,; \quad i = 1, 2, 3 \ldots \tag{2.10}$$

Критерий эффективности ЭМТП отражает интегративный процесс, включающий следующие аспекты: совершенствование структуры данной системы, поддержание уровня энтропийных элементов и системы в целом. На наш взгляд, процесс создания новых свойств и деградации имеющихся элементов технологической системы машиноиспользования можно описать на основе теории Марковских процессов /71, 473 / уравнением

$$M(t) = E*K(t) = -\lambda \quad F\,(t) + \mu \quad F_2\,(t); \tag{2.11}$$

где $M(t)$ - модель системы во времени t; $F_1(t)$ - процесс увеличения энтропии системы; $F_2(t)$ - процесс восстановления имеющихся элементов и новых структур; λ - параметр, отражающий случайный процесс деструкции энтропийных элементов; μ - параметр, отражающий процесс восстановления системы и создания новых элементов; K - функция, связывающая критерий эффективности с энтропией системы.

В соответствии с данным уравнением в результате подвода энергии и информации система восстанавливает свои свойства, при этом часть энергии рассеивается в окружающей среде. Процесс восстановления выражается слагаемым $F(t)$.

Описанный критерий эффективности является функцией критерия развития, связанного с внешними факторами: управляющими, конструктивными, возмущающими, а также входными параметрами. Критерий эффективности технологической системы машиноиспользования - результат сложного интегративного процесса убывания годности (возрастания энтропии) и возобновления (восстановления) имеющихся ресурсов: ремонта, технических, технологических и др.

Восстановления (возобновление) ресурсов происходит с рассеиванием энергии, с различной интенсивностью для различных элементов и подсистем с несовпадающими временными циклами (рис. 2.2).

2.1.9. Сельскохозяйственные периоды использования техники характерны для процесса машиноиспользования, поэтому последний имеет временные структуры, соответствующие этим периодам. Временные структуры создаются из энтропийных элементов и функциональных подсистем, существуют определенное время (продолжительностью сезона работ) и затем распадаются, имея циклы создания, функционирования и распада (рис.2.2).

В идеальном случае процесс интерпретируется с использованием детерминированных зависимостей, однако реальная система как совокупность энтропийных элементов, структуры которых восстанавливаются и совершенствуются с различной эффективностью и не совпадают во времени, может быть интерпретирована как случайный процесс.

В период создания система ЭМТП накапливает негэнтропию. Источником негэнтропии системы ЭМТП является, наряду с топливом и электроэнергией, научные концепции, стратегии, оптимизационные расчеты, принципы и методы управления, технология сбора, передачи, обработки и использования информации, а также активная, инициативная работа участвующих в процессе работников. Негэнтропию последних стимулируют рыночные отношения, участие рабочих в прибыли (акционирование и др.), профессионализм.

Циклы организационной системы на примере дсистемы эксплуатации МТП)

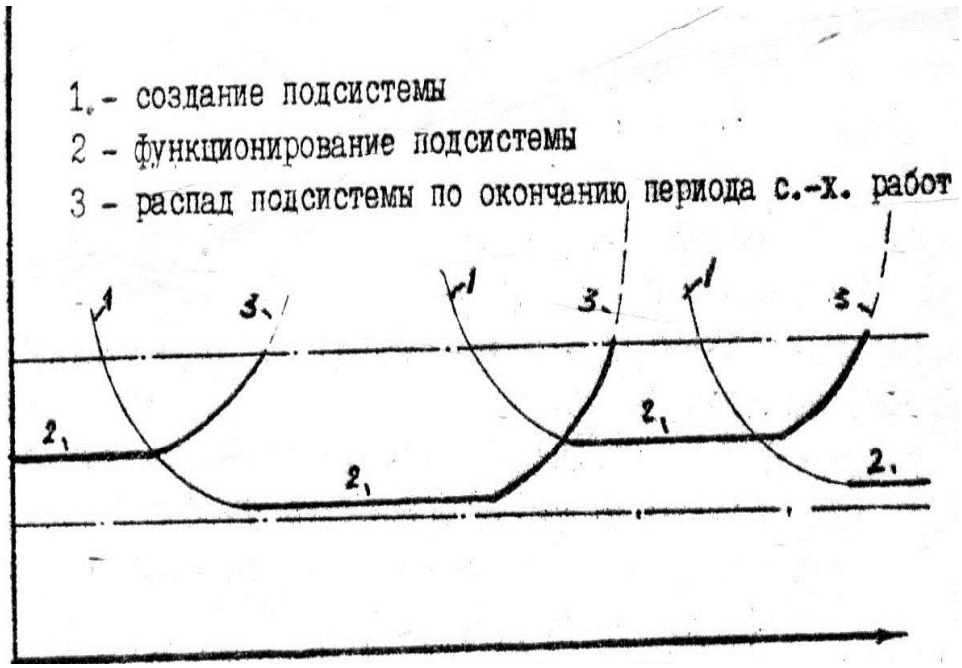


Рис.2.2

Данный пункт является обоснованием предпринятых исследований, предполагающих уменьшить градиент энтропии системы з асчет првнесения извне информации в виде научно обоснованной структуры и режимов работы, введением обратной информационной связи.

Последняя включает в себя потоки информации о результатах труда, технологиях, состоянии предмета и средств труда, средства (ЭВМ) и методы (компьютерные программы, информационные и математические модели) обработки потоков информации, средства и методы "развода" к управляемой системе ЭМТП негэнтропии.

В период функционирования отмеченная система излучает стохастический поток рассеиваемой энергии, в том числе и материальные носители этой энергии в виде потребности возобновления израсходованных ресурсов (технических, технологических). При структуризации технологической системы машиноиспользования в начале очередного характерного периода полевых работ них создаются ресурсы (материальные, трудовые, технические, технологические и др.); под ресурсом понимается

потенциальная возможность совершения или несовершения работы, выполнения определенного количества действий (циклов "сжатие-растяжение", замен деталей и узлов, заправок машин, обмолота некоторого количества хлебного массива и пр.). Ресурс положен в основу понятия годности (обобщенной характеристики свойств) машин. Под годностью понимают ее относительную способность и потенциальные возможности выполнять свои функции или заданный процесс в пределах допустимых отклонений по качеству и экономичности в течение оптимального ресурса или срока ее службы в производстве /421/.

2.1.10. А.И. Селиванов определи годность готовой к работе машины как сумму годностей ее конструктивных им неконструктивных элементов

$$E_m = \sum_1^S E_i + \sum_1^S G_j \qquad (2.12)$$

где: $\sum_1^S E_i$ - сумма годности всех конструктивных элементов;

$\sum_1^S G_j$ - сумма годности всех неконструктивных элементов машины /422/.

По аналогии с (2.11) предположили, что годность системы ($E_{эмтп}$) можно характеризовать годностью ее производственных ($E_{пр}$) и непроизводственных ($E_{непр}$) элементов,, основных ($E_{осн}$) и вспомогательных ($E_{всп}$) элементов и т.д.

$$E_{ЭМТП} \in= \sum_1^S \sum_1^Z E_{ПР} + \sum_1^S \sum_1^Z E_{непр} + \sum_1^S \sum_1^Z E_{осн} + \sum_1^S \sum_1^Z E_{всп} \qquad (2.13)$$

$$E_{ЭМТП} = f(\sum_1^S \sum_1^Z E_{ПР} + \sum_1^S \sum_1^Z E_i E_{непр} + \sum_1^S \sum_1^Z E_{осн} + \sum_1^S \sum_1^Z E_{всп}) \qquad (2.14)$$

Для элементов, состоящих более чем из одной машины,

$$\sum_1^{Ы} \sum_1^{Я} E_{элем} = \sum_1^S \sum_1^Z E_{ьш} = \sum_1^S \sum_1^Z G_j \qquad (2.16)$$

где E_{mi} - годность всех машин; G_j - годность функциональных, информационных связей, структур /422/.

Соответственно изменяется годность как обобщенный показатель критерия развития. Таким образом, годность обратно пропорциональна энтропии.

Чем выше годность машины, тем меньше ее энтропия; в процессе эксплуатации годность утрачивается и энтропия возрастает.

На рисунке 2.3 интерпретированы варианты с изменением годности по прямолинейному закону. Для технологических систем машиноиспользования характерны следующие процессы, уменьшающие энтропию: восстановление параметрических и функциональных отказов, возобновление технических, технологических ресурсов, создание запасов и резервов, восстановление функциональных и информационных связей и ввод в действие резервных структур, операции ремонта и ТО отдельных машин.

В отличие от годности отдельно взятой машины, когда увеличение негэнтропии происходит за счет внешней среды, в системах ЭМТП это происходит за счет энтропии структур ($T_{стр}$) и информации ($T_{инф}$). В свою очередь, $T_{стр}$ и $T_{инф}$ возобновляются из внешней среды /7/.

Академик А.И. Селиванов считал более совершенным типом машин такие, которые могут использоваться потребителями в течение всего периода эксплуатации в составе исходных образцов с некоторым количеством недолговечных периодически восстанавливаемых конструктивных и неконструктивных элементов. Таких же взглядов придерживается профессор Р.В. Кугель, свои выводы он подтвердил обширным фактическим материалом. Изложенная точка зрения есть интерпретация законов возрастания энтропии и преимущественного развития. Для указанных систем исходное значение годности ниже, а градиент энтропии меньше (по абсолютной величине для деградирующих систем), чем для машин 1 типа.

2.1.11. Наличие характерных периодов полевых работ у данной стохастической системы приводит к наличию центра, граничной устойчивости, неустойчивого состояния. Так как данная система функционирует во времени, то описанное можно изобразить в виде "мгновенного" сечения интегрального динамического цикла развития (рис.2.4).

В трехмерном пространстве он может развиваться как прогрессивный, деградирующий и динамически стабильный; F - обобщенная координата *e*l*h*b, t* - время, *S* -энтропия. Совокупность сельскохозяйственной техники не относится целиком к шестому типу. Для структурных элементов и подсистем достигается изменением внутренних структурв случаях накопления (при создании системы) запасов, различных ресурсов, переменных и резервных структур. Естественно, типы отдельных машин останутся неизменными.

2.1.12. Рассмотрели мгновенное сечение системы (рис.2.4). Оно имеет зоны "ядра", "приядерного сгущения" и "рассеянной оболочки". Параметры зон характеризуются надежностью (т.е. устойчивостью параметров в течение заданного времени) элементов (t), интенсивностью их восстановления (t).

Эти два процесса определяют меру устойчивости системы

$$M_y = S_я \ *(S_{max} - S_{min}), \qquad (2.17)$$

$$M_y = (Lim\ M_н)* \Delta S/ \Delta t = \Delta S/ \Delta t\ , \qquad (2.18)$$

где S_{max} - максимальное значение энтропии; S_{min} – минимальное значение энтропии; $S_я$ - энтропия центра ядра сечения. В том случае, когда система ЭМТП восстанавливается (см. рис.1.1), начальное значение S выше, чем при равных *dS/dt.* Меры устойчивости соотносятся (2.19)

$$(S - S)/S_я < (S - S)/S_я,$$

то есть устойчивость систем 4 типа выше, чем 1 типа, поскольку использование техники системой с разделенными параметрами, восстановление внешними по отношению к системе воздействия связано с временной задержкой на передачу информации, переездами и подготовительными операциями и пр., и как следствие, организационными простоями, которые составляют до 15-20 %.

Структурные составляющие годности
по А.И. Селиванову на примере машин 1 категории.

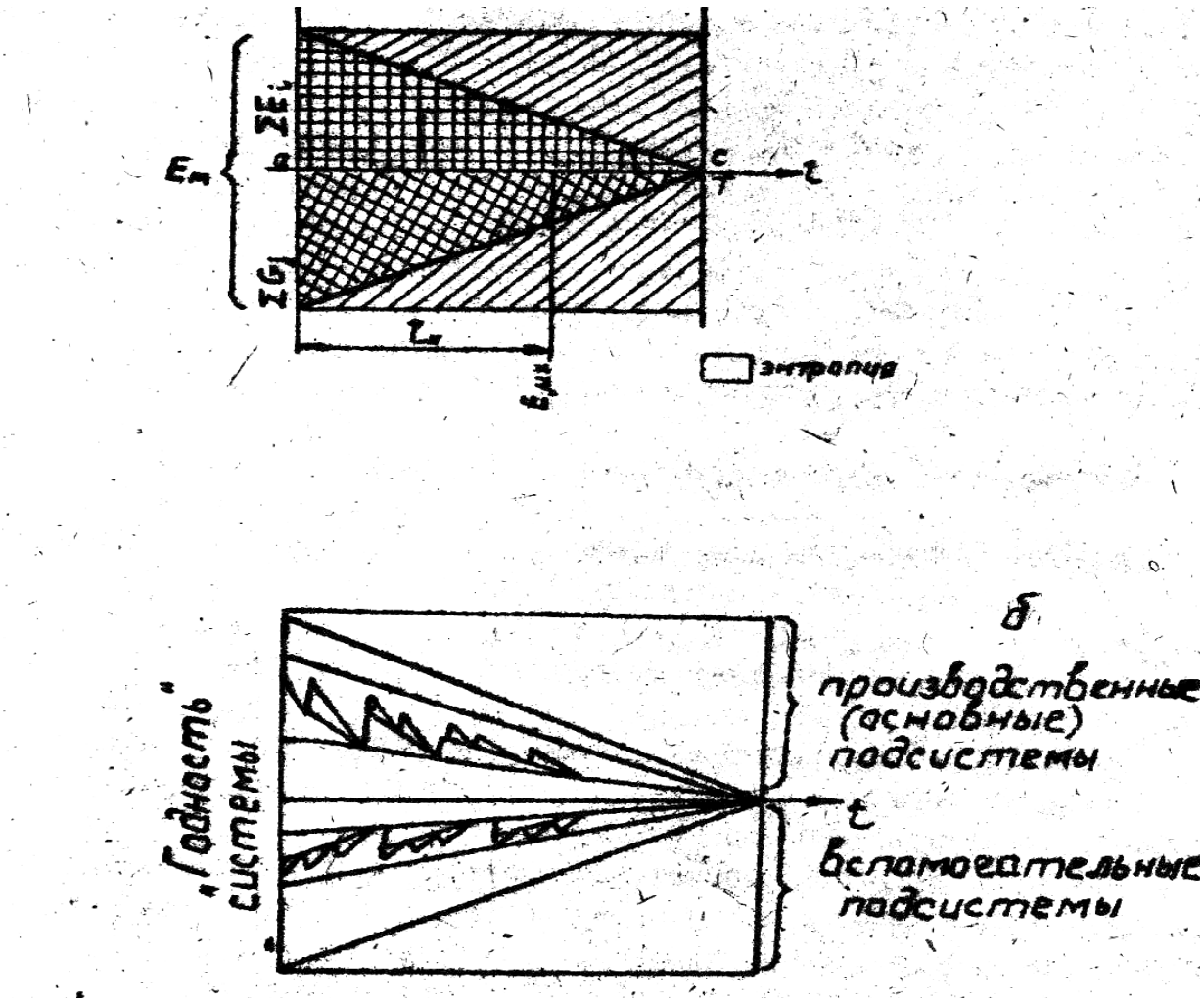


Рис. 2.3

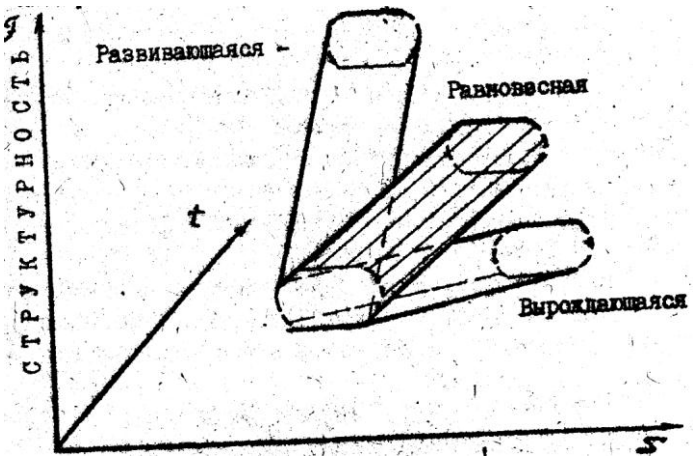


Рис. 2.4.

2.2. Системные методы управления надежностью и эффективностью

На основании изложенного применительно к системе использования техники в сельском хозяйстве сделаны выводы о направлениях решения проблемы эффективности и надежности функционирования технологических систем ЭМТП.

2.2.1. В настоящее время широкое распространение получил системный подход к исследованию производственных процессов в сельскохозяйственных предприятиях, причем учитывается тот факт, что возможности и последствия любой аграрной технологии в существенной мере зависят от используемой для ее реализации техники и подсистемы ее технической эксплуатации /154/.

Техника используется практически на всех операциях, функционально взаимосвязана, то есть используется в составе технологического комплекса, входящего в технологическую систему производства сельскохозяйственной продукции.

В перспективе роль таких комплексов будут играть МЭС и шлейф машин к ним. В аграрном секторе народного хозяйства технологические системы распределены по уровням: подразделения сельхозпредприятий; совхозы, колхозы, в будущем - кооперативы и товарищества фермеров; межхозяйственные предприятия, районные объединения и комбинаты.

Нижний иерархический уровень назван производственными элементами (уборочно-транспортный комплекс, пахотный или кормоуборочный отряд, посевное звено и др.). К этому уровню можно отнести возникающие в хо-

зяйствах первичные сельхозкооперативы, арендные звенья и крестьянские хозяйства.

В нашей концепции исходили из того, что эксплуатация технологических комплексов исполнителями в регламентируемых условиях производства как технологическая система может иметь как работоспособное, так и неработоспособное состояния.

Работоспособное состояние системы - состояние, при котором значения параметров и (или) показателей качества производимой продукции,

производительности, материальных и стоимостных затрат на производство

сельхозпродукции соответствуют требованиям, установленным в нормативно-технической документации и(или) конструкторской и технологической документации /77/.

К параметрам продукции рекомендуется относить часовую и сменную выработки, затраты времени на производство единицы продукции; к параметрам материальных затрат - расход топливо-смазочных материалов, времени, ремонтно-технологических материалов; стоимость технического обслуживания, ремонта, хранения, расходуемых в технологических операциях материалов и т.д.

Неработоспособное состояние характеризуется тем, что значение хотя бы одного параметра и (или) показателя качества производимой продукции (зерна, молока, обработанного поля и др.), производительности, материальных и стоимостных затрат на производство продукции не соответствуют стандартам или другим установленным требования /77/.

Различают неработоспособные состояния: по параметрам продукции, по производительности, по затратам. Неработоспособное состояние возникает вследствие отказов. Последние классифицированы: по характеру нарушения работоспособности, по наличию связи с другими объектами, по параметрам качества /77, 422/. В отношении сельхозпроизводства нами дана следующая интерпретация отказов технологических систем. В результате действия случайных факторов (погодных условий, отказов техники, невыхода механизатора на работу, отсутствия необходимой при ремонте запчасти и пр.) технологическая система может прекратить функционирование (функциональный отказ), либо снизить производительность или другой параметр системы (параметрический отказ).

Отказ системы одного из уровней может произойти по собственной причине (собственный отказ), либо по вине смежных систем (снабжения, сбыта, транспорта и пр.).

Производимая продукция по своим параметрам может быть некондиционной, не соответствовать требованиям к вспашке под данную культуру и т.д. В этом случае имеет место отказ технологической системы по параметрам продукции.

Из-за повышенной влажности обрабатываемого материала, его засоренности, неотрегулированности технических средств, по вине механизатора

или (и) обслуживающего, управленческого персонала значение хотя бы одного параметра производительности технологической системы может не соответствовать значениям нормативной документации (отказ системы по производительности). Также может произойти отказ системы по причине выхода хотя бы одного параметра материальных или стоимостных затрат из заданных пределов.

Рассматривая надежность системы, имели ввиду такие ее показатели, как вероятность безотказной работы по параметрам (продукции, производительности и др.); вероятность выполнения задания, установленная наработка. Вместе с ними оперировали комплексными показателями надежности и эффективности: коэффициентом сохранения производительности, коэффициентом расхода ресурсов, коэффициентом использования технологической системы /76, 77, 371-374/. Отмеченные комплексные показатели могут быть использованы для системных методов управления надежностью технологических систем машиноиспользования.

Понятие: "Системные методы управления надежностью сельскохозяйственной техники" впервые введено в трудах А. Ф. Кононенко и А. С. Каменского /154/.

С общефилософских позиций системный подход – направление методологии научного познания и социальной практики, в основе которого лежит исследование объекта как системы, то есть эмерджентной совокупности взаимосвязанных системообразующим фактором (целью функционирования) элементов, выступающих как единое целое, ориентированных на достижение целевого состояния.

По определению В.Н.Садовского, системный подход выражает процессуальный, методологический, рефлексивный аспект системных исследований и представляет собой эксплицитное выражение процедуры определения объектов как систем и способов их специфически системного исследования /414/. Объекты как системы рассматриваются при условиях: наличия интегративных свойств (качеств) и существенных связей между элементами.

Интегративными называют качества, присущие системе в целом, но не свойственные ни одному из ее элементов в отдельности, то есть система не сводится к простой совокупности элементов, и расчленяя систему на отдельные части, изучая каждую из них в отдельности, нельзя познать все свойства системы в целом. Существенные связи между элементами превосходят по мощности (силе) связи этих элементов с элементами, не входящими в данную систему.

Изучение любой системы предполагает создание модели системы, позволяющей предсказывать ее поведение в определенном диапазоне условий. Модель – описание системы, отображающее определенную группу ее свойств, например, функциональную, морфологическую, информационную. Соответственно называются и описания /87/.

Функциональное описание необходимо для того, чтобы осознать важность системы, определить ее место, оценить отношение к другим системам и внешней среде. Под последней понимается множество элементов, которое не входит в систему, но изменение состояния системы зависит от их состояния (состояние – множество существенных свойств, которыми система обладает в данный момент времени).

Морфологическое описание дает представление о строении системы, однако оно не может быть исчерпывающим: глубина описания и уровень детализации определяются назначением системы и целью исследования. Изучение морфологии начинается с элементного состава. Под элементом в данном случае пронимается подсистема, внутрь которой описание не проникает. Морфологические свойства системы существенно зависят от характера связей: информационных, энергетических, вещественных.

Информационные связи предназначены для переноса информации, энергетические – для переноса энергии между элементами, вещественные – для передачи материала или изменения его свойств. В результате морфологического описания возникает понятие структуры – совокупности элементов и связей между ними.

Информационное описание системы дает представление об ее организации. Оно определяет зависимость морфологических и функциональных свойств системы от качества и количества внутренней (о себе самой и среде) и внешней (поступающей из среды) информации /87/.

Таким образом, методологическая специфика системного подхода определяется тем, что ориентирует исследование на раскрытие целостности системы ЭМТП, обеспечивающих его механизмов, на выявление многообразных типов связей и сведение их в единую теоретическую картину.

Системные методы управления отмеченными выше показателями надежности технологических систем, по нашему мнению, состоят в следующем.

Поскольку машиноиспользование есть причинно-следственная цепь состояний, а управление состояниями - информационный процесс упорядочивания (структуаризации) системы, для управления ее надежностью необходимо разработать методы информационного регулирования переходов системы из состояния в состояние. Информационное регулирование должно быть направлено на перевод системы из более вероятного состояния в менее вероятное и основано на математическом моделировании и применении ЭВМ, то есть целенаправленный переход системы должен обеспечиваться негэнтропийным процессом (на базе изоморфных реальному процессу математических моделей и ЭВМ).

Управление надежностью может быть основано и на разработках Дж. Неймана, Э. Мура и К. Шеннона, основанных на использовании избыточности (временной, структурной); введении обратной отрицательной связи в подсистеме инженерной службы.

Последняя должна быть преобразована в службу надежности, управляющей машиноиспользованием в том числе путем выбора оптимального решения из альтернатив.

Проблема технической эксплуатации имеет производственно-технологический и научный аспекты.

Первый из них связан с разработкой принципов и концепций построения структур подсистемы обеспечения надежности и эффективности технологической системы использования указанных машин, создание органов ее управления (например, по типу ранее существовавших МТС на различных уровнях (сельхозпредприятия, района,региона, отрасли); создание необходимых запасов ремонтно-технологических и топливо-смазочных материалов, подготовка персонала, подготовка производства.

1 Научный аспект связан с созданием математических моделей, теоретических основ и методов управления надежностью и эффективностью использования машинно-тракторного парка, в перспективе - МЭС и комплексов машин к ним.

Математические модели должны быть адекватными объекту исследований и поставленной проблеме.

Теоретические основы должны позволять: оптимизировать структуру, механизм функционирования, режимы работы системы; создать комплекс математического и программного обеспечения обратной связи.

2.3. Принципы разработки структур

2.3.1. В данной работе под структурой системы понимается совокупность и характер связей и отношений между элементами.

Известны различные виды элементов. Производственный элемент - элемент, выполняющий функцию производства с.-х продукции. Алгоритмический элемент - алгоритм реализации функционирования элемента. Технический элемент - вещественная реализация одного или нескольких производственных элементов. Конструктивный элемент представляет собой конструктивно завершенную реализацию одного или нескольких технических элементов, выполненных с учетом заданных условий эксплуатации, ТО, технического обслуживания, снабжения и размещения в пространстве /257/.

Была поставлена задача обоснования на основе физической сущности процесса эксплуатации МТП примерной структуры обеспечения его надежности, так как разнообразные и часто изменяющиеся условия внешней среды, недостаточная надежность элементов обуславливают потери за счет отказов системы.

Таким образом, вопрос состоит в коррекции объекта управления за счет специальных структур. Объект управления - процесс эксплуатации МТП. Корректирующие воздействия - это управляющие, а процесс их выработки и осуществления - управление. Следовательно, необходимо обосновать примерную структуру для управления надежностью ЭМТП.

Известны следующие классы задач управления: - обеспечение заданного характера изменения некоторых функций изменения координат движения объекта управления в n-мерном пространстве состояний; - коррекция динамических свойств, например, перевод из неустойчивого состояния в устойчивое; - компенсация возмущений, воздействующих на процессы в объекте управления, компенсация отклонений от желаемых значений координат; - разработка математических структур применительно к задачам повышения надежности и эффективности МТП в эксплуатации, нежелательных изменений динамических свойств (нежелательных изменений структуры объекта) /257/.

Активное использование системного подхода в технике для решения подобных задач привело к созданию "системотехники", охватывающей вопросы проектирования сложных систем. Термин "системотехника" используется для описания обобщенного подхода к проектированию систем, конструируемых для решения различных задач при условии, что эти задачи будут решаться наиболее эффективным из всех возможных способов, причем каждый элемент системы будет рассматриваться не сам по себе, а во взаимодействии с другими элементами /83/. Системотехника позволяет решать задачи: обоснования структуры системы использования техники, организации взаимодействия между подсистемами и элементами, учета влияния внешней среды, разработки алгоритмов функционирования.

Структура была рассмотрена как организационная, функциональная и техническая.

При анализе организационной структуры решали задачи: состава организации и построения ее структурной схемы; определения функций отдельных подсистем и элементов; описание материальных, вещественных и информационных связей.

При анализе функциональной структуры: изучали технологию производства работ, состав операций и их взаимосвязи; описали организационно-функциональную структуру ЭМТП и ее подсистем.

В соответствии с системным подходом для достижения целевого состояния объекта исследований выделили вполне определенную структуру, необходимую и достаточную для существования проектируемой системы с заданными свойствами. Сущность системного подхода к разработке ЭМТП состояла в выделении структуры, необходимой и достаточной для реализации поставленной цели в условиях действующих ограничений на трудовые и материальные ресурсы. Содержание системного подхода состояло в том, чтобы не упустить из вида ни одну из управленческих или производственных задач; выявить и взаимоувязать применительно к этим задачам все операции процесса и элементы системы; скоординировать работу подсистемы; оптимизировать сочетание централизации и децентрализации системы; увязать структуру системы с возможностью использования ЭВМ, кадровой политикой, оплатой и стимулированием труда.

Системные признаки включают в себя свойства, для обеспечения которых разрабатывается система (целостность, стабильность, устойчивость);

композицию, обеспечивающую наличие этих свойств (элементы, отношения между элементами); целевое состояние и системопорождающее противоречие (рис.2.5).

Возникающая ситуация в организации производства продукции растениеводства определяет целевое состояние – максимальный сбор выращенного в конкретных условиях сельскохозяйственного производства урожая.

Цель служит объективным критерием отбора из окружающей среды всех отношений и элементов, образующих систему. В состав последней включается то, и только то, что необходимо и достаточно для достижения целевого состояния. Как результат, в определенных условиях внешней среды, которые накладывают на функции системы ограничения, формируется структура с заранее заданными свойствами. Указанная структура – итог осуществления этапов разработки системы ЭМТП, конкретизацией которой объясняется комплексная система возделывания, уборки и переработки урожая.

Действия внешней среды заключаются в следующем. На вход поступает исходный продукт: предмет труда, различные ресурсы, в том числе топливо-смазочные материалы и др.

Возмущающие действия внешней среды разбили на группы: технические, технологические, погодные.

Например, в результате взаимодействия машин с предметом труда и внешней средой происходят их отказы, возникают непредвиденные потребности в ремонте. Изменяется влажность почвы, семян, полеглость и засоренность полей во время уборки (рис.2.6).

Управление ЭМТП направлено на достижение цели системы при органичениях на трудовые и материальные ресурсы и представляют собой процесс, обеспечивающий единство функционирования подсистем при достижении поставленной цели. Основные особенности управления проектируемой системы заключаются в следующем: единство хозяйственного руководства (единоначалие); стимулирование труда работников в зависимости от прибыли; рассредоточенность объектов управления по территории; значимое влияние случайных факторов; централизация производства и управления. Необходимо координировать работу различных предприятий (транспортных предприятий, хлебоприемного пункта и др.).

Для решения задач управления надежностью достаточно организовать координатное, параметрическое или структурное управление.

Задача анализа влияния на работоспособность системы ЭМТП, ее структуры, не рассматривалась до настоящего времени, она остается мало исследованной и в других отраслях науки. Б.Г. Волик предложил ее решение в направлении построения моделей эволюции работоспособности и жизненного цикла системы.

Основу моделей составляет граф изменения работоспособности объекта и моделирующие процедуры.

Этапы системного подхода к анализу (на примере системы ЭМТП)



Рис. 2.5

. Для построения графов состояний использованы следующие сведения из теории графов /23, 29, 257, 376, 483/. Анализ надежности системы со сложной структурой сводится к ее представлению в виде эквивалентного элемента. Используются следующие индикаторные функции (наряду с булевыми переменными) /376/

$$x(t) = \begin{cases} 1, \text{ если } i\text{-й элемент системы} \\ \text{в момент } t \text{ работоспособен;} \\ 0, \text{ если } i\text{-й элемент системы в момент } t \text{ находится} \\ \text{в состоянии отказа.} \end{cases} \quad (2.20)$$

Состояние системы из n элементов характеризуется n-мерным вектором (всего 2 состояний).

$$X = (x_1, x_2, \ldots, x_n) \quad (2.21)$$

Состояниям (2.21) соответствуют два подмножества

$$\Phi(X) = \begin{cases} 1, \text{ если состояние } X \text{ соответствует} \\ \text{работоспособному;} \\ 0, \text{ если состояние } X \text{ соответствует} \\ \text{неработоспособному} \end{cases} \quad (2.22)$$

Взаимодействие системы с внешней средой (на примереЭМТП)

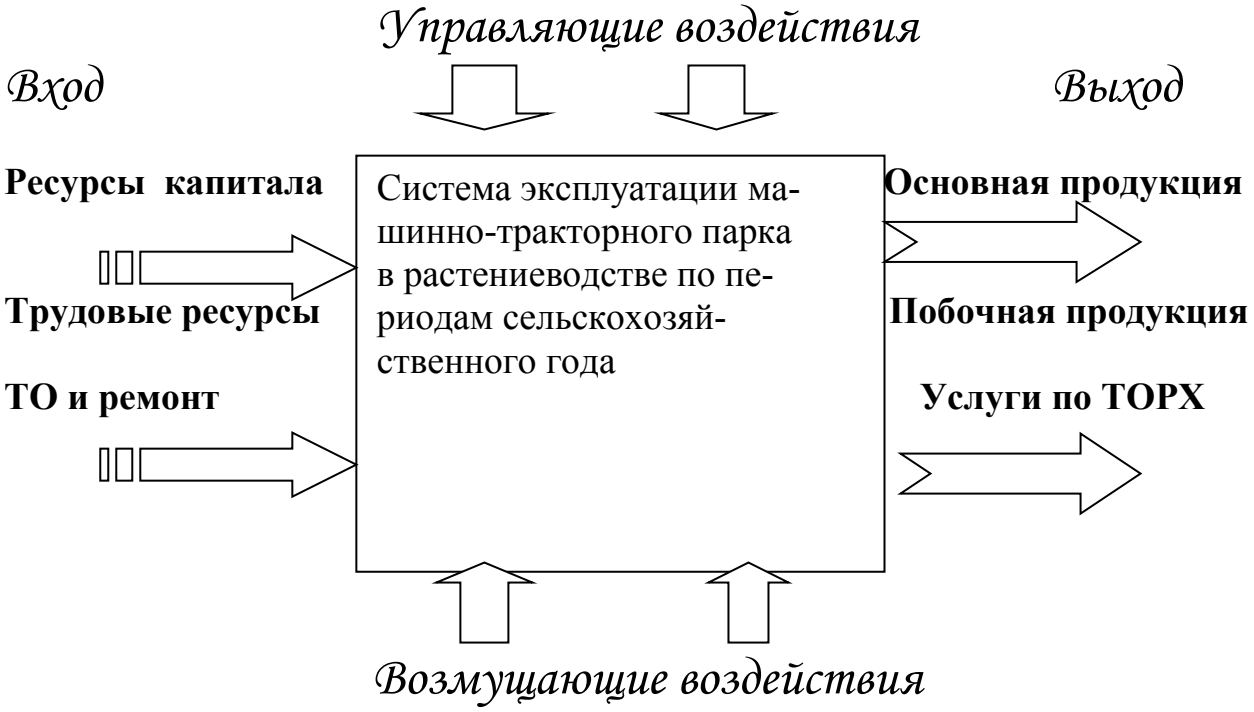


Рис.2.6

Классификация возмущающих воздействий

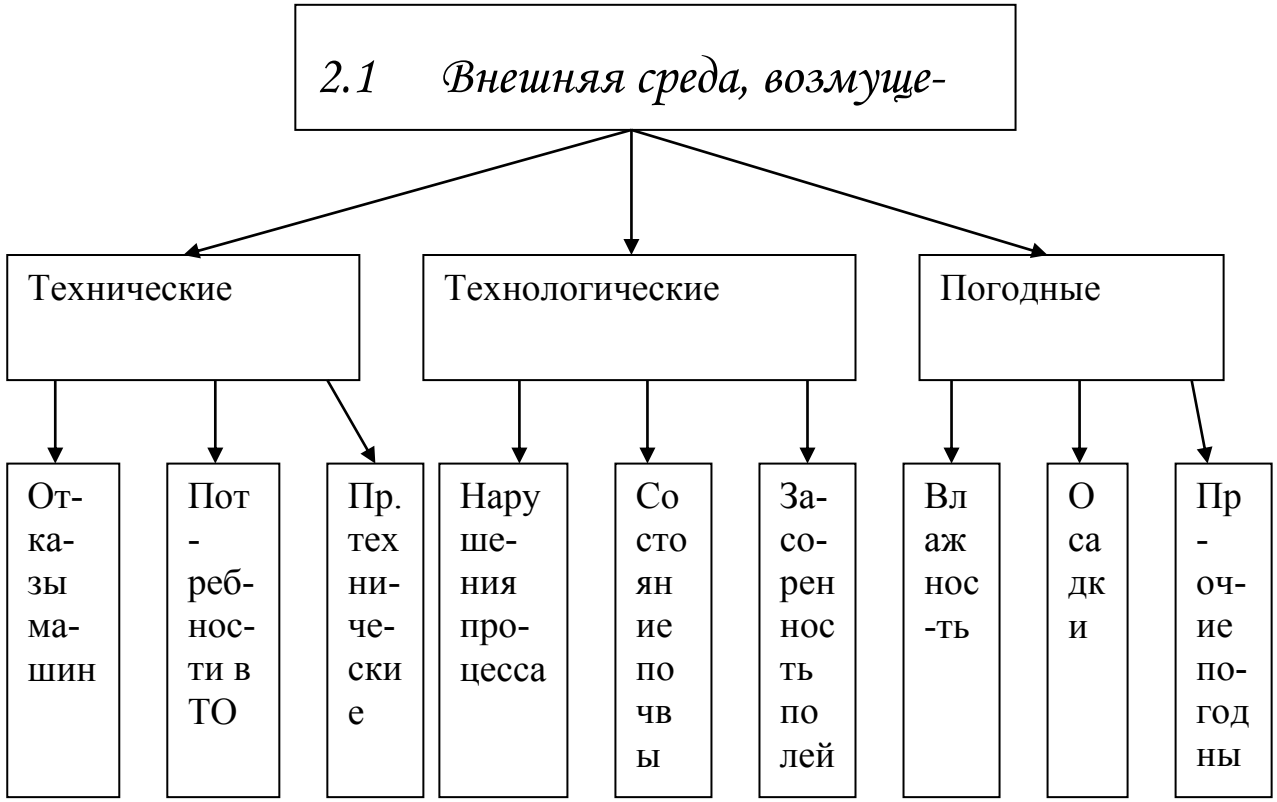


Рис.2.7

Свойства данной структурной функции: если X = 1, то Ф (X) = 1, и если X = 0, то и Ф (X) = 0. Возможны несколько типовых структур: последовательная, параллельная, последовательно-параллельная, приводимые и неприводимые. В теории надежности последовательной называют систему, в которой отказ хотя бы одного элемента приводит к отказу системы.

Н.Ф. Прибытков и В.Ф. Скробач в качестве примеров систем с последовательным соединением элементов приводят технологические линии уборки с.-х культур /348/. В этом случае производственными элементами являются комбайновые, транспортные и другие звенья.

Последовательными являются также подсистемы восстановления отказавшей машины, структурная функция для последовательной системы записывается в виде логического произведения /23, 376/

$$\Phi(X) = \cap x_i \tag{2.23}$$

$$\bigcap_{1 \le i \le N}^{t \le i \le n} x = x_1 \wedge x_2 \wedge x_3 \wedge \ldots x_n \tag{2.24}$$

Выражению (2.4) эквивалентно событие "не отказ"

$$\Phi(X) = U\overline{x}_i \tag{2.25}$$

$$Ux_i = x_1 \vee x_2 \vee x_3 \vee \ldots \vee x_n \tag{2.26}$$

Графически (2.4) и (2.6) интерпретируются диаграммой Эйлера-Венна. Структурная функция для параллельной системы /23, 376/

$$\Phi(X) = Ux_i \tag{2.27}$$

или через дополнительное событие,

$$\Phi(X) = U\overline{x}_i \tag{2.28}$$

Примером параллельной системы могут служить: сцепки нескольких сеялок, фрагмент работы транспортных средств на отвозе основной и побочной продукции и др. Отказ одного элемента приводит к отказу всей системы, структурная функция последовательно-параллельной системы имеет вид /376/

$$\Phi(X) = \bigcup_{1 \le j \le л} \bigcap_{1 \le i \le a} x_{ij} \tag{2.29}$$

или, аналогично (2.9)

$$\Phi(X) = \bigcup_{1 \le j \le n} \bigcap_{1 \le i \le n} \bar{x}_{ij} \tag{2.30}$$

$$\Phi(X) = \bigcup_{1 \le j \le N} \bigcap_{1 \le i \le n} x \tag{2.31}$$

Последовательно-параллельной является технология транспортной подсистемы, структурная функция параллельно-последовательной системы имеет следующий вид /376/

$$\Phi(X) = \bigcap_{1 \le j \le N} \bigcup_{1 \le i \le n} x_{ji} \tag{2.32}$$

$$\Phi(X) = \bigcup_{1 \le j \le N} \bigcap_{1 \le i \le n} \bar{x}_{ji} \tag{2.33}$$

Параллельно-последовательной системой являются многие процессы производства с.-х продукции, в том числе технологии работ в растениеводстве.

К системам с проводимой структурой относятся те из них, которые могут быть путем последовательных трансформаций сведены к простейшей. Приводимые структуры рассматриваются в теории автоматизации сельскохозяйственного производства /40, 45 64/, где рассмотрены эквивалентные преобразования. Исходная система на первом шаге представляется последовательной, далее параллельно-последовательной, причем элемент x преобразуется сначала в x_1, x_2, и x_3, последние - в (x_{11}, x_{12}), (x_{21}, x_{22}), (x_{31}, x_{32}, x_{33}) и т.д.

2.3.2. В принципе любая двухполюсная сеть может быть построена так: задается множество вершин, две из которых - полюсы графа, а между остальными по определенным правилам строятся ребра /23/. Ребра взаимно одназначно отражают элементы, правила построения задаются технологией сельскохозяйственных работ. Известны процедуры, которые позволяют упрощать схему до двухполюсника, однако не все структуры - приводимые. Реальные структуры технологических процессов, детализированные до МТА, отличаются большой сложностью, поэтому они подлежат вначале оптимизации, а затем оптимальная структура в виде минимального пути без петель (циклов и "висячих" ребер) подлежит анализу с точки зрения надежности.

Минимальный (или простой) путь представляет собой последовательное соединение ребер графа, причем часть из них (начальные и конечные) идентично соответствуют входному и выходному полюсам. Если А - подмножество ребер минимального пути j, то структурную функцию этого минимального пути (x) можно записать в виде /376/

$$\beta_к(x) = \bigcap_{i \in \beta_к} \bar{x}_i \tag{2.35}$$

В последовательной системе минимальным путем является множество всех ее ребер. В параллельной системе каждый простой путь есть ребро, число простых путей равно числу ребер в системе.

2 Структурная функция путей имеет вид /376/

$$\Phi(x) = \bigcup_{1 \le j \le N} d(x) = \bigcup_{1 \le j \le N} d(\bar{x}), \tag{2.36}$$

где N - число простых путей.

3 С учетом (2.35) запишем (2.36) в виде /376/

$$\Phi(x) = \bigcap_{1 \le k \le M} \bigcap_{i \in \beta_k} \bar{x} \tag{2.37}$$

Вершины графа означают технические состояния. Например, основные состояния конструкций сельхозмашин включают в себя как работоспособное, так и неработоспособное вследствие: непланового текущего (эксплуатационного) ремонта, периодического ТО, планового текущего ремонта, капитального ремонта, ТО при длительном хранении, технологических отказов, изготовления - ликвидации.

Рассматривая модель надежности контролируемых систем, А.И.Аристов и В.С.Борисенко вводят размеченный граф состояний системы с непрерывным контролем за состояниями: готовность к работе (x_i), восстановления (x_i и x_j), когда основная и контролируемая система восстанавливаются.

2.3.3. Для сельскохозяйственных технологических систем в целом характерны следующие состояния: работоспособное с n-м объемом накопленных отклонений, неработоспособное по параметрам с.-х продукции (повышенная влажность зерна при хранении на ЗСК, недопустимые потери при скашивании массы в валки или обмолоте валков, прессовании сена, уборке кукурузы на силос или зерно и т.д.); неработоспособное состояние по производительности или (и) затратам.

Характерным для рассматриваемых систем является частично работоспособное состояние с *i*-м уровнем работоспособности и *j*-м объемом отклонений по производительности, параметрам. Например, при отказе нескольких зерноуборочных комбайнов уборочно-транспортный комплекс продолжает работать с меньшей производительностью и большими удельными затратами. Если убирается пересушенное сено из валков прессованием, то его классность снижается из-за потери листочков траы.

Функциональный отказ , в результате которого наступает прекращение функционирования, довольно частое явление из-за погодно-климатических условий: из-за дождя останавливается сев, уборка зерновых и зернобобовых и др.

В результате параметрического отказа происходит выход одного ил нескольких параметров системы за установленные в НТД пределы. Из-за

отказа элементов системы (простые, аварийные, цепные /376/) происходят собственные отказы системы в целом; вынужденный отказ обуславливается внешними условиями (погодно-климатические, изменения физико-химических свойств обрабатываемого материала: почвы, растений, удобрений и др.). Отказы по параметрам качества происходят по параметрам продукции и производительности. Например, повышенная влажность хлебной массы усложняет обмолот, растут потери, недомолот и необходимость остановки техники. Возможен отказ по затратам, что более вероятно для арендаторов и кооператоров.

Ребра графа - переходы объекта из одного состояния в другое. Переходы могут быть управляемыми, неуправляемыми и иметь вероятностную характеристику (ненадежные ребра). Приняли следующую классификацию переходов: *Д* - переходы из-за отказов элементов и переводящие систему в состояние с более низким уровнем работоспособности или более высоким объемом потерь. Например, отказ зерноуборочных комбайнов продлевает уборочные работы и соответственно растут потери зерна. *Н* - переходы обусловлены достижением пороговых значений накопленных отклонений. *В* - переходы обусловлены частичным или полным восстановлением работоспособности объекта. *К* - переходы определяются компенсацией накопленных отклонений /23, 376/.

На наш взгляд, физическая сущность происходящих процессов - в следующем. Объект исследований представляет собой совокупность множества существующих в пространстве-времени элементов (автомобилей, тракторов, сельхозмашин, их узлов, агрегатов, деталей, потоков обрабатываемых материалов, трудовых ресурсов). Движение указанных элементов можно было бы считать упорядоченным, в том случае, если исключено влияние случайностей: траектории перемещений упорядочены конкретным уловиям СХП, расчет графиков машиноиспользования и экспериментальные наблюдения позволили нам сделать вывод о наличии характерных периодов в использовании техники. К ним относятся: ранневесенний, весенний, весенне-летний, предуборочный, уборочный, летне-осенний и осенний. В соответствии с периодами в системе ЭМТП создаются структуры соответствующие каждому периоду технологических подсистем (см. рис.2.2).

2.3.4. Перечисленные способы управления системой относятся в основном к видам структурного управления, в т.ч. к реконфигурации структуры объекта (РКФ) - комплекса изменений структуры системы ЭМТП, обеспечивающей сохранение или повышение уровня работоспособности или уменьшение деструктуаризации. Может быть реализован в процессе оперативного управления переходами из состояния в состояние элементов, подсистем и системы в целом, Различается управление: основным производством, обслуживающими подсистемами, производственными элементами. Аварийная защита (АЗ) для сельскохозяйственного производства не характерна, однако система защиты технологических систем от отказов, приводящих к гибели выращенного урожая, может быть предусмотрена на базе теорий надежности и

устойчивости путем математического моделирования экстремальных ситуаций.

Управление резервами (УР) - мероприятия по созданию в предшествующий ЭМТП период резервов и их введение в действие для сохранения заданного уровня работоспособности объекта. Например, перед летне-осенним периодом можно создавать необходимый для работы пахотных отрядов резерв ТСМ, запасных частей и агрегатов. Обоснование резервов целесообразно выполнять не только по данным предыдущей эксплуатации, но и на основе математического моделирования. Резервирование может быть функциональным, информационным, временным, структурным, постоянным, динамическим, замещением, скользящее. В свою очередь, структурное резервирование может быть функциональным, техническим, конструктивным /23, 376/.

Принятая планово-предупредительная система ТО и ремонта МТП предусматривает следующие управляющие переходные воздействия. Регламентированный (текущий, капитальный) ремонт с заданной периодичностью независимо от техсостояния машины. Ремонт по техсостоянию выполняется на основании его контроля или диагностики. В систему ТО входят также текущий ремонт по состоянию (эксплуатационный ремонт), периодические ТО, ТО при хранении, сезонные обслуживания. Техника обслуживается также при вводе в эксплуатацию и списании, в особых условиях эксплуатации /178/. Из определений следует, что периодическое ТО обеспечивает К и В процесс в вероятностном смысле.

2.3.5. Основной с точки зрения надежности технологических систем ЭМТП является случайность существования ребер структур, что приводит к усложненным расчетам и необходимости статистического моделирования на ЭВМ. Однако в некоторых случаях возможно нахождение по простому пути оценок надежности применением метода "разрез двухполюсника". "Разрезом двухполюсника называют такое подмножество его ребер, удаление которых из графа разрывает все пути этого графа - отмечает профессор И.А.Ушаков. "Единственный разрез имеет только параллельная система. В последовательной системе разрезом является любое непустое подмножество ребер, в том числе и все множество ребер системы". При анализе связности пользуются "минимальным разрезом", функция которого имеет вид /257/

$$\beta_к(x) = Ux_i = \bigcup_{i\in\beta} \overline{x}_i \qquad (2.38)$$

Структурная функция двухполюсника выражается через (2.39)

$$\Phi(x) = \bigcap_{1\le i\le M} \bigcap_{i\in\beta} \overline{x}_i \qquad (2.39)$$

где M - число минимальных разрезов в графе /376/.

Интересно отметить, что системы ЭМТП имеют монотонную структуру по определению Ф.Барсоу и Ф.Прошан. В самом деле /376/

4

$$5 \quad \Phi\ (1) = 1 \text{ работоспособное состояние} \tag{2.40}$$

$$\Phi\ (0) = \quad 0 \text{ неработоспособное состояние} \tag{2.41}$$

где $\Phi(x) > \Phi(x)$ - понимается, как совокупность n условий $x_i > y_i$, $i = 1...n$, причем хотя бы один раз неравенство выполняется строго. Смысл (2.40) состоит в том, что повышение надежности элементов системы не ухудшает надежности исходной системы. Повышение надежности элементов может только повысить надежность системы в целом.

При оценке структур при значениях $r = 0{,}5$ более применима оценка Литвана-Ушакова в т.ч. /376/:

наилучшая нижняя

$$h_{лн} = \max\left[1 - \bigcap_{1 \le i \le M}\left(1 - \bigcap_{i \in K_j} r_i\right)\right], \tag{2.42}$$

наилучшая верхняя

$$h_{ëí} = \min_{1 \le S \le K} \cap\left[1 - \bigcap_{j} q_i\right], \tag{2.43}$$

где T - общее число различных подмножеств реберно не пересекающих разрезов, соответствующих данному графу.

Известны и применимы для анализа структур систем ЭМТП также методы: "расщепления" ребер, эквивалентного замещения, Мура - Шеннона, усеченных рядов /23, 376/.

2.3.6. Общие методы построения моделей надежности систем основаны на построении их структур или на основе технологического процесса, или, если изначальная структура отсутствует, методами: анализа влияния отказов, анализа деревьев отказов /23/.

Полученные в результате анализа структуры необходимо по возможности привести к более простым, построить соответствующий граф и найти оценки надежности различных вариантов структур. По критерию оптимальности, например путем, составления таблицы доходов по МПД методу М.В.Бубкова /235, 236/.

Основой для оценок служат результаты моделирования процессов, представленных в виде сетей СМО на основании опытных данных о законах функционирования.

2.3.7. Анализ описанных структур надежности применительно к ЭМТП показал следующее. При рассмотрении общею модели функционирования математические структуры по характерным периодам (ранневесенний, весенний,

весенне-летний, предуборочный, уборочный, летне-осенний и осенний) нами отнесены к классу сетей массового обслуживания.

Целесообразно рассматривать следующие структуры: производственные (техника механизированных бригад, звеньев, специализированных отрядов и комплексов), обслуживающие подсистемы (ремонтно-обслуживающая группа подразделений: участков технической эксплуатации, машинных дворов, центрального машинного двора, арендных и хозрасчетных звеньев), потоки заявок на обслуживание.

Источники заявок классифицировали следующим образом: работающий МТП - тракторы, комбайны и МТА механизированных бригад или звеньев; часть МТА участвует в полевых работах, в том числе в составе специализированных отрядов, не укомплектованных ремонтно-обслуживающими рабочими; уборочные машины - зерноуборочные комбайны, подготавливаемые к работе на арендном участке технической эксплуатации (машинном дворе); группа машин - специализированный отряд или другое формирование, в котором машины работают групповым способом, а их число известно и конечно: МТП закончивший работу; машины и орудия, требующие выполнения комплекса какого-либо комплекса операций хранения; неработающий МТП - техника производственного подразделения при массовом проведении ее планового ремонта.

В зависимости от периода изменяется входящий процесс, который был формализован либо как случайный x , либо как детерминированный x . Для производственного подразделения характерны следующие процессы: эксплуатационный ремонт и ТО машин на участке технической эксплуатации (ранневесенний, весенний, весенне-летний, предуборочный, уборочный, летне-осенний и осенний); ТО машин при хранении (во все периоды), эксплуатационный ремонт и ТО группы машин. Ввиду сложности ТО в уборочный период этот процесс формируется отдельной моделью. Допущения изложены в соответствии с теорией сложных систем /55/.

2.3.8. Принципы и концепции построения структур должны учитывать новые условия хозяйствования, в которых целесообразна передача во вспомогательные подсистемы технологической системы средств механизации с последующей сдачей в аренду. Это связано со следующими причинами.

Вследствие сезонности полевых работ около 70 процентов сельхозмашин работает не более 20 дней в течение календарного года. Расходы на содержание техники на балансе определяется в расчете на год. Это снижает экономические показатели: рентабельность, себестоимость продукции, фонд заработной платы. Следовательно, целесообразно не принятие на баланс всего технического комплекса, а формы его совместного использования. В США, странах ЕЭС известны следующие формы: машинные банки, машинные сообщества и кружки, кооперативы, станции проката, соседская помощь. Последняя широко распространена не только на Западе, но и у нас. Не являясь кооперацией, она служит формой обмена трудом. В сочетании с арендой и выделением крестьянских хозяйств образуются формы совместного использо-

вания МТП типа: проката, аренды, обмена машин на время, в том числе машинные дворы, пункты проката техники, межхозяйственные отряды, комплексы, звенья обслуживания и ремонта. Централизованная (сервисная) система предлагается для обслуживания крестьянских хозяйств. В этом случае ремонтно-обслуживающие воздействия выполняются силами и средствами специализированной организации. В перспективе для обслуживания МЭС целесообразна система централизованного обслуживания типа МТС, с системой складов запасных частей различных уровней.

Резерв запасных частей по каждому виду необходимо обосновать для уровней: производственный участок, сельхозпредприятие, район, межрайонный (региональной).

Рекомендуется многомерная организационная структура централизованной системы для обслуживания МЭС и комплекса машин к ним. Такая система может обеспечить, в отличие от агротехсервисной, обслуживание не только крестьянских хозяйств, но и первичных сельхозкооперативов, сельхозпредприятий, ассоциаций, агрокомбинатов.

Система должна интегрировать в своей структуре предприятия (малые предприятия, товарищества, общества с ограниченной ответственностью и другие) предусмотренные новыми экономическими условиями, а также иметь подсистему управления надежностью и эффективностью ЭМТП. Она должна обеспечивать обратную информационную связь на базе применения ПЭВМ: возможность управления надежностью является достаточно вероятной при условии успешного решения задач моделирования процессов производственной и технической эксплуатации.

2.4. Предпосылки решения проблемы

Принятая научная гипотеза состояла в том, что предполагалась возможной разработка системных методов обеспечения надежности и эффективности функционирования машинно-тракторного парка сельскохозяйственных

предприятий, исходя из физической сущьности изучаемого объекта, на базе теории, обосновывающей концепцию решения данной проблемы. В основу последней положены нижеперечисленные предпосылки.

2.4.1. Первая предпосылка, отражающая физику процесса, заключается в рассмотрении машиноиспользования как технологической системы, управление показателями надежности и эффективности которой является информационным процессом, влияющим на энтропию. Она обратно пропорциональна логарифму вероятности состояний системы. Если, к примеру, вероятность работоспособного состояния первой подсистемы W_1, второй - W_2, ... , последней - W_n, то вероятность работоспособного состояния системы определяется произведением или суммой логарифмов вероятностей отмеченных состояний.

Известно, что управление надежностью и эффективностью МТП есть процесс управления переходами системы из состояния в состояние. Вслед-

ствие низкой надежности техники наиболее вероятным является состояние функционального или параметрического (по причине выхода из строя одной или нескольких подсистем) отказов системы. Они проявляются различными способами: отказ первой подсистемы, первой и второй подсистем, первой и третьей и т.д. Наименее вероятное состояние - отсутствие отказов, это состояние осуществляется единственным способом.

Система, как известно, практически не может самопроизвольно переходить из более вероятного состояния в менее вероятное. Следовательно целенаправленный перевод системы из более вероятных состояний в менее вероятные должен обеспечиваться специальным процессом. Из теории управления известно, что этот процесс должен быть информационным. Он может осуществляться на основе математических моделей, отношения между элементами которой соответствуют отношениям между элементами реальной технологической системы машиноиспользования.

2.4.2. Вторая предпосылка основана на разработках Дж. Неймана, касающихся создания более надежных систем из менее надежных элементов путем соответствующей организации избыточности. Математический анализ данной проблемы применительно к техническим системам выполнили Э.Мур и К.Шеннон, доказав, что из ненадежных элементов может быть построена сеть с любой наперед заданной надежностью /27, 375/.

Теорема Э. Мура и К. Шеннона, изложение которой отсутствует в литературе по надежности машиноиспользования в сельском хозяйстве, состоит в следующем. Пусть hQ(p) есть кворум-функция сети, состоящей из n элементов. Пусть также имеется произвольная функция надежности сети $h(p) = 1$. Если $h(p) = p$ для некоторого p $(0<p<1)$, тогда $h(p) < p$ для $0<p<p$ и $R(p)>p$ для $p < p < 1$. Если для некоторого p , $0 < p < 1$ выполняется условие $h(p) = h(p)$, то

$$hQ(p) < h(p) , 0 < p < p \qquad (2.44)$$

и, наоборот,

$$hQ(p) > h(p) \text{ при } p < p < 1 \qquad (2.45)$$

В случае правомерности применения для нашего объекта исследований изложенной теоремы, из элементов с недостаточной надежностью (тракторов, МЭС, сельскохозяйственных машин) может быть построена система их эксплуатации повышенной надежности.

2.4.3. Третья предпосылка - возможность рассмотрения объекта исследований как причинной сети. Действительно, как показал академик А.И. Берг, управление есть "процесс перевода системы в новое, заранее назначенное состояние путем воздействия на ее переменные, то есть под воздействием причинно-следственных связей система из предыдущего состояния переводится в данное, последующее и т.д. Универсальность принципа

рассмотрения систем как причинных цепей разработана и доказана член-корреспондентом А.Н. Марковым.

2.4.4. Следующее необходимое условие - значимость влияния на эффективность технологической системы использования технических средств показателей их надежности. Оно основано на: изложенном во введении фактическом материале и установленной профессором И.А. Шишонок закономерности усиления влияния сферы технической эксплуатации на эффективность при снижении надежности составляющих систему элементов. Таким образом, при снижении надежности тракторов и сельхозмашин возрастает роль мероприятий по обеспечению их надежности.

2.4.5. К первому достаточному условию следует отнести возможность повышения устойчивости показателей надежности системы путем введения обратной информационной связи. Если рассматривать машиноиспользование как систему, то ее ее устойчивость в случае будет обеспечиваться за счет учета изменений выходных параметров и возмущений внешней среды. Понятие устойчивости в данном случае относится и к структуре, и к функциям технологической системы машиноиспользования /127/.

2.4.6. Ко второму достаточному условию следует отнести накопленный опыт математического моделирования процессов технической и производственной эксплуатации МЭС и комплексов машин к ним, рассматриваемых как марковские цепи; причем наиболее интересно представление машиноиспользования в виде сети массового обслуживания. Последняя представляет собой совокупность конечного числа обслуживающих подсистем, состоящих из одно- или разнотипных постов обслуживания. Если A - количество постов, то при $A = 1$ систему называют однопостовой, при $A = oo$ - бесконечной /281/.

Механизм функционирования сети характеризуется интенсивностью m обслуживающих работ. Она зависит от количества объектов обслуживания n_i $(i=1...m)$, находящихся в подсистеме. Для системы, содержащей A_i одинаковых постов известно соотношение /68, 145, 146, 148, 281/

$$ni*mi,\ 0 < ni < A \tag{2.46}$$

$$mi(ni) = (1.1)\ Ai*mi,\ ni > Ai,\ i = 1,\ m \tag{2.47}$$

Если t_k - длительность обслуживания k-го требования, причем $k > 1$, случайные величины независимы и обладают идентичной функцией распределения $F*(t)$, то имеет место реккурентное обслуживание. Обычно рассматривается случай, когда преобразование Лапласа функции распределения времени обслуживания является рациональной функцией вида /23/

$$6\quad F*[s] = E[s]/B[s] \tag{2.48}$$

В частности, известно, что преобразование Лапласа функции распределения Эрланга k-го порядка является k-кратной сверткой экспоненциального

распределения со средним *1/(k_m)*.Для моделирования систем эксплуатации МЭС и комплексов машин к ним достаточно представить соответствующий процесс в виде графовой структуры, на вход которой поступают транзакты, обслуживаемые в сети по определенному механизму. В общем случае структура наиболее рациональна идентифицируется методом GPSS или ее аналогом: системой ПМДС /241/.

2.4.7. Перечисленных предпосылок недостаточно для реализации мероприятий по обеспечению работоспособности систем использования МЭС, так как в рамках существующих способов управления не играли существенной роли уровень затрат и потери: продукции, рабочего времени, технологических материалов.

Предположительно эффективно внедрить системы надежности в сельскохозяйственных предприятиях позволят: новые экономические взаимоотношения субъектов хозяйственной деятельности, вновь образуемые структуры агротехсервиса, существующие и создаваемые средства механизации (МЭС и комплекс машин к ним).

2.4.8. Проблема обеспечения эффективности не требует дополнительных по отношению к перечисленным условий ввиду ее разработанности в теории машиноиспользования. И теория, и практика имеют достаточно фактов, подтверждающих возможность повышения эффективности эксплуатации машинно-тракторного парка.

Эффективные системы машиноиспользования создаются, как известно, на базе системного противоречия и целевой функции. Можно заметить, что системное противоречие состоит в том, что рекомендации по обеспечению эффективности рассматриваются на базе исследований детерминированных и стохастических систем с конечным числом альтернатив, однако реализуются в сельскохозяйственном производстве в виде систем, имеющих в своем составе творческих работников. Необходимыми условиями исследования эффективности также являются: изоморфизм моделей и процесса, обратная связь входных и выходных параметров, управление воздействием на главные факторы, декомпозиция, сочетание иерархии и самоорганизации.

2.5. Общая методика исследований

Эффективность сельскохозяйственных предприятий значимо зависит от показателей использования средств механизации (машиноиспользования) в технологических процессах растениеводства и животноводства. Недостаточный уровень показателей надежности средств механизации (в первую очередь - безотказности) снижает надежность технологических процессов в целом.

Состояние промышленности не позволяет составить оптимистический прогноз изменения качества сельскохозяйственной техники. Постоянное снижение курса рубля снижает до минимума возможности приобретения зарубежной, на порядок более надежной, техники.

Альтернативный способ решения задачи повышения эффективности машиноиспользования - разработка информационно-технологических структур, позволяющих минимизировать влияние недостаточной надежности техники и управлять показателями надежности и эффективности технологических системы ее использования в целом.

В соответствие со стандартом /77/ под технологической системой понимали совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения (машинно-тракторный парк), предметов производства (посевы сельскохозяйственных культур и их урожай, обрабатываемое поле, корма в процессе их производства и раздачи животным и др.) и исполнителей (трактористов-машинистов, водителей, животноводов и т.д.) для выполнения в регламентированных (технологическими картами, агротехническими сроками) условиях производства заданных технологических процессов или операций.

Ее работоспособным считали такое состояние, при котором значения параметров и (или) показателей качества изготавливаемой продукции (производимого зерна, кормов, продукции животноводства и продуктов их переработки в сельскохозяйственном предприятии), производительности, материальных и стоимостных затрат на изготовление продукции соответствуют требованиям, установленным в нормативно-технологической и (или) конструкторской и технологической документации (т.е. технологическим картам, калькуляции себестоимости продукции растениеводства и животноводства, рабочим планам, паспортным данным на средство механизации, агротехническим срокам для полевых работ и др.) /77/.

Надежность данной системы предлагается оценивать такими показателями, как:

- вероятность безотказной работы технологической системы по производительности, затратам, срокам; - вероятность выполнения технологической системой предусмотренного рабочим планом задания; - вероятность выполнения технологической системой всего предусмотренного в характерный период сельскохозяйственных работ (ранневесенний, весенний, весенне-летний, предуборочный, уборочный и др.) объема работ в агротехнические сроки.

В изменяющихся условиях сельхозпроизводства целесообразно применение системных методов управления показателями надежности и эффективности технологических систем использования сельскохозяйственной техники /82/. При этом следует учитывать связь надежности и эффективности, так как и теория надежности, и теория эффективности позволяют выбирать оптимальные решения по структурам и механизмам функционирования систем, в т.ч. методам и средствам производственной и технической эксплуатации машинно-тракторного парка.

Исследования проводились в следующем порядке.

Вначале типизировали общие принципы организации системы на уровне хозяйства-района (метод аналогий). Во взаимосвязи с выделением принципов

организации описали выведенные из передового опыта и научных обобщений руководящие правила проектирования системы и разработать графическое описание структуры (экспертно-аналитический метод).

Затем уточнили систему цепей подсистемы, сделали анализ организационной обеспеченности (метод структуризации целей). После этого построили математические модели системы и выполнили ее обоснование в рамках натурного организационного эксперимента, а также осуществили сбор, анализ и обработку опытных данных об изучаемом процессе.

Процесс исследований закончили синтезом системы на основе следующих принципов:

♦ ориентация подсистем на решение одной или группы взаимосвязанных задач;

♦ взаимосвязь задач подсистем и их ориентация на выполнение цели проектируемой системы;

♦ технологическое обеспечение выполнения целей и задач подсистем и системы в целом: наличие всех необходимых для достижения целей и задач и отсутствие избыточных элементов;

♦ комплексная взаимоувязка деятельности подсистем на основе рационального разделения их полномочий на получение промежуточных и конечных результатов функционирования;

♦ обеспечение поточности, ритмичности и надежности всего производства;

♦ функционально-технологическая специализация подсистем по группам однородных операций;

♦ концентрация в системе и ее подразделениях всей полноты ответственности за конечные результаты по закрепленным за ними целям и необходимых полномочий по их реализации;

♦ поступление на вход таких видов сырья и материалов, для которых имеется возможность ритмичных, без сбоев, подставок;

♦ принципы декомпозиции должны по возможности допускать технологический разрыв в обработке выходного продукта следующей подсистемы;

♦ возможность автономного управления подсистемами в рамках поставленных управляющих органом оперативных указаний в условиях действия случайных погодных факторов и других внешних и внутренних возмущений;

♦ создание внутри системы ремонтно-обслуживающих мощностей и запасов ТСМ, сменных частей и узлов, подменных машин на уровне, обеспечивающем нормативный коэффициент технической готовности машинно-тракторных агрегатов;

♦ создание условий для маневра материальными и трудовыми ресурсами;

♦ введение единой централизованной системы автоматизированного планирования и оперативного управления системой;

♦ организационное обеспечение развития системы в связи с внедрением новой техники и АСУ в условиях ограниченных ресурсов;

♦ создание системы мер и мероприятий повышения эффективности, качества и дисциплины труда.

Главной задачей разработки и обоснования примерной структуры изучаемой системы было построение наглядной формальной модели, отражающей отношения между ее элементами и внешней средой.

Структурная модель в данном случае является многоуровневой. Конкретизацию структуры выполнили на всех уровнях исследуемой системы для получения полного представления об основных ее свойствах.

Уровни рассмотрения различаются по масштабу системы и сущности изучения структуры (организационной, управленческой, организационно-технологической).

Структуру разработали для решения вопросов: описания организации системы и построения ее структурной схемы, описания материальных и информационных связей.

При анализе структуры ЭМТП делили совокупность технических средств обеспечения технологических воздействий на предмет труда (почва, семена, растения), оптимальных по функции цели.

Методика построения структуры включала в себя:

♦ обоснование элементов (подсистем), необходимых и достаточных для достижения целей системы;

♦ выявление взаимосвязей элементов системы;

♦ конкретизацию целей подсистем в соответствии с целью систем;

♦ определение технических и материальных ресурсов, технико-технологического обеспечения рабочих процессов.

Если при анализе системы исходить из наличия или отсутствия связей между элементами, то объекту исследований можно поставить в соответствие неориентированный граф, вершинами которого являются элементы системы, а ребрами – существующие непосредственные связи между ними

На этом уровне исследований установили целостность, связность системы, выделили циклы, определили минимальные и максимальные последовательности элементов (цепей), разделяющих элементы друг от друга.

На основе анализа объекта исследований как системы выделили его из окружающей среды и идентифицировали реальные связи как входные, выходные, управляющие, конструктивные, возмущающие и классифицировать последние.

Конкретизировав в соответствии со схемой принципы анализа и синтеза и аналитически описав критерий эффективности, получили все необходимые материалы для анализа и синтеза структур ЭМТП. Выделенные при этом производственные элементы и подсистемы исследовали вначале на моделях так, как проведение натурных экспериментов требует значительных

неоправданных затрат, которые возможно не окупятся при внедрении разработанной системы.

Исследования предлагается выполнять в три этапа.

На первом этапе исследований целесообразно выявить системное противоречие и на его основе обосновать критерий эффективности. Последний должен учитывать затраты: на содержание подсистемы поддержания техники в работоспособном состоянии, штрафы за простои тракторов, машинно-тракторных агрегатов, МЭС и постов технического обслуживания, доходы от выполненной работы (см.рис.2.5).

Поскольку процесс использования техники адекватно идентифицируется как система массового обслуживания (СМО), критерий эффективности может быть основан на следующих параметрах исследуемого процесса как СМО: среднее число занятых постов ($N_з$), среднее число свободных постов ($N_о$), среднее время ожидания обслуживания ($T_{ож}$), параметры очередей на обслуживание и ожидание заявок на ремонт, техническое обслуживание и т.п.

Перечисленные параметры могут быть получены экспериментально, в результате наблюдений за производственным процессом, а также в результате моделирования (статистического, на основе соотношений теории марковских процессов и и ее приложений).

Из теории массового обслуживания известны следующие соотношения для отмеченных параметров /281/:

♦ среднее число занятых постов расчитывается как сумма вероятностей (Pk) того, что обслуживанием занято k постов; - среднее число простаивающих постов определяется по формуле

$$N_о = n - N_з = (n - k)P_k; \qquad (2.49)$$

♦ коэффициенты простоя и загрузки постов соответственно определяют из соотношения

$$K_п = N_о/n^{-1}; \; K_з = N_з/n^{-1}; \qquad (2.50)$$

♦ математические ожидания длины очереди и числа требований в системе соответственно расчитываются по формулам

$$M_{ож} = (k - n)*P_k \; при \; k > n; \qquad (2.51)$$

$$M_с = M_{ож} + N_з. \qquad (2.52)$$

Анализ процесса машиноиспользования в системе с конкуренцией (например, ассоциация крестьянских хозяйств) позволил выявить следующие затраты и доходы: доход от обслуживания требований ($S_д$); штраф на инженерную службу за простой требования в очереди ($S_ш$); убытки из-за потери требования в случае его выполнения конкурентом ($S_{ук}$); затраты на содержание

(S_c) и эксплуатацию ($S_э$) постов обслуживания; ущерб от простоя поста обслуживания ($S_{уп}$).

Издержки за час работы n постов составляют величину $n*S_э*N_з$, за время обслуживания одного требования $S_э*N_з*T_{ож}$.

Если за единицу времени поступает l требований и с вероятностью P_n загружено n постов, то требования в количестве $P_n*S_{ук}$ получают отказ. Убытки от их потери составят за каждый час в среднем $S_{ук}*P_n*l$, в расчете на одно требование $S_у*P_n*l*T$.

В случае оценки различных вариантов использования техники в одной системе издержки на содержание не включают эксплуатационные расходы и поэтому являются величиной постоянной.

Убытки от недоиспользования мощности обслуживающей подсистемы определятся произведением $N_о*S_{уп}*T_{ож}$. С учетом перечисленных издержек и доходов критерий эффективности для условий конкуренции записывается в виде следующей суммы

$$S_к = S_э N_з + S_{ук} P_n \lambda + nS_{сп} + N_о S_{уп} + (1 - P_n)\lambda S_д T. \quad (2.53)$$

Так как величина n*Scп также не изменяется в данном варианте системы, то при перерасчете критерия на одно обслуженное требование его можно записать в виде

$$S_к = S_э N_з + S_у P_n \lambda + N_о S_{уп} + \lambda S_д(1 - P_n). \quad (2.54)$$

Если конкурирующей подсистемы нет, то нет и потерь требований из очереди, поэтому в критерий рекомендуется ввести издержки от простоя требования. В этом случае система характеризуется доходом от обслуживания требований и издержками: на содержание постов, их эксплуатацию и простой; обслуживание; от простоя требования в очереди. Доход можно дать в расчете /281/:

♦ на время

$$S_з = (\lambda S_д + nS_{сп} + S_э N_з + S_{уп} N_о + S_{об} M_з + S_ш M_{ож})T, \quad (2.55)$$

♦ на обслуженное требование без учета постоянных для рассматриваемого варианта слагаемых

$$S_з = \lambda S_д + S_э N_з + S_{уп} N_о + S_{об} M_з + S_ш M_{ож}. \quad (2.56)$$

♦ для подсистемы обслуживания без учета материальных потерь других систем целевая функция имеет вид

$$S_э = \lambda S_д + S_э N_з + S_{уп} N_о + S_ш M_{ож}. \quad (2.57)$$

♦ для обслуживаемой системы без учета затрат других систем

$$S_э = \lambda S_д + S_{об} M_s - S_ш M_{ож}. \quad (2.58)$$

Приняв один из критериев эффективности, на базе системного противоречия, принципов синтеза структур (см. раздел ...) и технологии выполняемых работ, далее следует сформировать заданную целесообразную систему. При необходимости исследуется и оптимизируется технология механизированных работ, что является самостоятельным предметом исследований, выходящих за границы данной методики.

Синтезированная структура, как правило, имеет альтернативные варианты. Их существование связано с действием случайных факторов и предопределяет принятие одного из известных принципов достижения требуемого результата: "гарантированного результата", "стохастического детерминизма", "последовательного снятия неопределенностей".

Если исследуется система с конкуренцией (например, ассоциация крестьянских хозяйств), для гарантии от банкротства принимается принцип "гарантированного результата".

Принцип гарантированного результата в терминах теории исследования операций формулируется следующим образом: при данном показателе надежности или эффективности необходимо получить максимально гарантированную величину заданного параметра при данной информированности исследователя. Иногда этот принцип называют "позицией крайнего пессимизма". Рекомендуется, применительно к задачам машиноиспользования, использование этого принципа для проектирования технологических процессов с практической гарантией требуемого уровня. Практическая гарантия позволяет реализовать процесс (например, в агротехнические сроки) с заданной вероятностью (уровнем гарантии).

Для государственных сельскохозяйственных предприятий со значительным числом единиц техники приемлем принцип "стохастического детерминизма".

Принцип стохастического детерминизма использует устойчивость результатов массовых явлений, к которым относятся операции производства сельскохозяйственной продукции и обслуживания тракторов, машинно-тракторных агрегатов, МЭС и комплекса машин к ним. Общие формы такой устойчивости нашли свое выражение в законе больших чисел и предельных теоремах теорий вероятностей и марковских процессов. Этот принцип может получить использование для обоснования надежных (устойчивых по параметрам в течение заданного характерного периода полевых работ) систем машиноиспользования. Он реализуем при применении методов теории массового обслуживания и статистического моделирования.

Принцип последовательного снятия неопределенностей необходим в условиях недостатка информации о механизмах, лежащих в основе исследуемых процессов, когда ряд из них (погодные и биологические факторы, поведение

исполнителей) не обладает свойством статистической устойчивости. В этом случае в распоряжении исследователя нет решения, приняв которое можно было бы снять (компенсировать) всю неопределенность относительно результатов применения того или иного варианта системы машиноиспользования (то есть обеспечить гарантии на основе только первых двух принципов).

Принцип может найти применение для оперативного, на базе ПЭВМ, управления: подсистемой технической эксплуатации, производственными элементами, системой производства сельхозпродукции на различных уровнях.

На втором этапе исследований необходимо выяснить, какие знания о процессе (модели, закономерности, взаимосвязи) дополнительно необходимы для обеспечения надежности и эффективности процесса использования тракторов, МЭС, машинно-тракторных агрегатов на их базе, а также различных стационарных средств механизации в животноводстве и растениеводстве. Эти знания могут быть получены в результате экспериментальных (активный или пасивный эксперимент, исследование входных и выходных потоков) и теоретических, на базе идентификации технологической системы, исследований. Опыт проведения исследований систем машиноиспользования позволяет нам рекомендовать выполнение идентификации методами теорий: марковских процессов, устойчивости, бифуркаций, статистического моделирования, надежности технологических систем.

Из аналитических методов наиболее целесообразно применение теории марковских процессов и ее приложений, которые позволяют разработать систему машиноиспользования с заданными показателями надежности и эффективности. Построенная на марковских моделях теория восстановления устанавливает соотношение для распределения числа и момента восстановлений, времени возвращения, процессов накопления, моделей отказов, стратегий замен. Теория управления запасами на основе моделей теории массового обслуживания описывает точки заказа для ГСМ и обменного фонда запасных частей, резервные запасы и уровни обслуживания, межфазные (например, между операциями технологических процессов растениеводства: свал зерновых колосовых культур в валки - обмолот валков) заделы, а также запасы.

Исследование надежности альтернативных вариантов технико-технологических и информационных структур процесса использования техники может быть выполнено путем оценки альтернативных вариантов вероятностными методами. Оценки, например Эзари, Прошана, Ушакова и др., и их использование не описаны, так так они подробно рассмотрены в теории надежности /386/.

Моделирование большинства производственных и обслуживающих процессов сельскохозяйственного производства наиболее рационально выполнять методом статистического моделирования.

К примеру, рассматривается техническая эксплуатация группы агрегатов на базе МЭС на базе применения теории сложных систем. В каждый момент

времени $t \in T$ система находится в одном из возможных состояний $Z_i \in Z$. Состояние Z_i описывается числом МЭС в очереди на обслуживание (Z_1), числом свободных постов обслуживания (Z_2), числом МЭС на обслуживании (Z_3). В моменты времени t_i в подсистему поступают заявки, описываемые наборами параметров $X_i \in X$, i = 1, 2, ..., где X_1 - X_4 - множество точек интервалов b (b= 1, 2, 3, 4; причем 1 -техническое обслуживание, 2 - текущий ремонт, 3 - работы по хранению, 4 - плановый ремонт), X_5 - множество точек интервала [0, 1], X_6 - интервалов вариации точечных характеристик распределений параметров процессов.

Выход подсистемы - поток обслуженных тракторов, МЭС и агрегатов на их базе, а также комбайнов и других машин

$$Y = \bar{Y}_1 * \bar{Y}_2 * \bar{Y}_3 * ..... \qquad (2.59)$$

Наряду с X и Y обычно рассматривают множество управляющих параметров Γ (производительности постов ТО и текущего ремонта, количество постов, режим обслуживания, метод резервирования, уровень запаса). Множества входящих и управляющих параметров образуют пространство, называемое в теории сложных систем пространством обобщенных входных характеристик /55/.

В нашем случае это пространство включает, помимо перечисленных управляющих параметров, входящий поток требований или заявок на обслуживание. Его характеристики: интенсивность потока заявок на ремонт или техническое обслуживание, средняя продолжительность обслуживания и др., - можно обозначить как $(t, X_l, G_m)T$. Состояние подсистемы в момент t_1 определяется предыдущим состоянием t_0 и $(t, x_l, G_m)t$, $t = (t_0, t_1)$. Множество X переводится во множество Z оператором H. Функционирование подсистемы технической эксплуатации в этом случая будет представлено в виде математического объекта, определенного множествами X, Y, Z, Γ, операторами H и G /55/.

Указанный математический объект описывает технологическую системе как марковскую цепь состояний. Многофазовые системы обслуживания, к которым можно отнести механизированные процессы растениеводства и животноводства, в ряде случаев (уборка зерновых, посев пропашных) имеют вид сетей массового обслуживания: Семо. При моделировании с использованием методов теории марковских процессов целесообразно применение вышеизложенных принципов: стохастического детерминизма и гарантированного с заданной доверительной вероятностью результата.

Однако многие задачи исследования надежности систем машиноиспользования имеют неполные и неопределенные исходные данные, поэтому возможно использование теории нечетких множеств в размыто-вероятностной трактовке. Гипотеза исследований состоит в выражении надежности через "размытую" функцию на базе априорной нечеткой информации. Для этого

входящие и возмущающие факторы делятся на дестабилизирующие (a_1) и улучшающие (a_2) надежность.

К первым из них относятся: неоднородность обрабатываемой почвы или растений, нестабильность регулировок тракторов, сельхозмашин и др. средств механизации, погодные условия и др.

Техническое обслуживание, запасы деталей, межоперационные заделы, диагностирование, оптимальная многомерная структура улучшают надежность технологической системы и МТА. В этом случае при $a_1=0$ "размытое" событие: "будет отказ", - можно выразить через вероятность отказа в [0,t] и параметры *x, y, z* системы использования МЭС и комплексов машин к ним

$$P_{отк}(t) = [\,1 - x_2(x, y, z, t)]\, f(t)dt \qquad (2.60)$$

Основополагающим моментом концепции, как отмечалось выше, является декомпозиция системы, когда вся система представляется в виде частных процессов: производственная и техническая эксплуатации. В свою очередь, последняя состоит из подсистем: техническое обслуживание, хранение, текущий ремонт, обеспечение запчастями, устранение отказов, ремонт и диагностирование техники в ремонтной мастерской.

Каждая из них характеризуется управляющими параметрами.

Для ТО это длительность и периодичность обслуживания, состав и производительность используемого оборудования; для техобслуживания при хранении - состав средств механизации, режимом работы персонала. Обеспечение запчастями управляется воздействием на такие факторы, как уровень запаса восстанавливаемых и невосстанавливаемых деталей.

Устранение отказов в полевых условиях управляется производительностью, мобильностью и составом технологического оборудования, используемого ремонтным персоналом.

Результаты функционирования подсистем не являются аддитивной суммой параметров, так как системы машиноиспользования обладают свойством эмерджентности. По этой причине они описываются математическими моделями, отражающими такие свойства реальной системы, как стохастичность, динамику, структуру и механизм функционирования.

Третий этап исследований направлен на изменение методов функционирования инженерных служб в аспекте обеспечения надежности и эффективности ЭМТП.

Для обеспечения заданного уровня надежности и эффективности, в перспективе - преобразования инженерной службы по содержанию в подсистему обеспечения эффективности и надежности в рассматриваемой технологической системе должна быть реализована обратная отрицательная связь в составе: экономических мероприятий, алгоритмо-программного комплекса, ЭВМ и ее оператора.

Реализация этих мероприятий включает решение задач проектирования эксплуатационного обеспечения процессов растениеводства и животноводства.

Содержание задачи проектирования эксплуатационного обеспечения машиноиспользования в сельскохозяйственных предприятиях состоит в построении по изложенной в данной статье методике математического описания исследуемого процесса. Математическое описание последнего позволяет не только моделировать различные (в т.ч. альтернативные) варианты средств и методов эксплуатации машинно-тракторного парка, но и управлять надежностью и эффективностью объекта исследований путем воздействия на его параметры: внутренние резервы времени, труда и средств; структуры управления и производственного процесса, временную избыточность операций полеводства, межоперационные запасы и заделы между операциями уборки урожая, весеннего сева и др., производительность постов обслуживания, подсистему снабжения запчастями. При этом рекомендуется использовать принцип последовательного снятия неопределенности.

Все задачи исследования технологических систем использования тракторов, комбайнов, мобильных энергетических средств и комплексов машин к ним можно разбить на пять групп по сложности и решаемым задачам. Первая из них связана с определением вероятностей состояний системы (отказа в обслуживании, загруженности всех элементов, нахождения в очереди не более заданного времени). В результате можно выяснить, справляется ли система с обслуживанием или нет, насколько велики потери в системе, верпоятность отказа многофазовой системы и т. п.

Решение задач второй группы позволяет оптимизировать число средств обслуживания, производительность операций, количество постов обслуживания и режим их работы.

Решения задач третьей группы является обобщением результатов решения предыдущих задач: используя вероятности состояний и данные о структуре процесса, можно исследовать надежность и устойчивость процессов машиноиспользования.

Задачи четвертой группы связаны: с выбором наиболее эффективных структур, обоснованием запасов, межоперационных заделов в технологических процессах производства сельхозпродукции; с исследованием эффективности средств механизации на стадии их создания и возможностью использования новой техники и технологии.

К перспективным следует отнести задачи, условно отнесенные к пятой группе: организация информационного обслуживания автоматизированной службы надежности и эффективности использования машинно-тракторного парка в сельскохозяйственных предприятиях.

Пример. Технологическая система машиноиспользования в государственном сельскохозяйственном предприятии предназначена для обеспечения сезонных полевых работ и обладает следующими свойствами: комплектуется серийными средствами механизации, показатели экономической эффективности являются основными; значимо влияние случайных погодных факторов, имеется временная избыточность (между характерными периодами полевых работ), и ограниченная временная избыточность - во время характерных

периодов полевых сельскохозяйственных работ. Потери от параметрических и функциональных отказов тем выше, чем интенсивнее производство и сложность используемой техники. Как правило, потери от простоев превышают стоимость используемой техники. Наиболее "узкие " места эксплуатационного обеспечения - сложность поиска неисправностей в новых моделях тракторов и зерноуборочных комбайнов, недостаток запасных частей, отсутсвие системы методов обеспечения надежности.

Вначале исследования описанного в примере процесса машиноиспользования как сложной системы необходимо принять, на основе анализа процесса, один из приведенных критериев эффективности (1 - 10). Затем, на основе анализа, разрабатывается ее технологическая структура, соответствующая принятому критерию эффективности. В том случае, когда имеются альтернативные варианты структур системы, представленной как СеМО, по одному из принципов ("гарантированный результат", "стохастический детерминизм", "последовательное снятие неопределенностей") с помощью оценок (Эзари, Ушакова и др.) выбирается рациональная структура.

Последняя может быть представлена в виде описанного абстрактного математического объекта и описана одним из известных методов моделирования. После формирования информационного обеспечения моделей (на основе эксперимента, наблюдений, расчетов) математическая модель исследуется как многофакторная, в результате могут быть получены обоснованные параметры, на их основании - спроектирована система машиноиспользования. Проект служит основанием для изменения методов функционирования инженерной службы, внедрения компъютерного управления процессами машиноиспользования.

В настоящее время данная методика апробируется автором статьи в ОПХ "Экспериментальное" и в Ассоциации крестьянских хозяйств Зерноградского района Ростовской области.

2.6. Выводы

2.6.1. Система машиноиспользования характеризуется многофазовостью, обменом с окружающей средой массой и энергией, состоит из множества вероятностных элементов; цель ее функционирования достигается в вероятностном смысле, по этой причине должна рассматриваться как энергоэнтропийная система, физическая сущность которой определена энергоэнтропийными законами: сохранения энергии; возрастания энтропии (Р. Клаузиуса и В. Томпсона); теоремой Нерста; предельного развития, преимущественного развития. Критерии эффективности энергоэнтропийной системы ЭМТП разделили на три группы: характеризующие материальную основу (основные и оборотные средства); отражающие структурно-функциональное строение (технология и структура МТП), трудовые ресурсы, а также внутренние и внешние. Критерий эффективности ЭМТП должен

отражать процесс поддержания уровня энтропии системы и подсистем в заданных пределах.

2.6.2. Энергоэнтропийные процессы ЭМТП имеют циклы, соответствующие характерным периодам машиноиспользования и связаны с годностью конструктивных и неконструктивных элементов, описанной академиком А.И. Селивановым, а также "интегральный динамический цикл развития" и меры устойчивости.

2.6.3. Сложный характер функционирования системы машиноиспользования требует применения системных методов управления надежностью и эффективностью, так как применение иных методов не привело к положительным результатам. Управление надежностью системы машиноиспользования целесообразно построить на разработках Дж. Неймана, Э. Мура и К. Шеннона, при этом инженерная служба сельхозтоваропроизводителей преобразовывается в службу эффективности и надежности ЭМТП. Рассмотрим принципы анализа и синтеза данной структуры.

2.6.4. С применением метода системного подхода выявили входные, управляющие, возмущающие и выходные параметры, классифицировали возмущающие параметры на технические, технологические и погодные; рассмотрели с позиций теории надежности модели системы ЭМТП, в т.ч. интерпретировали структуру диаграммой Эйлера-Венна.

2.6.5. Физическая сущность управления эффективностью и надежностью сводится к структурному управлению (реконфигурация структуры ЭМТП в соответствии с характерными периодами); управлению резервами, сроками службы и т.д. Обоснование структур может быть выполнено по оценкам Литвана-Ушакова, методу М.В. Бубнова, эквивалентного замещения и др., причем основой оценок служат результаты моделирования ЭМТП как марковских сетей или сетей массового обслуживания – СеМО.

2.6.6. Обоснованы необходимые и достаточные предпосылки обоснования эффективной и надежной системы машиноиспользования на основе следствия теоремы Мура-Шеннона и разработана общая методика системных исследования, основанной на том, что использование средств механизации (машиноиспользования) в государственных сельскохозяйственных предприятиях, реорганизованных в акционерные общества и товарищества совхозах и колхозах, ассоциациях крестьянских хозяйств, является сложной технологической системой. Она оценивается взаимосвязанными показателями эффективности и надежности: недостаточная надежность сельскохозяйственной техники снижает эффективность и надежность системы в целом. Недостаточная надежность техники может быть компенсирована рационализацией структур и механизмов функционирования рассматриваемой системы на основе результатов исследований, которые предлагается выполнить в три этапа.

На первом - выявляется системное противоречие и на его основе разрабатывается критерий эффективности. *На втором этапе исследования*

проводятся эксперименты, хронометражные наблюдения; процесс представляется в виде абстрактного математического объекта и описывается математической моделью; выбирается структура из альтернатив с помощью оценок Эзари, Прошана, Ушакова; с помощью ЭВМ обосновываются режимы работы системы (механизм функционирования).

На третьем этапе системных исследований полученные результаты апробируются, корректируются, адаптируются к конкретным условиям и используются для изменения методов работы инженерных служб. Создаются соответствующие информационно-технологические структуры для управления надежностью и эффективностью технологических систем.

3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Концепция создания надежных и эффективных сложных организационных систем

Современный этап развития агропромышленного комплекса характеризуется началом внедрения компьютерных систем управления производственными процессами в растениеводстве и животноводстве. Рассмотрим возможности применения отмеченных систем. Анализ хозяйственной деятельности сельскохозяйственных предприятий показывает, что их эффективность зависит от эксплуатации МТП, которая определяется качеством и полнотой проработки комплекса мероприятий по организации системы технического обслуживания и ремонта (ТОР), включая: планирование периодических технических обслуживании (ТО-1, ТО-2, ТО-3); управление запасами деталей, узлов, агрегатов на складах производственных участков и Центральной ремонтной мастерской (ЦРМ), расчет численности и режима работы ремонтно-обслуживающего персонала и состава средств механизации их труда. Проблема технической эксплуатации имеет производственно-технологический и научный аспекты, предметное и научное содержание. Научно-технический аспект – разработка теоретических основ и инженерных методов проектирования и управления надежностью и эффективностью технической эксплуатации МТП. Он включает разработку структур и механизмов функционирования объекта исследований как технологической системы.

Предметное содержание проблемы – осуществление мероприятий по управлению техническому обслуживанию, расчету и планированию режимов работы, запасов материалов, а также сбору и обработке данных о фактическом уровне надежности и состоянию средств механизации сельскохозяйственного предприятия или его подразделений.

Практическую реализацию перечисленных мероприятий на всех этапах создания системы эксплуатации МТА можно рассматривать как процесс проектирования эксплуатационного обеспечения.

Научное содержание проблемы – в построении необходимых для обеспечения надежности и эффективности ЭМТП математических моделей, не только формализующих операции, но и позволяющих выявить закономерности работы исследуемой технологической системы. Методологическую основу системы эффективной и надежной эксплуатации МТА составляют: существующая система ТО; приведенные выше научно-методические предпосылки; закономерности исследуемой системы; излагаемая в настоящем разделе концепция.

Последняя базируется на том, что исследуемая технологическая система обладает следующими признаками: предназначена для обеспечения сезонных сельскохозяйственных работ; комплектуется в основном серийными средствами механизации труда; показатели экономической эффективности явля-

ются основными. Система имеет временную избыточность между характерными периодами полевых работ и ограниченную – во время последних. Потери от функциональных и параметрических отказов тем выше, чем интенсивнее производство и сложность используемой техники. Как правило, потери от простоев превышают стоимость предупреждения и устранения отказов. Наиболее “узкие” места эксплуатационного обеспечения – сложность поиска неисправностей в новых моделях тракторов и зерноуборочных комбайнов, недостаток запасных частей, отсутствие системы методов информационного обеспечения надежности МТП.

“Расшивка узких” мест возможна при наличии системы технической эксплуатации одного из следующих типов. Первый тип – децентрализованная система технической эксплуатации (ДТЭ), в которой весь комплекс работ по техобслуживанию, ремонту выполняется на производственном участке на базе: машинного двора, стационарного пункта ТО, ангаров для агрегатного ремонта и хранения техники (например, ангар для хранения с участком ремонта, расположенный на втором отделении ОПХ “Экспериментальное” в Ростовской области).

Второй тип – централизованная (сервисная) система технической эксплуатации (ЦТЭ), (агротехсервис), развитие которой предполагается для обслуживания крестьянских хозяйств. В этом случае все основные работы выполняются силами и средствами специализированной организации.

Третий тип – смешанная система технической эксплуатации (СТЭ), когда работы целесообразно распределяются между системами ДТЭ и ЦТЭ: сложный ремонт, ТО-3, диагностирование выполняются централизованно, а ТО-2, ТО-1, текущий ремонт сельхозмашин и хранение – в производственных подразделениях (рис.3.1).

Рекомендуется иметь СТЭ, кроме случаев обслуживания фермеров. Для крупных сельскохозяйственных предприятий возможен вариант ДТЭ. При анализе возможностей применения того или иного варианта следует учитывать разнородность типов сельскохозяйственных предприятий и их производственных участков, многоотраслевой характер использования МТП, которые усложняют организацию ТО и ремонтов, разноразмерность (объемы производства) реорганизованных колхозов и совхозов, определяющую как автономные системы технической эксплуатации для одних (например, ОАО “Гигант” Ростовской области), так и централизованные системы для малых предприятий по производству сельхозпродукции, крестьянских хозяйств. При выборе типа системы также следует учитывать территориальную рассредоточенность, инфраструктуру, разномарочностъ используемого машинно-тракторного парка (для однотипных машин техобслуживание и ремонт организовать проще).

Схема вариантов системы технической эксплуатации
машинно-тракторного парка

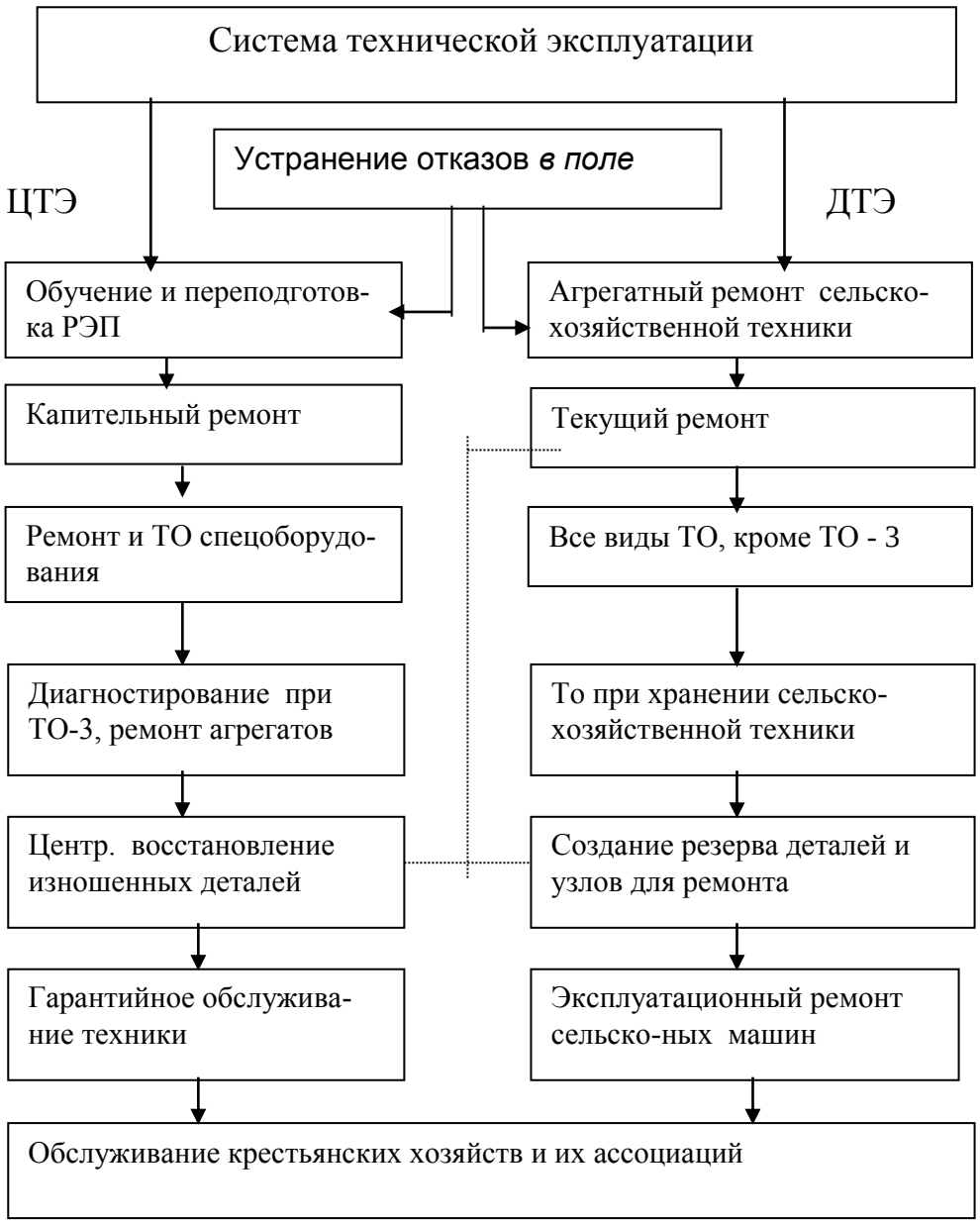


Рис. 3.1

Анализ производственного опыта показывает, что в рамках только централизации или только автономии в большинстве случаев нельзя обеспечить качественный капитальный ремонт тракторов и автомобилей, гарантийное обслуживание, обучение и переподготовку персонала.

Достоинства и недостатки централизованных систем в следующем. Достоинства: высокое качество ремонта и ТО, рациональное управление запасами деталей и агрегатов (узлов), широкие возможности для обучения и переподготовки рабочих, повышенная производительность труда за счет централизации и специализации производства, более эффективная загрузка диагностического и ремонтного оборудования и оснастки.

Недостатки: потребность в существенном начальном капитале, увеличение транспортных расходов и простоев техники из-за отказов, сложность организационной структуры, трудности в научно-методическом обеспечении создания эффективных систем данного типа; дополнительные проблемы из-за разномарочности и недостаточной надежности эксплуатируемого МТП и специализированного оборудования,

Достоинства ЦТЭ превращаются в недостатки при системе ДТЭ: качество ремонта в последней низкое, удельная численность ремонтного персонала возрастает, организационная структура становится проще и т.д.

Рациональное сочетание ЦТЭ и ДТЭ основано на расчете распределения ремонтно-обслуживающих работ (например, методом линейного программирования) и производственном опыте. Целесообразное для новых условий хозяйствования распределение задач приведено на рис.

Интересно отметить, что граница раздела задач не только зависит от случайных факторов, технологии производства, объемов работ, но и не является одинаковой для близких по характеристикам сельскохозяйственных предприятий, а также изменяется по мере развития системы.

Дальнейшее совершенствование систем технической эксплуатации в новых условиях хозяйствования возможно только при условии компьютеризации ремонтно-обслуживающего производства на базе теории надежности и эффективности.

Если исходить из изложенных предпосылок, то возможность создания подобных систем является достаточно вероятной при условии решения возникающих в этом случае задач моделирования и программирования.

Решение задач возможно методами теорий: массового обслуживания, восстановления, управления запасами, структурной надежности. Методы теории массового обслуживания относятся к аналитико-вероятностным моделям, в которых основные параметры технической эксплуатации функционально связаны с показателями надежности и критерием эффективности.

Теория восстановления устанавливает соотношение для распределения числа и момента восстановлении, времени возвращения, процессов накопления, моделей отказов, стратегий замен, регенерирующих случайных процессов и др. Теория управления запасами рассматривает статические и динамические модели, точки заказа, резервные запасы и уровни обслуживания, многофазовые запасы и межфазовые заделы. Особый интерес представляет исследование надежности структур, дающее возможность не только оценить надежность технологической системы, и реконфигурировать ее в сторону совершенствования.

Моделирование на базе перечисленных теорий может быть не только аналитико-вероятностным. Для многофазовых систем более целесообразно применение статистического моделирования. Модель в этом случае базируется на вычислении показателей надежности как функции вектора управляемых переменных. В качестве последних используются параметры надежности элементов и подсистеме. Критерий оптимизации – обычно стоимостной. Нахо-

дятся оптимальные значения управляемых переменных, максимизирующие показатель надежности системы при ограничении на стоимость. Обратная задача: минимизация стоимости эксплуатации при заданных (или фактических) показателях надежности.

Однако многие задачи исследования надежности систем машиноиспользования имеют неполные и неопределенные исходные данные, поэтому в будущем возможно использование теории нечетких множеств в размыто-вероятностной трактовке. Гипотеза состоит в выражении надежности через размытую функцию на базе априорной нечеткой информации. В общем случае входящие и возмущающие факторы делятся на дестабилизирующие (a_1) и улучшающие (a_2) надежность. Дестабилизирующие факторы – это погодные условия, неоднородность обрабатываемых материалов, неровности почвы и т.п.

Техническое обслуживание, запасы деталей, диагностирование, ремонт улучшают надежность. Для нормальных условий, когда $a_1=0$, размытое событие "будет отказ" можно выразить через вероятность отказа в интервале [0, t] и параметры x, y и z системы

$$p_{отк}\ (t)=\int[1-x_2(x,y,z,t)]f(t)dt \qquad (3.1)$$

Основополагающим моментом концепции является декомпозиция системы, когда вся система представляется в виде частных процессов: техническое обслуживание, хранение, текущий ремонт, обеспечение запчастями, устранение отказов, организация работы ремонтно-эксплуатационного персонала. Каждый процесс характеризуется набором основных параметров, которыми можно управлять. Для технического обслуживания это длительность обслуживания k-й машины ($\tau_{дk}$) и периодичность ($\tau_{пk}$) обслуживании в пределах ±10 %. Техническое обслуживание при хранении управляется в пределах допусков стандарта на хранение продолжительностью обслуживания, составом средств механизации, режимом работы персонала. Обеспечение запчастями управляется воздействием на такой главный фактор, как уровень запаса восстанавливаемых и, и невосстанавливаемых деталей.

Устранение отказов в полевых условиях управляется в основном производительность, мобильностью и составом специализированного оборудования.

Результаты функционирования подсистем не являются аддитивной суммой параметров, так как системы машиноиспользования обладают свойством эмерджентности. При децентрализации технической эксплуатации для каждой системы целесообразно определять критерий эффективности $F_э$, независимой от других подсистем. В системах остальных типов критерии эффективности подсистем взаимозависимы.

Научный аспект задачи эксплуатационного обеспечения децентразованной системы имеет следующую постановку: для машинно-тракторного парка с известными показателями надежности элементов (подсистем) машиноиспользования вывести критерий эффективности $F_э$, зависящий от структуры и пара-

метров данной системы. Если значение критерия $F_э$ задано, необходимо синтезировать систему, удовлетворяющую условию

$$F \geq [F_э] \tag{3.2}$$

Критерий эффективности должен учитывать затраты на содержание постов обслуживания, штраф за простой и доход от выполненной работы. Критерий эффективности может быть основан на расчетных выходных данных: среднее число занятых постов $N_з$, среднее число свободных постов N_0, среднее время ожидания обслуживания $T_{ож}$, средняя длина очереди $M_{ож}$ и др.

Среднее число занятых постов $N_з$ определяется вероятностью отсутствия параметрического отказа, т.е. суммой вероятностей того, что занято k постов (p_k) /281/

$$N_3 = \sum_{k=1}^{n} k_p k \tag{3.3}$$

Среднее число свободных постов можно рассчитать по формуле /281/

$$N_0 = n - N_3 = \sum_{k-0}^{n-1} (n-k) p_k \tag{3.4}$$

Соответственно коэффициенты простоя k_n и загрузки постов $k_з$ равны /281/

$$K_n = N_0 n^{-1} \tag{3.5}$$

Средняя длина очереди и $K_з = N_з n^{-1}$ число требований в системе (на обслуживании) равны /281/

Введем следующие стоимостные характеристики: доход от обслуживания требования $f_д$, издержки (стоимость) обслуживания каждого требования инженерной службой $f_{об}$, потери (штраф) от простоя требований в очереди $f_{ож}$, убытки из-за потери требования $f_у$, затраты на содержание $f_{nк}$ и эксплуатацию $f_к$ поста обслуживания, ущерб от простоя поста $f_{уп}$.

$$M_{ож} = \sum_{k=n}^{\infty} (k-n)\, p_k \tag{3.6}$$

Рассмотрим вариант критерия эффектности системы с отказами. Издержки за час эксплуатации загруженных постов составляют величину $f_к \cdot N_з$, за время обслуживания одного требования – в среднем $f_к \cdot N_з \cdot T_{ож}$. Если с вероятностью p_n загружено n постов, то есть всего за единицу времени поступает λ требований, $p_n\lambda$ требований получает отказ. Убытки от потери последних составляют: за час $f_у p_n \cdot \lambda$, за одно требование $f_у p_n \cdot \lambda \cdot T$. Издержки на содержание постов обслуживания (то есть, без эксплуатационных издержек на обслуживание) есть величина постоянная $n \cdot f_{nk} \cdot T_{ож}$.

Ущерб от недоиспользования системы обслуживания записываем в виде $N_0 \cdot f_{уп} \cdot T_{ож}$. С учетом этого запишем целевую функцию

$$F = f_k N_З T + F_y pn \lambda T + n f_{пк} T + N_0 f_{уп} T, \quad (3.8)$$

или

$$F = (f_k N_З + f_y p_n \lambda + n f_{пк} + N_0 F_{уп}) T \quad (3.9)$$

Если вести расчеты за час работы, то

$$F = f_к N_з + f_y p_n \lambda + n F_{пк} + N f_{уп} \quad (3.10)$$

Поскольку $n \cdot f_{nk}$ в данном случае – величина постоянная, окончательно запишем

$$F = f_к N_з + f_y p_n \lambda + N_o f_{уп} \quad (3.11)$$

Система с ожиданием экономически описывается критерием, включающим: издержки (неполученный доход) за час простоя постов $f_{уп} \cdot N_0 \cdot T$, затраты на эксплуатацию загруженных постов $(f_{nk}+f_k) \cdot N_з \cdot T$, убыток от простоя постов $f_{уп} \cdot N_0 \cdot T$, потери (штраф) от простоя постов в очереди $f_{ож} \cdot M_1$ и занятости обслуживанием $f_{ож} \cdot M_2$, затраты на содержание постов $f_{nk} \cdot n \cdot T$

$$F = [f_{уп} N_o + (f_{пк} + f_к) N_З + f_{пк} N_o + (f_{ож} M_1 + f_{ож} M_2) T, \quad (3.12)$$

или в расчете на час работы /281/

$$F = f_{пк} N_o + f_{пк} N_з + f_к N_з + f_{уп} N_o + f_{ож} N_з + f_{ож} M_1 + f_{ож} M_2 = f_{пк}(N_o + N_з) + f_к N_з + f_{уп} N_o + f_{ож}(M_1 + M_2) \quad (3.13)$$

Первая составляющая данного уравнения – затраты на содержание всех постов, вторая – эксплуатационные затраты на работу постов, третья – недополученный доход из-за недогрузки; последняя – потери от простоя машины в очереди и на обслуживании.

Для систем массового обслуживания /281/ с ожиданием и отказами критерий с учетом (3.12), (3.13) запишется в виде

$$F = f_{пк}(N_o + N_з) + f_к M_з + f_{уп} N_o + f_{ож}(M_1 + M_2) + f_y p_n \lambda. \quad (3.14)$$

Рассмотрим вариации приведенных критериев для случаев: расчетов по приведенным удельным затратам, для рыночных отношений с точки зрения инженерной службы и пользователя. В первом случае средние затраты при простое поста обслуживания в течение часа равны

$$Cp = p_o(f_{пк} + f_{уп}) = C_{пк} p_o \quad (3.15)$$

Средние затраты при работе поста в течение часа составят

$$Cp = (1 - p_o)(f_{nk} + f_k) = (1 - p_o)\, C_{pk} \qquad (3.16)$$

Средние затраты на содержание обслуживаемого парка из n машин составят $M \cdot C_{nm}$ руб./час.

При капитальных вложениях в один пост K_n и одну машину $K_м$ при годовой загрузке $T_н$ и нормативном коэффициенте $E_н$ затраты в системе определятся по формуле, которая выведена на основе ТМО

$$J_{пр} = p_o\, C_{пк} + (1 - p_o)\, C_{рк} + M\, C_{пт} + E_н(K_к + MK_м)\, T_н^{-1} \qquad (3.17)$$

Продукцией системы являются обслуженные требования, поэтому производительность системы измеряется в их количестве, которое равно в среднем произведению интенсивности обслуживания на вероятность работы постов $\mu(1-p_0)$. С учетом этого можно записать критерий эффективности однопостовой (J_1) и N-постовой систем с ожиданием

$$J_1 = \mu^{-1} [p_o\, C_{пк} + (1 - p_o)\, C_{рк} + M\, C_{пт}] (1 - p_o) -1 + Eн\ (K_к + MK_м)\, T_н^{-1}\, \mu^{-1} (1 - po)^{-1} \qquad (3.18)$$

$$J_2 = [C_{пк}\, p_o + (1 - po)\, C_{рк} + MC_{пт}]\, N\, \mu^{-1}(1 - p_o)^{-1} + E_н(K_к + MK_м)\, T_н^{-1}\mu^{-1}\, (1 - p_o)^{-1} \qquad (3.19)$$

Экономическая эффективность системы может быть определена как разница между доходом от обслуживания $p_{обс} \cdot \lambda_{уп} \cdot T_{ож}$ и издержками на содержание постов и выполнение обслуживания, в общем виде

$$F_э = -(f_{пк}\, N_o + f_{ож}\, M_1 + f_y\, p_o \lambda + fкN_в)\, T_{ож} + p_{обс}\, \lambda\, c\, T_{ож} \qquad (3.20)$$

Для инженерной службы расчет целесообразно вести по целевой функции, учитывающей затраты на содержание и эксплуатацию постов, штраф за простой обслуживаемых машин, неполученный доход по причине недогрузки постов обслуживания.

Для обслуживаемого подразделения, бригады в расчет необходимо принимать потери от простоя машин $f_м$ и компенсацию от инженерной службы за вынужденный простой $f_{ож}$

$$F_э = f_м(M_1 + M_2) + f_{ож}(M_1 + M_2 - f_n) \qquad (3.21)$$

Применение t_n позволяет сбалансировать интересы обслуживаемой и обслуживающей систем. Под структурой системы понимали совокупность элементов и характер связей между ними. Рассматривали следующие виды элементов: производственный, технический, конструктивный и алгоритмический.

Структуры обеспечения надежности и эффективности должны на основу учета внешних условий и недостаточной надежности машин упреждать отказы системы и сокращать потери из-за них. Следовательно, вопрос состоит в коррекции объекта управления за счет специальных структур: организационно-технологических, математических; объект исследований – процесс машиноиспользования. Так как корректирующие воздействия являются управляющими, а процесс их выработки и осуществления – управлением, то необходимо обосновать структуры для управления надежностью машиноиспользования. Последние включают в себя организационно-технологические и математические (графовые модели, алгоритмы моделирования, программно-техническое обеспечение) структуры. На стадии исследований анализ надежности системы со сложной структурой сводится к ее представлению в виде графа и эквивалентной структурной функции

$$\Phi(x) = \begin{cases} 1 & \text{, если состояние } X \text{ – работоспособное,} \\ 0 & \text{, если состояние } X \text{ – неработоспособное} \end{cases} \qquad (3.23)$$

1

Возможны несколько типов структур: последовательная, параллельная, последовательно-параллельная, параллельно-последовательная, приводимая и не приводимая (рис.3.2-3.6). Соответствующие структурные функции приведены ниже (П.3.2). В принципе, любая структура данного типа может быть построена так: задается множество вершин, две из которых – плюсы графов, а между остальными по определенным правилам строятся ребра. Правила построения задаются технологией выполняемых сельскохозяйственных и/или ремонтно-обслуживающих работ. Процедура, обратная изображенной на рис. , позволяет упрощать схему до двухполюсной в большинстве случаев. Поскольку реальные структуры, детализированные до МТА, отличаются большой сложностью, они подлежат вначале оптимизации, а затем оптимальная структура в виде минимального пути без петель (циклов и висячих ребер) подлежит анализу с точки зрения надежности. Минимальный путь представляет собой последовательное соединение ребер графа, причем часть из них (начальные и конечные) инцидентны входному и выходному полюсам. В последовательной системе минимальным путем является множество всех ее ребер; в параллельной системе каждый простой путь есть ребро; число простых путей равно числу ребер в системе. Вершины ребер означают технические состояния: работоспособное и неработоспособное. Ребра графа – переходы из одного состояния в другое.

Таким образом, математические структуры отражают физику процесса, которая состоит в следующем. Объект исследований представляет собой совокупность множества элементов: МТА, их агрегатов и узлов; обрабатываемых материалов, трудовых ресурсов. Их движение можно было бы считать упорядоченным в случае исключения влияния случайностей, однако их совокупное поведение подчиняется вероятностным законам. Кроме того, рассматриваемая

система обменивается с окружающей средой массой, энергией, характеризуется многооперационностью, многофазовостью, адаптацией, интенсивными и экстенсивными показателями, наличием характерных периодов полевых работ.

Математические модели по отмеченным периодам отнесены нами к классу сетей массового обслуживания. Выявлены следующие структуры: производственные (техника механизированных бригад, звеньев, специализированных отрядов и комплексов), обслуживающие подсистемы (ремонтно-обслуживающий персонал производственных участков). Источники заявок были классифицированы следующим образом: работающий МТП (часть МТА участвует в полевых работах в составе отрядов, звеньев), неработающий МТП (подготавливаемые к работе, временно не используемые, обслуживаемые, ремонтируемые и хранящиеся машины).

Структура последовательной системы машиноиспользования

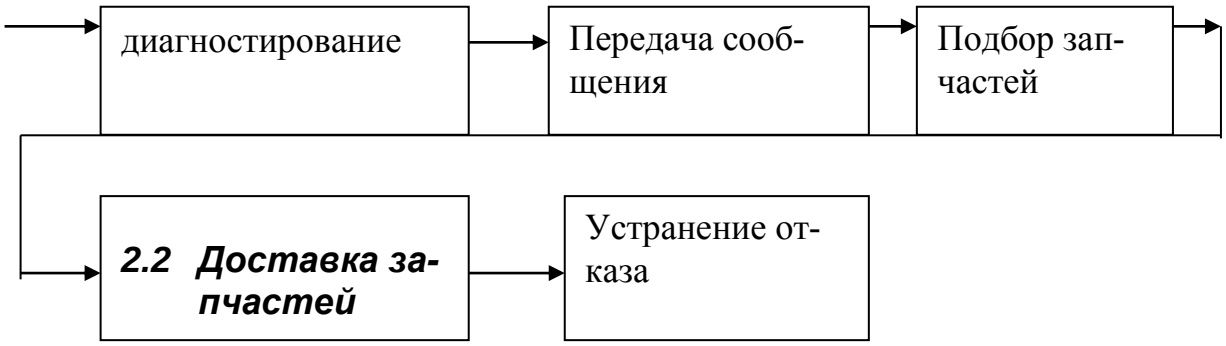


Рис. 3.2

Структура параллельной системы

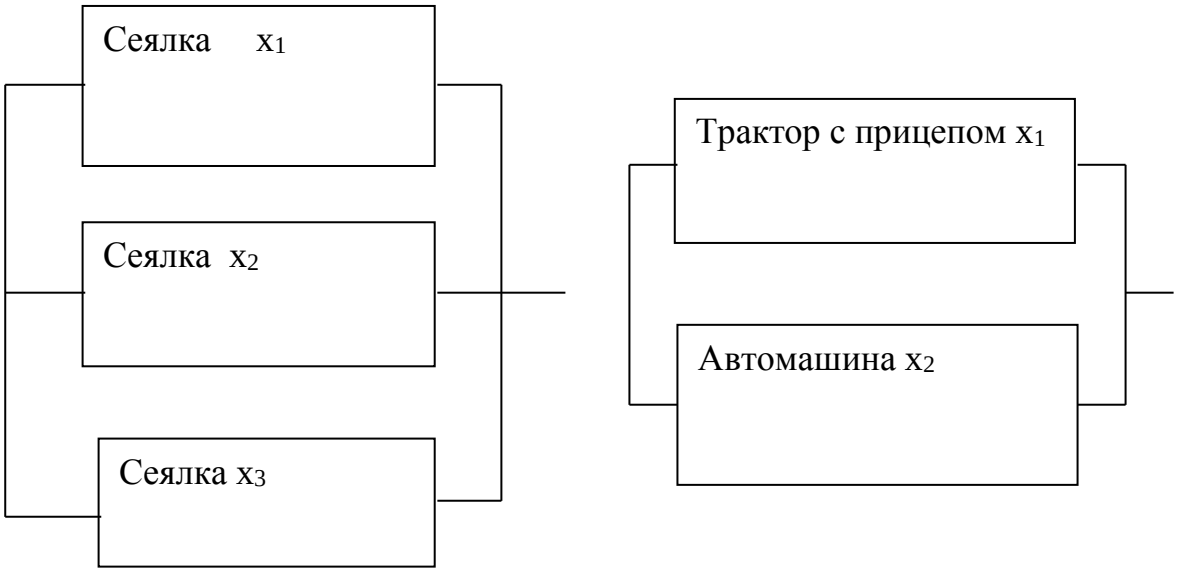


Рис. 3.3

В зависимости от периода изменяется входящий поток. В соответствии с терминологией теории сложных систем, в каждый момент времени $t \in T$ система находится в одном из возможных состоянии.

Состояние описывается следующим набором характеристик: $z_1(t)$ – число машин в очереди на обслуживание, $z_2(t)$ – число свободных постов обслуживания, $z_3(t)$ – число требований на обслуживание.

В моменты t_i в систему поступают заявки, описывавшиеся набором, i = 1, 2… Пространство характеристик заявок на обслуживание /55/

$$X = x_1 * x_2 * ... \ xi * ....* x_n \tag{3.24}$$

где x_i – множество точек;

$x_1 ... x_4$ – интервала β = 1, 2, 3, 4 (1 – ТО, 2 – эксплуатационный ремонт; 3 – ТО при хранении; 4 – плановый ремонт);

x_5 – интервала $0 \le P_{Ai} \le 1$

P_{Ai} – вероятность i-го вида оборудования; необходимого при обслуживании;

x_6 – интервалов варьирования математических ожиданий и дисперсией параметров процесса.

- Система выдавала выходные потоки обслуженных заявок. Пространство выходных наборов характеристик /55/

$$\bar{Y} = \bar{y_1} * \bar{y_2} * ... * \bar{y_i} \tag{3.25}$$

где y_1– множество γ (γ – ресурс машины);

$y_2 ... y_i$ - характеристики обслуженных заявок.

Наряду с $\bar{X}$ рассматривали множество управляющих параметров $g \in \Gamma$

Входящие наборы и управляющие параметры рассматривали как элементы единого множества, считая их точками пространства $X*\Gamma$ обобщенных входных характеристик /55/

$$(x. y) = (x_1, x_2, ... , x_n, y_1, y_2, ...y_n) \tag{3.26}$$

Тогда

$$\{ \nabla (t \in T, g + L(t), y = M(t)\} (t, x_L, g_M)_T \tag{3.27}$$

где $(t, x_i , g_м)_T$ – обобщенный входной набор характеристик.

Состояние системы в момент t_1 определялось предыдущим состоянием t_0 и набором характеристик заявки, поступающих в $t \in (t_0, t_1)$. Множество переводится во множество оператором H.

Структура параллельно-последовательной системы

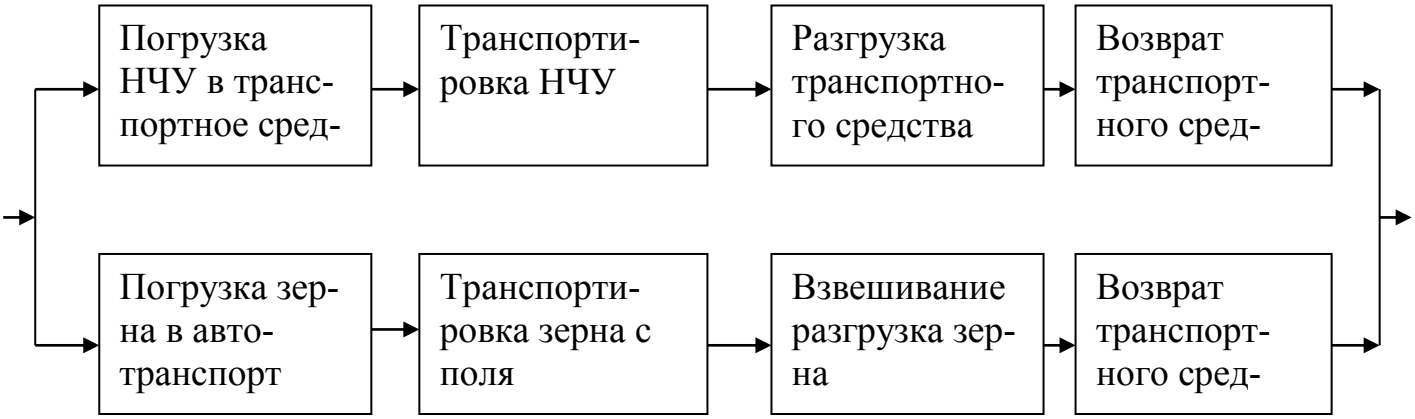


Рис.3.4

Структура последовательно-параллельной системы

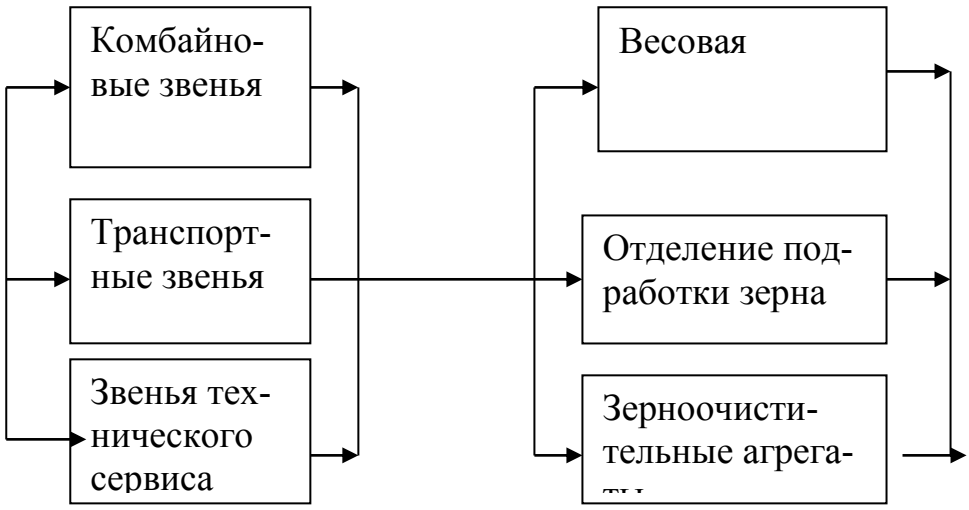


Рис.3.5

Схемы приводимых структур

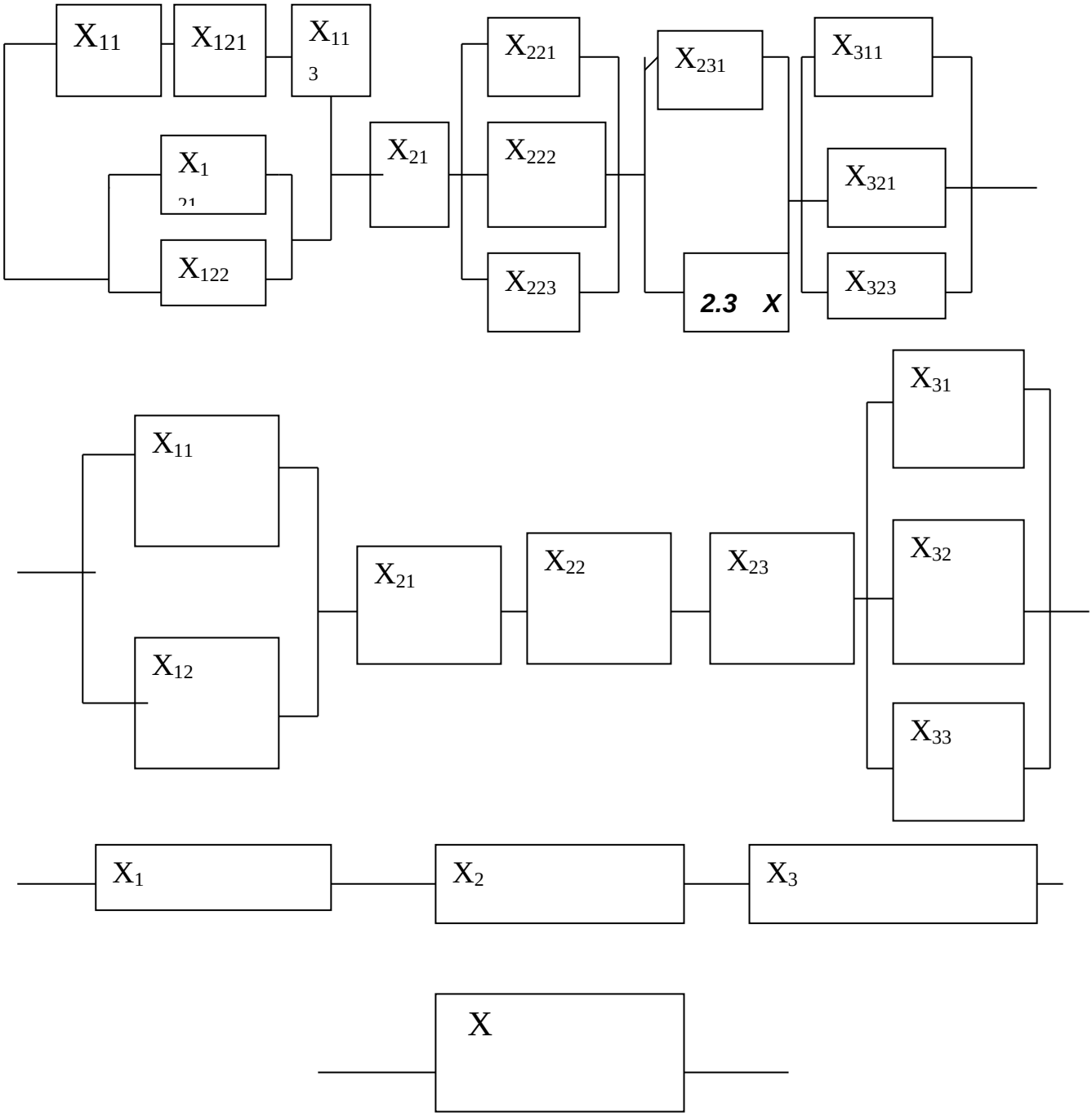


Рис. 3.6

Выходящий поток /55/

$$y = G\{t, Z(t), w\} \tag{3.28}$$

где ω выбирается из Ω в соответствии с мерой P_A.

Тогда получили движение рассматриваемой системы как случайный процесс $Z(t, \omega)$ с областью значений во множестве состояний. Принятые предположения позволили единообразно описать процесс в виде абстрактного математического объекта, определенного множествами X, Y, Z и Γ, операторами H и G.

Абстрактный объект формализуется как сеть (СеМО), имеющий структуру и механизм функционирования. СеМО можно разбить на группы по сложности и решаемым задачам. Решение задач первой группы связано с определением вероятностей состояний системы (вероятности: отказа, занятости постов, нахождения в очереди не более заданного времени, начала обслуживания заявки в момент поступления). На основании полученных вероятностей можно выяснить, справляется система с обслуживанием или работает с перегрузкой; насколько велики потери в системе; какова вероятность наличия межоперационного задела; устойчива ли работа многофазовой системы.

Решение задач второй группы позволяет определить число средств обслуживания с учетом их производительности: например, сколько необходимо ремонтных мастерских для обслуживания работающих в данный сезон в поле машин.

Решение указанных вопросов дает основание для решения задач третьей группы: обеспечение надежности и устойчивости технологических процессов машиноиспользования, рассматриваемых как сети массового обслуживания (СеМО).

Решение задач четвертой группы будет иметь прикладное значение в будущем, когда получат развитие АСУ технологическими процессами в колхозах, совхозах, РАПО. Их решение связано с организацией обслуживания запросов, поступающих в автоматизированную систему, В результате можно определить потребность в объеме оперативной информации, размещаемой в ОЗУ, на гибких магнитных дисках и т.д.

Решение задач пятой группы позволяет анализировать качества отдельных машин, систем обслуживания, СеМО и на основании анализа делать вывод о наиболее рациональной структуре системы, необходимых технологических заделах и запасах, необходимых производительностях фаз процессов. С использованием различных методов моделирования технологических процессов как СМО теоретически возможно обоснование параметров предполагаемых машин, исследование возможности использования новой техники. Важными также являются выводы о соотношениях параметров фаз СеМО и вариантов структур по эффективности, полученные по результатам моделирования СеМО и СМО. Они позволяют выбрать оптимальный вариант структуры, или соотношение параметров. Например, технологический процесс погрузки зерна на пункте его накопления, перевозки автомашинами на хлебоприемный пункт с последующим взятием проб и взвешиванием может быть представлен как СеМО. Она будет иметь следующие фазы: погрузка на автомашины, транспортировка, взятие пробы, взвешивание, разгрузка. Каждая из фаз является системой

массового обслуживания. Поток обслуживается одним или несколькими погрузчиками. Обслуженные автомашины перевозят зерно на хлебоприемный пункт, при этом имеет место обслуживание погруженных партий зерна транспортной системой “автомашина-дорога-водитель-окружающая среда”. Последняя, а также водитель и дорога вносят определенные коррективы в составленный план перевозок: из-за влияния случайных факторов продолжительность рейса является стохастическим параметром. Фазы взятия проб и взвешивания, разгрузки аналогично могут быть представлены как системы массового обслуживания.

Решение указанных задач требует использования методов математического моделирования ввиду сложности, а подчас и невозможности организации натурного эксперимента. Разработанные к настоящему времени программы моделирования написаны на процедурных языках. Однако, их использование, как показал Т. Дж. Шрайбер, достаточно трудоемко. Единая методика моделирования технологических процессов, представленных в виде последовательности технологических операций, предполагает следующие общие для различных систем моменты:

- использование генераторов случайных чисел;
- средства, помогающие “разыгрывать” случайную величину по эмпирическим или теоретическим законам распределения;
- встроенный таймер модельного времени;
- автоматическое выполнение некоторых логических операции (проверка состояния очереди и др.);
- продвижение таймера до времени возникновения ближайшего события;
- присвоение приоритетом и передача управления в эту часть модели, которая содержит алгоритм обработки ближайшего события;
- сбор стохастических данных в заданных местах модели;
- реализация дисциплины обслуживания;
- распечатка результатов.

Язык GPSS учитывает эти моменты с помощью специальных операторов и процедур, что значительно сокращает трудозатраты на создание модели, а также позволяет получить компактные модели – вследствие того, что в язык встроено максимально возможное число логических программ. Отечественным аналогом системы является, пакет прикладных программ для моделирования на ЭВМ сложных дискретных систем (ПМДС).

На моделях, имитирующих реальный процесс, могут быть, решены перечисленные группы задач (согласование производительностей отдельных элементов, обоснование уровней запасов и заделов, выбора методов резервирования исследования устойчивости и надежности систем, в условиях действия случайных факторов). Блок-схема моделирования составляется из стандартных блоков в соответствии с реально отображаемой системой. Пошаговое выполнение процедур символически изображается в виде передачи управления от од-

них блоков к другим. В ПМДС концепция передачи управления от блока к блоку имеет специфические особенности. Конфигурация блок-схемы отражает направления, по которым происходит движение перемещающихся элементов. Каждый такой элемент называется транзактом. Транзакты являются динамическими, (т.е. движущимися) элементами ПМДС-модели. Работа последней заключается в перемещении транзактов от блоков к блокам.

В самом начале моделирования в ПМДС-модели нет ни одного транзакта. В процессе моделирования транзакты входят в модель в определенные моменты времени в соответствии с теми логическими потребностями, которые возникают в моделируемой системе. Транзакт перемещается от блока к блоку, причем они представляют собой точки обращения к подпрограммам. Конечные блоки являются точками вывода транзактов. Предпосылкой возможности применения системы ПМДС как единой методики моделирования систем эксплуатации сельскохозяйственной техники являются особенности технологического процесса ее использования. Предмет труда выступает в качестве транзактов, обслуживаемых в СеМО, которые идентифицируются пакетом ПМДС. Например, транзактом может служить порция обрабатываемого материала, заявка на обслуживание и др.

С целью обоснования рационального варианта структуры технических средств и запасов возможно использование статистической модели технической эксплуатации машин ремонтно-обслуживающими рабочими, которое находится вместе со средствами механизации труда по техническому обслуживанию и эксплуатационному ремонту возле обслуживающих машин. Сменные узлы и агрегаты размещаются в звене ТО и на СПТО. Плановое техническое обслуживание выполняется во время пересмены, однако разрегулировки, накопление необратимых изменений в деталях и узлах, не предвиденные при проектировании концентрации нагрузок, физико-химические процессы и др. вызывают в случайный момент времени смены t_i неисправность какой-либо обслуживаемой машины и, соответственно, потребность в запчастях и выполнении операций технического обслуживания или эксплуатационного ремонта.

Считали, что механизатор-водитель машины обслуживает заявку сам, если и не требуется использование технологического оборудования и запчастей. Вероятность такого события – p_M. В противном случае, заявку выполняют ремонтно-обслуживающие рабочие при условии, что в их распоряжении имеется соответствующее технологическое оборудование и запчасти; вероятность такого события – p_A. Наконец, потребность в выполнении операций технического обслуживания или ремонта удовлетворяется на стационарном пункте технического обслуживания или в ремонтной мастерской. Если ее выполнение в полевых условиях невозможно или продолжительность ожидания обслуживания превышает затраты времени (G) на доставку обслуживаемой машины к стационарному ПТО и обратно, перевозку сменных частей. Встречаются заявки различной срочности. В первую очередь устраняются отказы, неисправности, грозящие аварией. Вероятность возникновения таких заявок – p_B.

По окончании обслуживания машина включается в рабочий процесс.

При обслуживании заявки ремонтно-обслуживающими рабочими с использованием *i*-го оборудования передвижного агрегата или сменной части из-за некачественного выполнения операций, заявка может повториться вновь через интервал времени τ_K с вероятностью p_K.

Одновременно может быть использовано следующее оборудование "поста А": слесарное совместно с электросварочным, моечным, обдирочно-шлифовальным, компрессорным, кузнечным, заправочным или газосварочным; заправочное совместно со смазочным, запчасти в любом сочетании.

При обслуживании заявки на стационарном ПТО используется *j*-е технологическое оборудование или запасная часть ($j=1...N$-оборудование, $N<j<\mu_з$ запчастъ).

В случае, если рабочие ремонтно-обслуживающего звена не оснащены необходимым оборудованием и инструментом, запчастями, их работа малоэффективна. Ситуация, когда звено оснащено всем необходимым оборудованием и запчастями, также не является рациональной с точки зрения материальных затрат, так как отдельное оборудование, в силу закона редких событий, используется незначительно.

Допустили: требуется найти структуру размещения запчастей, исходя из их номенклатуры и состава технологического оборудования штата ремонтно-обслуживающего звена, особенностей обслуживаемой системы, обеспечивающий эффективность процесса технической эксплуатации машин (например, процесс обслуживания группы зерно- или силосоуборочных комбайнов, посевных агрегатов и т.д.) и структуру технологического оборудования.

Формализация процесса проводилась согласно приведенной структуре (см. рис.3.7) обслуживаемая система – "группа машин"; входящий поток требований – заявки на обслуживание (t, x_L).

3.2. Основные модели надежности

Рассмотрим как систему машиноиспользования, так и подсистему эксплуатационного обеспечения безотказной работы МТА с точки зрения теории восстановления. Основные задачи и методы их решения отмеченной теории рассмотрели Д.Р. Кокс, В.Л. Смит, W. Feller, Ф. Прошан, R. Barlow и др. Основные предпосылки теории исходят их следующего. Рассматривается случайная величина x, имеющая функцию распределения F(x), причем /26, 281, 376/

$$f(x) = F`(x), \tag{3.29}$$

$$F(x) = P\{X \le x\} = \int_0^{\infty} f(u)du \tag{3.30}$$

где x – безотказность трактора, МЭС, МТА;

$F(x)$ – функция надежности.

Функция надежности имеет в этом случае вид /26/

$$F(x) = P\{ X > x\} = 1 - F(x) \tag{3.31}$$

и означает, что элемент не откажет до момента времени x. Очевидно, что /26/

$$F(0) = 1, F(\infty) = 0, f(x) = - F`(x) \tag{3.32}$$

Плотности распределения $f(x)$ эквивалентна функция интенсивности отказа $\varphi(x)$ /26/

$$f(x) = \varphi(x) \exp\left\{ - \int_0^x \varphi(u) d(u) \right\}. \tag{3.33}$$

В случае экспоненциальной функции $f(x)$ функция надежности равна /376/

$$F(x) = e^{-\rho x} \tag{3.34}$$

Интенсивность поступления требований на устранение отказов от парка машин является суммой независимых случайных величин $x_1, \ldots, x_n$ с распределением $f_1(x), \ldots, f(x)$.

С использованием преобразований Лапласа можно установить факт равенства произведения математических ожиданий взаимно независимых случайных величин математическому ожиданию произведения x_n. Аналогично плотность суммы имеет после преобразованный вид /26, 376/

$$\int_{-\infty}^{\infty} \ldots \int f_1(u_1) * f_2(u_2 - u_1) \ldots f_n(x - u_{n-1}) du_1 \ldots du_{n-1} \tag{3.35}$$

Выражение (3.35) носит название свертки функций $f_1(x) \ldots f_n(x)$. В теории ЭМТП установлена идентичность видов распределения потоков отказов, в этом случае сумма $x_1 + \ldots + x_n$, обозначенная как n-кратная свертка функции $f(x)$, имеет преобразование Лапласа

$$f^*_{(n)}(s) = - \{ f^*(s) \}^n. \tag{3.36}$$

Основные модели надежности относятся к простому и общему процессам восстановления, длительности для r-го восстановления $S_r = x_1 + \ldots + x_r$.

Допустим, эксплуатируется группа машин, имеющая отказы не выше 1 категории сложности; в моменты отказа практически немедленно происходит восстановление. По опытным данным, продолжительность восстановления отмененных отказов при наличии запчастей занимает менее 0,1 % от продолжительности периода восстановления машин в среднем, что подтверждает правомерность допущения. Интервалы времени между отказами – $x_1, x_2\ldots$ Первый отказ происходит по истечению x_1, второй – $x_1 + x_2$ и т.д.

$$s_r = x_1 + x_2 + \ldots + x_r \tag{3.37}$$

Система (3.30) называется простым процессом восстановления, частный случай которого – пуассоновский процесс восстановления. Наиболее важная характеристика – число восстановлении N_t за время t. Функция восстановления есть среднее значение величины /26/

$$H(t) = M[Nt], \tag{3.38}$$

Причем

$$M\left\lfloor N_{t_1 t_2} \right\rfloor = H(t_2) - H(t_1) \tag{3.39}$$

Среднее число (плотность) восстановления является производной от функции /26/

$$h(t) = H`(t) \tag{3.40}$$

Общий процесс восстановления в отличие от (3.40) имеет отличное от всех других распределение длительности b $[0, t_1]$ и относится к случаю, когда процесс восстановления начался в достаточно отдаленном прошлом. Наблюдение начинается в момент t=0, длительность работы до первого отказа (кроме времени возвращения) имеет плотность распределения $f(x)\cdot\mu^{-1}$. Этот процесс восстановления называют стационарным. Задачи нахождения для описанных моделей (простой, общий и пуассоновский процессы) таких параметров, как: распределение числа восстановлении, моменты числа восстановлении (функция, плотность, дисперсия, старшие моменты), время (обратное и прямое) восстановления, изложены в /376/.

Процессы эксплуатационного обеспечения и машиноиспользования являются обобщениями, возможны варианты обобщения:

- ♦ наложение нескольких простых процессов восстановления;

♦ альтернативный процесс накопления, характеризующийся наличием элементов двух типов;

♦ процессы накопления, в которых с r-м отказом простого процесса восстановления взаимосвязана случайная величина (стоимость замены *r*-го элемента и др.).

Процессы машиноиспользования как сложные системы могут быть идентифицированы моделями надежности систем с разветвленной структурой, как обслуживаемые, так и необслуживаемые, с резервированием и без него.

Надежность системы с разветвленной структурой может быть записана в виде /26/

$$R_c = \sum_{i=1}^{m} C_i * R^i (1-R)^{m-i} \tag{3.41}$$

то есть для системы двух последовательных элементов

$$R_r = R^2 \text{ и т. д.} \tag{3.42}$$

В общем случае надежность системы R_c рассчитывается способом Эзари и Прошана: это способ вычисления верхней и нижней границ надежности по минимальному пути

$$F(t) = \sum_{e \in E} p(e) \tag{3.43}$$

Подставляя верхние и нижние границы надежности элементов в (3.43), можно получить соответствующие границы надежности /26/. Частные случаи формулы (3.43) для различных схем приведены в таблице приложения.

Рассмотрим модель надежности в виде марковского процесса со счетным числом состояний (работа, восстановление, ТО, хранение, ожидание обслуживания и т.д.). Например, имеется простейшая непрерывно работающая система (центробежный насос, вентилятор и т.д.) либо работает, либо восстанавливается: x_1 – работоспособное состояние; x_2 – отказ и восстановление. Используя мнемоническое правило: производная включает число членов, равное числу стрелок у *x i*-го состояния; каждый член равен произведению вероятности того состояния, из которого выходит стрелка; на параметр потока, переводящего систему по данной стрелке. Правило знаков: если стрелка направлена в *i*-е состояние, то “плюс”, в противном случае – “минус”.

Тогда

$$\begin{cases} dp_1(t)/dt = -p_1(t_0\,\lambda + p2\,(t)\mu \\ dp_2(t)/dt = p_1(t)\lambda - p2(t)\mu \end{cases} \tag{3.44}$$

Используя условия нормирования

$$p_1(t=0) = 1;\ p_2(t=0) = 0$$
$$p_1(t) + p_2(t) = 1 \quad \rightarrow \tag{3.45}$$

при интегрировании и применении преобразований Лапласа, получаем при x_1 значение коэффициента готовности /376/

$$p_1(t) = \tau/(\tau + \tau_в),\ \ \tau = \lambda^{-1},\ \tau_в = \mu^{-1}. \tag{3.46}$$

Для нахождения вероятности безотказной работы, то есть нахождения в состоянии x_1, на основании графа переходов записывается уравнение /376/

$$dp(t)/dt = -\lambda p_1(t), \tag{3.47}$$

при начальном условии $p1(t=1) = 1$

$$s^*p_1(s) + \lambda p_1(s) = 1, \rightarrow$$
$$p_1(s) = 1/(s + \lambda). \tag{3.48}$$

Функция-оригинал имеет вид /28/

$$p(t) = e^{-\lambda t} \tag{3.50}$$

Среднее время безотказной работы определяется интегрированием функции вероятности состояний /376/

$$\tau = \int_0^\infty p(t)dt = \bar{p}_1(s)\big|s = 0 = 1/(s + \lambda\big|s = 0 = 1/\lambda. \tag{3.51}$$

Изложенную модель рекомендуется применять для решения задач надежности (определения коэффициента надежности, вероятности безотказного состояния и среднего времени безотказной работы) систем с более сложным графом состояний.

Например, на машинном дворе сельхозмашина хранится (x_1) в течение времени $\tau_{нр}$ затем включается в работу (x_2). Отказы во время работы для службы машинного двора оборачиваются штрафом, для эксплуатирующего персонала – потерей урожая и зарплаты.

Например, машинный двор работает на аренде и прокате техники. По требованию механизатора сельхозмашина выдается в прокат. Если во время использования машина отказывает (из состояния x_2 переходит в состояние x_3), то она восстанавливается работниками машинного двора и возвращается в ра-

боту (состояние x_2). По окончанию срока проката сельхозмашина возвращается на машинный двор (состояние x_1), где она должна находиться в работоспособном состоянии. Для этого на машинном дворе по истечению некоторого срока сельхозмашина диагностируется, ремонтируется при необходимости и ставится на хранение. При хранении периодически контролируется ее состояние и, при необходимости, устраняются возникшие отказы или предупреждаются неисправности путем поддержания состояния консервации. Соответствующие потоки отказов обозначены как λ_2 и λ_3, потоки восстановления – μ_2 и μ_3 (рис.3.1).

По изложенному выше правилу составили дифференциальные уравнения

$$\begin{gathered} dp_1/dt = - p_1(t)(\lambda_1 + \lambda_3) + \mu_1 p_2(t) + \mu_3 p_3(t), \\ dp_2(t) = \lambda_1 p_1(t) + \mu_2 p_3(t) - p_2(t)(\mu_1 + \lambda_2), \\ dp_3(t)/dt = \lambda_1 p_1(t) + \lambda_2 p_2(t) - (\mu_3 + \mu_2) p_3(t), \\ p_1(t=0) = 1;\ p_2(t=0) = p_3(0) = 0. \end{gathered} \tag{3.52}$$

Применив преобразования Лапласа, получили

$$\begin{gathered} p_1(s)(s + \lambda_3 + \lambda_1) - p_2(s)\mu_1 - \mu_3 p_3(s) = 1, \\ p_1(s)\lambda_1 - (s + \mu_1 + \lambda_3) p_2 s) + \lambda_1 p_3(t) \\ p_1(s)\lambda_3 + \lambda_2 p_2(s) - (s + \mu_2 + \mu 3) p_3(s) = 0. \end{gathered} \tag{3.53}$$

Решая систему уравнений можно получить выражение для коэффициента готовности как динамическую функций и вероятность нахождения сельхозмашин в работоспособном состоянии /281,376/

$$\begin{gathered} K_г(t) = (\mu_1\mu_2 + \mu_1\mu_4 + \lambda_3\mu_3)[\ \mu_1\mu_3 + \mu_1\mu_2 + \lambda_2\mu_3 + \\ \mu_1\lambda_3 + \mu_2\mu_3 + (\lambda_3 + \mu_2)^{-2}]^{-1} + \lambda_3(\lambda_3 + \mu_3 + \lambda_1)^{-1} e^{-(\lambda 3 + \mu 3 + \mu 2)t} + \\ + \mu_2(\mu_2 + \mu_1 + \lambda_3)^{-1} e^{-(\lambda 1 + \mu 1 + \lambda 3)t}; \\ p = (\mu_1\mu_3 + \mu_1\lambda_2 + \lambda_2\mu_3)[\mu_1\mu_3 + \mu_1\mu_2 + \lambda_3\mu_3 + \mu_1\lambda_3 + \mu_2\mu_3 + (\lambda_3 + \mu_1)^2]^{-1}\ . \end{gathered} \tag{3.54}$$

Задавшимся значениями λ_1=240; μ_1=210; λ_2=41,9; μ_2=24,4; λ_3=55,5; μ_3=52,9, при расчете получаем p=0,246.

Следовательно, вероятность нахождения сельхозмашин на машинном дворе составит 0,246 (в среднем около 24,6 %). Если же техника на машинном дворе обслуживаться не будет, она будет чаще на него возвращаться из-за отказов. Вероятность нахождения сельхозмашин на нем увеличится до /281/

$$p = 210 \cdot 24.4/[210 \cdot 24.4 + (41.9 + 24.4)^2] = 0.538.$$

В среднем в 2,2 раза увеличится время нахождения техники на машинном дворе из-за отказов.

Граф состояний системы

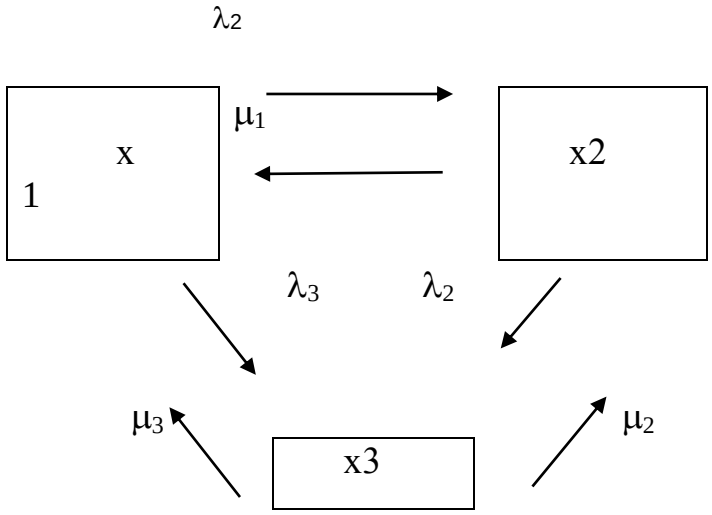


Рис. 3.7

3.3 .Методика моделирования

3.3.1. Математическое моделирование технологических систем использования МЭС и комплексов машин к ним включает в себя математическое описание входящих процессов и объекта исследований с учетом декомпозиции и иерархии моделей.

Анализ конкретных систем эксплуатационного обеспечения рекомендуется начинать с анализа входящего потока и рассмотрения всех состояний, в которых она может находиться.

Входящий поток требований на обслуживание (ремонт, ТО, операции технологического процесса производства сельскохозяйственной продукции) может быть стационарным, нестационарным, ординарным, неординарным, с последействием или без него, детерминированным или стохастическим.

В практике сельскохозяйственного производства возможны два вида входящих потоков: регулярный и случайный.

3.3.2. Рассмотрим первый случай: требования поступают через равные промежутки времени, обслуживание производится так же; пост обслуживания

- один. Это могут быть: процесс восстановления деталей на ремпредприятии, налаженный процесс транспортирования на близкие расстояния, работа средства механизации линии кормоцеха. Машина технологической линии на входе имеет поток с параметром λ, обслуживает с параметром μ.

Коффициент $a = l/m$ может быть больше, меньше или равен единице. Если она больше единицы, то образуется очередь, которая возрастает постоянно.

В других случаях процесс обслуживания стабилизируется по следующей причине: при обслуживании очередь из n_1 требований в течение времени t_1 вновь поступит n_2 требований; причем, в силу регулярности /58/

$$t_{вх} = M[t_{вх}], \qquad тоб = M[t_{об}], \tag{3.55}$$

$$l = 1 / M[t_{вх}],\ m = 1 /M[t_{об}], \tag{3.56}$$

$$a = \lambda / m = M[t_{об}] / M[t_{об}] = t_{об}/t_{вх}, \tag{3.57}$$

$$n_2 = t_1/t_{вх}, \tag{3.58}$$

В общем случае

$$n[i] = t[i-1] / t_{вх}\ , \tag{3.59}$$

где $t_1 = n_1 t_{об}, \ldots , t[i] = n[i-1]t_{об}$,

n_1 - первоначальная длина очереди.

Очередь исчезает в тот момент, когда интервал между поступлением требований становится больше времени обслуживания предыдущих требований. Прошедшее к этому моменту время можно вычислить по формуле для суммы членов арифметической прогресии.

3.3.3. В рассматриваемых системах машиноиспользования, как правило, потоки имеют вероятностный характер входящий поток называют ростейшим в случае его стационарности, ординарности и отсутствия последействия.

При сложении потока событий от n = оо источников результирующий поток стремится к простейшему.

Два основных свойства простейшего потока состоят в том, что вероятность возникновения m событий за время t описывается законом Пуассона , а распределение временных интервалов между событиями является экспоненциальным /58/.

По данным наших исследований, простейшими являются потоки требований на выполнение ремонтно-обслуживающих работ в характерные периоды полевых работ: ранневесенний, весенний, весенне-летний, уборочный, послеуборочный, осенний, зимний.

Входящий поток может быть нестационарным с мгновенной интенсивностью $W[t]$. В этом случае вероятность появления ровно μ требований за время t подчиняется закону Пуассона.

Простейший поток является частным случаем потока Пальма; последний имеет ограниченное последействие. Чаще всего он наблюдается на выходе обслуживающих систем: если на вход поступает простейший поток, то на выходе будет иметь место поток Пальма. Если же из потока "выбрасывается" k требований подряд, а сохраняется $k+1$ требование, то получается поток Эрланга k-го порядка. При неограниченном увеличении k нормированный поток Эрланга приближается к регулярному с интервалом λ в степени (-1) /58/.

Для моделирования машиноиспользования важным свойством потока Эрланга является то, что им можно заменить поток заявок, имеющий последействие. Например, требования на устранения отказов поступают в среднем через $T = 12$ ч при стандарте, равном шести часам. Тогда плотность потока $\lambda = 1/T = 0{,}083(3)$. Используя известную зависимость, находим: $k + \lambda = 4$. Следовательно, для расчетов можно использовать параметры потока Эрланга третьего порядка. Для проверки гипотезы о стационарности необходимо прежде всего знать среднее значение параметра потока отказов. Например, во время хронометража на машинный двор сельхозпредприятия поступают требования в следующем порядке: с 8 час до 10 час - одна и с 10 до 12 - одна, с 12 до 14 - две, с 14 до 16 - три, с 16 до 18 - одна. Соответственно работало девять, девять, восемь, семь и девять машинно-тракторных агрегатов.

По формуле для математического ожидания вычислили значения λ[t] по отмеченным интервалам. Они составили: 0,056; 0,125; 0,125; 0,214; 0,056. Для проверки гипотезы о стационарности можно использовать f^2 критерий /58/

$$f^2 = \sum_{j=1}^{1} (\lambda - 1)\lambda, \qquad (3.75)$$

где 1 - количество интервалов, 1 = 5,

$\lambda[t]$ - среднее значение, λ[t] = 1,8;

тогда f = 1,556.

Известно, что число степеней свободы опреляется как число интервалов минус два. По соответствующим таблицам с вероятностью 0,5 гипотеза о стационарности не опровергается. Математическое ожидание $M[\lambda]$ используется для вычисления доверительных интервалов по известной методике, причем степени свободы $Wн$ и $Wв$ равны удвоенному значению количества наблюдений в том случае, если это количество задано. В противном случае $W_н = 2\mu = 2$; $W_н = 2\mu$ /58/.

Задавшись значением $\alpha = 0{,}1$, для $W_н = 20$ и $W_в = 18$ по таблицам f^2 нашли: f^2 (20) = 10,85; f^2 (18) = 28,87.

Если при вычислениях воспользоваться "Сборником статистических таблиц" Д. Оуэна, то необходимо учесть, что в таблице критических значений для х распределения $f = w$ и доверительная вероятность равна 1 - а.

Среднее значение $M[\lambda]$ определится как сумма математических ожиданий, а доверительный интервал - по формуле /58/

$$\frac{\chi^2_{1-\alpha/2}(\omega_н)}{2\sum_j^N t_j} \le \lambda \le \frac{\chi^2_{\alpha/2}(\omega_в)}{2\sum_j^N t_j}. \qquad (3.76)$$

Подставляя вычисленные значения в формулу для нашего примера, получим $1{,}09 < \lambda < 2{,}89$. Для рассматриваемого примера сумма T_j от j до N равна 0,105. Теоретические значения математических ожиданий по интервалам наблюдений соответственно равны: 1,89; 1,68; 1,68; 1,47 и 1,89. Доверительные границы равны: $0{,}06 < \lambda < 9{,}39$; $0{,}06 < \lambda < 0{,}21$ (рис.3.1). Поскольку в данном примере все значения l "накрываются" доверительным интервалом, гипотеза о стационарности принимается.

Вариант изменения параметра входящего потока

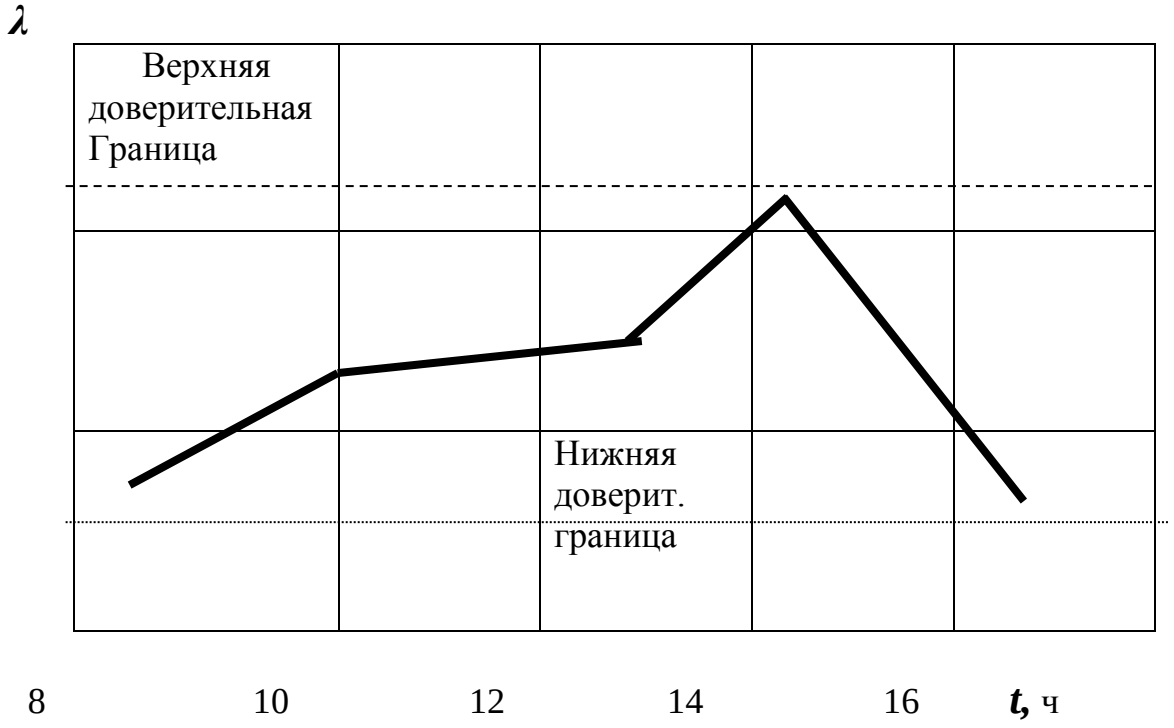


Рис. 3.8

3.3.4. Для расчетов параметров систем использования МЭС и комплексов машин к ним необходимо знать потоки отказов эксплуатируемого парка. Так как реальных парков МЭС пока нет, входящий поток рекомендуется формировать, воспользовавшись тождеством Вальда. Последнее устанавливает правила оперирования с суммами независимых случайных потоков от каждого

МЭС. Следствие данного тождества: возможность описания входящего потока требований от гипотетического парка МЭС и комплекса машин к ним на базе данным МИС с использованием отмеченного свойства экспоненциального распределения.

3.3.5. Частные процессы эксплуатации МЭС, технического обслуживания, восстановления работоспособного состояния в основном описываются известными методами теории массового обслуживания, которая является приложением марковских процессов.

Для этого исследуемый процесс разбивается на "посты обслуживания" или фазы (операции), в которых происходит "обслуживание" (ремонт, техобслуживание, загрузка машины, вспашка поля, посев и т.д.). Предмет труда представляется в виде потока заявок (требований) на обслуживание, который в общем виде носит случайный характер.

Если поток заявок описывается законом Пуассона, а их обслуживание - экспоненциальным законом, то говорят о случае с пуассоновским входящим потоком и экспоненциальном механизме обслуживания. Этот случай адекватно описывается аналитическими соотношениями теорий массового обслуживания и восстановления.

Рассмотрим методические основы моделирования технологических процессов, имеющих структуру систем массового обслуживания, в новых условиях хозяйствования: в условиях конкуренции и экономических взаимоотношений.

В соответствии с классификацией Кендалла, данные системы могут быть одно- и многопостовыми, разомкнутыми и замкнутыми, с ожиданием и без ожидания. Входящий поток может быть Пуассоновским, эрланговским, произвольной последовательностью независимых, но одинаковым образом распределенных случайных величин.

В ряде случаев (поток отказов - простейший, механизм обслуживания - экспоненциальный) приемлемы аналитические методы описания. Когда число обслуживаемых машин достаточно велико, распределение интервалов между поступлениями требований и продолжительностей обслуживания - экспоненциальное, система идентифицируется уравнениями для разомкнутой СМО. Для описания работы группы машин при отмеченных параметрах используется модель замкнутой системы.

Модели систем МО с последовательно расположенными постами (подсистемами обслуживания) применяются для описания операций с резервами (межоперационными заделами): если звенья зерноуборочных комбайнов не справляются своевременно с уборкой, может включаться в работу резерв.

Аналогично - на вспашке, севе и др. Варианты системы: разнотипные машины в обслуживающей системе, их различное количество в работе и резерве. Ремонтно-обслуживающие работы по сельхозмашинам при перегрузке штата машинного двора можно передать в ремонтную мастерскую, в этом случае обслуживающие посты будут разнотипными. Для системы с

однотипными постами выходные параметры определяются по формулам Эрланга.

Структуры систем использования и технического обслуживания МТА на базе теории надежности /376/

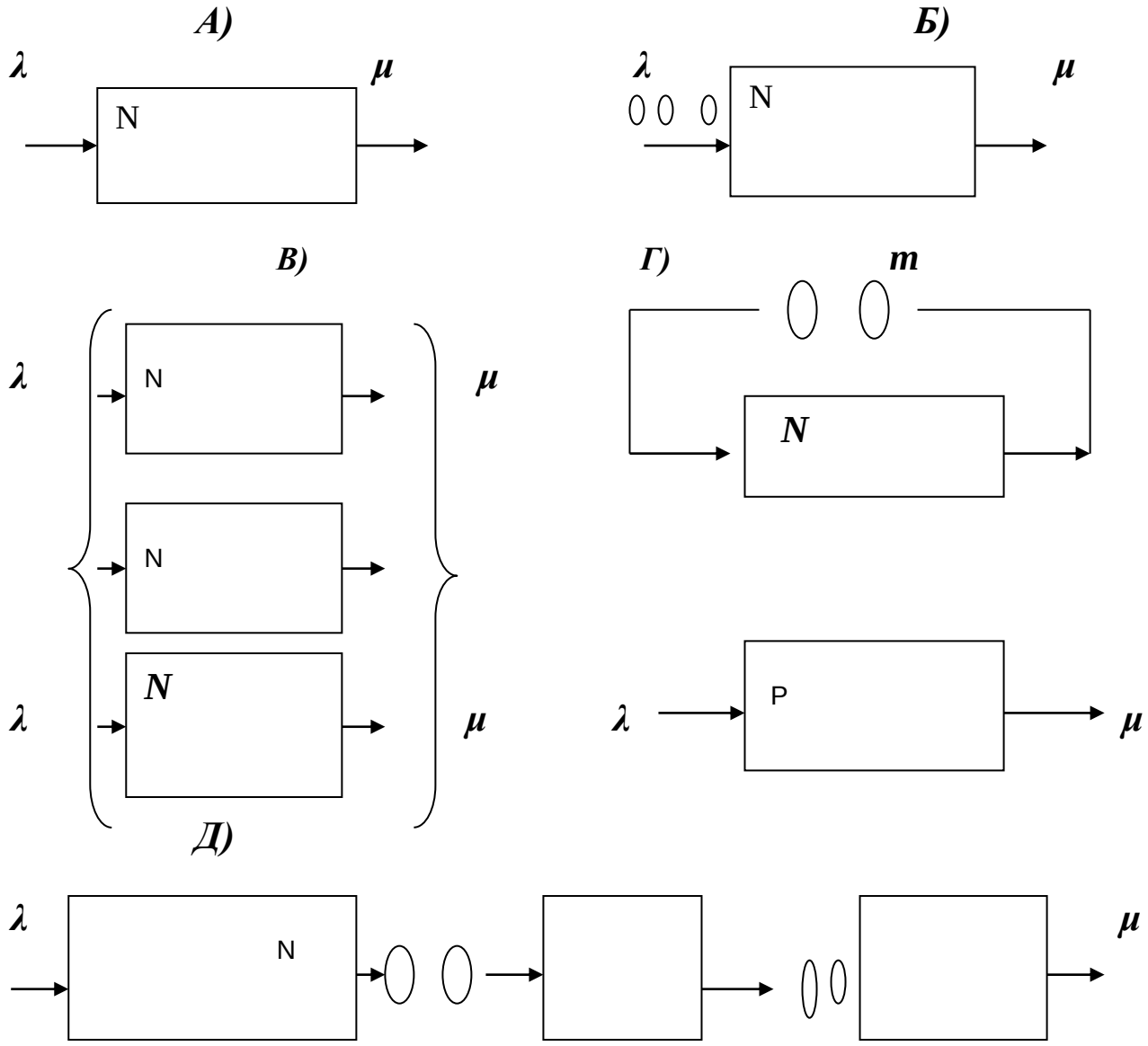


Рис. 3.9

Например, в межхозяйственном предприятии по механизации (агрокомбинате, агрофирме на базе нескольких хозяйств) за день возникает 96 отказов. Имеется 36 стационарных постов по устранению отказов в подразделениях (спецотделениях), 15 передвижных постов; оборудовано 6

постов при ЦРМ. Устраняются отказы в районной системе ТО и ремонта (типа МТС), либо в производственных подразделениях или на центральных усадьбах хотзяйств, либо с помощью передвижных бригад; причем отказ устраняется передвижной бригадой при загрузке стационарных постов. Подобная схема обслуживания имеет место при системе дилеров.

3.3.6. В рассматриваемых системах машиноиспользования, как правило, потоки имеют вероятностный характер. Они описываются в основном методами статистического моделирования. Разработанные к настоящему времени программы моделирования написаны на процедурных языках.

Однако их использование, как показал Т. Дж. Шрайбер, достаточно трудоемко в сравнении с системой моделирование GPSS. Предложенная Т. Дж. Шрайбером единая методика моделирования технологических процессов, представленных в виде последовательности операций (СеМО) включает общие для всех вариантов моменты: использование генераторов случайных чисел; разыгрывание случайной величины по заданным эмпирическим или теоретическим законам распределениям; встроенный таймер модельного времени; автоматизация логических операций проверки очереди и др.; продвижение таймера до ближайшего события, сбор стохастических данных о процессе; реализация установленной дисциплины очереди, распечатка результатов.

Рекомендуется к использованию отечественный аналог GPSS - пакет прикладных программ для моделирования на ЭВМ сложных дискретных систем (ПМДС).

3.3.7. Для решения практических задач надежности и эффективности предлагается к использованию разработанная в ВИМ модель данного типа, описывающая СеМО, например, технологическую систему использования уборочной техники.

Действительно, процесс скашивания в валки, последующего их обмолота, отвоза зернового вороха на пункты накопления зерна с последующей очисткой на ЗАВах, уборки незерновой части урожая и др. можно представить как процесс обслуживания условных объектов - транкзактов (порции зерно, участки поля, копны соломы).

Последние обслуживаются в СеМО, имеющей соответствующие технологическим операциая фазы. Между фазами по определенным технологией правилам циркулируют транзакты, образую входящие и выходящие потоки, которые описоваются законами распределения. Вид и параметры последних можно определить опытным путем.

Статистическая (имитационная, по методу Монте-Карло) математическая модель в системе ПМДС составляется из отдельных блоков, каждый из которых соответствует одной из технологических операций. Пошаговое выполнение процедур моделирования символически изображают на схеме алгоритма моделирования в виде передачи управления от одних блоков к другим.

Специфика системы моделирования ПМДС в том, что конфигурация блок-схемы алгоритма моделирования отражает направления, по которым движутся транкзакты, то есть они являются динамическими (движущимися) объектами, в отличие от блоков. Блоки имитируют операции (фазы, посты, каналы) обслуживания. Работа модели заключена в перемещении транкзактов по направлениям, указанным на блок-схеме, от блока к блоку.

В начальный момент в модели нет ни одного транкзакта. В процессе моделирования транзакты входят в модель в определенные моменты времени в соответствии с логикой процесса производства сельхозпродукции.

Вошедший в модель системы транзакт перемещается от блока к блоку, причем они представляют собой точки обращения к подпрограммам. Конечные блоки являются местом выхода транкзактов. Структура системы описывается *K*-сетью или *R*-сетью.

Предпосылки применения модели GPSS как универсальной, позволяющей исследовать надежность и устойчивость технологических систем по производству сельхозпродукции: в характерные периоды полевых работ функционируют многофазовые подсистемы, предмет труда обрабатывается более чем в одной фазе и может быть представлен в виде транзакта, фазы представляют собой машинно-тракторные агрегаты, транспортные или технологические звенья и могут быть идентифицированы блоками модели GPSS.

Описанная статистическая модель предназначена, в частности, для согласования производительностей отдельных операций, обоснования уровней межоперационных запасов и заделов, выбора метода резервирования, исследования устойчивости и надежности систем машиноиспользования и др.

Основой моделей являются математические структуры.

3.4. Математические структуры

3.4.1. Под структурой системы понимали совокупность элементов и характер связей между ними. Рассматривали следующие виды элементов: производственный, технический, конструктивный и алгоритмический. Структуры обеспечения надежности и эфффективности должны на основе учета внешних условий упреждать отказы недостаточно надежных МЭС и комплексов машин к ним, тем самым сокращая потери от простоев. Следовательно, вопрос состоит в коррекции машиноиспользования за счет специальных структур: производственно-технических, математических. Математические структуры включают в себя структурные функции, структуры математического обеспечения (иерархия), классификации, структуры процессов и алгоритмов.

На стадии исследований анализ надежности системы со сложной структурой сводится к ее представлению в виде графа и эквивалентной функции /376/.

Таблица 3.1

Структурные функции надежности сложных систем машиноиспользования различной конфигурации на основе теории надежности /376, 26/

Структура системы	Структурная функция
1	2
Последовательная система	$\Phi(x) = \bigcap_{1 \le i \le n} x_i \quad \Phi(x) = \bigcup_{1 \le i \le n} \bar{x}_i$ $\bigcap_{1 \le i \le n} x_i = x_1 \wedge x_2 \wedge \ldots \wedge x_n$
1	2
Параллельная система	$\Phi(x) = \bigcup_{1 \le i \le n} x_i \qquad \overline{\Phi(x) = \bigcap_{1 \le i \le n} \bar{x}_i}$
Последовательно-параллельная система	$\Phi(x) = \bigcup_{1 \le j \le N} \bigcap_{1 \le i \le nj} x_{ji}$ $\overline{\Phi(x) = \bigcup_{1 \le j \le N} \overline{\bigcup_{1 \le i \le n} x_{ji}}}$
Параллельно-последовательная система	$\Phi(x) = \bigcap_{1 \le i \le M} \bigcup_{1 \le i \le mj} x_{ji}$ $\overline{\Phi(x) = \bigcup_{1 \le j \le M} \bigcup_{1 \le i \le mj} \bar{x}_{ji}}$
Произвольный вид, минимальный путь	$\alpha_j(x) = \bigcap_{i \in A_j} x_i$

Возможны несколько типов структур: последовательная, параллельная, последовательно-параллельная, параллельно-последовательная, приводимая и неприводимая (рис.3.2-3.7). Соответствующие структурные функции приведены в таблице 3.1. см. стр. 95 книги.

3.4.2. Последовательная структура характеризуется тем, что отказ хотя бы одного элемента (трактора или машины в МТА) приводит к отказу системы. Интенсивность отказов системы равна сумме интенсивностей отказов ее элементов. Практически все системы использования МЭС - последовательные.

Параллельная система состоит из одного основного и (*n-1*) резервных элементов. Она работоспособна тогда и только тогда, когда, по крайней мере, один элемент находится в работоспособном состоянии. В принципе любая

структура может быть построена так: задается множество вершин, две из которых - полюсы графов, а между остальными по определенным правилам строятся ребра.

Правила построения ребер задаются технологией. При возможности структура приводится к более простой: в большинстве случаев до двухполюсной. Неприводимые структуры подлежат оптимизации. Оптимальная структура в виде минимального пути без петель (циклов и висячих ребер) подлежат анализу с точки зрения надежности. В последовательной системе минимальным путем является множество всех ее ребер. В параллельной системе каждый путь есть ребро; число простых путей равно числу ребер в системе. Вершины ребер означают техническое состояние, ребра - переходы из состояния в состояние. Таким образом, структуры отражают физику идентифицируемого процесса, которая состоит в следующем.

Так как объект исследований представляет собой совокупность множества элементов (МТА, агрегатов и узлов МТА, обрабатываемых материалов, трудовых ресурсов), то их функционирование можно было бы считать упорядоченным в случае исключения влияния случайностей.

Однако это невозможно в силу действия случайных факторов. Кроме того, рассматриваемая система обменивается с окружающей средой массой, энергией, характеризуется многооперационностью, многофазовостью, интенсивными и экстенсивными показателями, рассосредоточенностью, дискретностью, характерными периодами полевых работ.

3.4.3. Источники заявок классифицировали следующим образом: работающий МТП (тракторы, МТА бригад, звеньев, крестьянских хозяйств), неработающий МТП (в ремонте или на хранении). Работающий МТП - это участвующие в полевых работах МТА, МЭС, зерноуборочные и другие комбайны. Его состав изменяется в соответствии с характерным периодом.

Входящий поток зависит от указанных периодов, может быть детерминированным (регулярным) или стохастическим. Для производственного подразделения характерны следующие процессы

Текущий ремонт и ТО машин на стационаре (СПТО, машинный двор) в ранневесенний, весенне-летний, предуборочный, послеуборочный и осенний периоды.

Техническое обслуживание при хранении (во все периоды).

Текущий ремонт и ТО групп машин (уборочный период и др.).

На основе теории массового обслуживания может быть построена система моделей, которая включает подсистемы: с конкуренцией и без конкуренции.

Первая из них описывает производственные системы сельхозпредприятий в новых экономический условиях хозяйствования, вторая - существующие.

Модели с конкуренцией различаются: по типу входящих потоков, по структуре описываемого процесса, количеству постов или фаз обслуживания.

Как правило, технологические операции растениеводства - многофазовые; процессы технической эксплуатации - однофазовые, многопостовые, полнодоступные, без приоритета в обслуживании.

Модели без конкуренции имеют очереди на обслуживание, так как требование на устранение отказа или техобслуживание поступают на закрепленный за МТА пост (посты). Потеряться (обслужиться у конкурента) по условиям хозяйствования они не могут.

Системы с конкуренцией могут иметь очередь ограниченной длины. Требования теряются для подсистемы обслуживания, так как уходят к конкуренту. При уходе требования из подсистемы последняя теряет прибыль.

Модели с конкуренцией и без нее могут обслуживать определенную группу машин (посевных, уборочных и др.) или неопределенный, достаточно большой парк машин (практически более 20 при ошибке в расчетах менее пяти процентов). В первом случае говорят о замкнутом типе системы, во втором - о разомкнутом типе. Кроме того, все типы систем могут иметь ненадежные (отказывающие) посты обслуживания.

К системам массового обслуживания с регулярным потоком относятся стационарные технологические линии (обмолот на стационаре, процессы кормоприготовления и т.д.

К системам массового обслуживания с Пуассоновским входящим потоком относятся: ТО и устранение отказов в поле и на объектах инженерной службы (пункт ТО, машинный двор и др.), автотранспортное обслуживание групп МТА на посевной, уборке кормов и зерна, заготовке сенажа и силоса. При экспоненциальном механизме обслуживания применимо аналитическое описание.

Модели Эрланга приемлемы для описания разомкнутых систем, когда требования поступают от большой группы машин, а выход из строя нескольких из них влияет на результаты расчеты в пределах погрешности расчетов.

Возможен вариант: функциональные отказы подсистем с ненадежным постом обслуживания. Например, может отказать и не прибыть по вызову передвижная ремонтная мастерская.

Посты обслуживания могут быть как однотипными (агрегаты на базе одной марки МЭС), так и разнотипными; могут располагаться последовательно и(или) параллельно.

Последовательно обслуживается транспортное средство на хлебоприемном пункте, зерновой ворох на пункте накопления зерна, массив созревших зерновых и кормовых культур, корма при их приготовлении, МЭС на пункте ТО и т.п.

Работу в условиях конкуренции описывают модели систем массового обслуживания без ожидания и с ограниченным временем ожидания.

Математические структуры, описывающие отмеченные системы, известны из теории массового обслуживания и для удобства работы с данной "Методикой" приведены в приложении.

3.5. Методика исследований на математических моделях

3.5.1. Методика исследований включает три основных этапа: экспериментальное исследование с целью сбора информационного обеспечения моделей, идентификацию объекта исследований адекватными математическими моделями, выявление закономерностей изменения показателей надежности и эффективности. Производственная апробация результатов исследований относится в большей степени к сфере производства и внедрения, выполняемых в новых экономических условиях хозяйствования на коммерческой основе, поэтому на данной стадии исследований она не рассматривается.

Основные требования к экспериментальным исследованиям и наблюдениям: рандомизация условий их проведения и наличие репрезентативной выборки. Обработка результатов может быть проведена по любому варианту программ статистической обработки, включающему в выходных данных: значения точечных оценок, доверительные интервалы и доверительные вероятности, критерии χ и Колмогорова /58/.

Отмеченные программы имеются, как правило, у польэователей ЭВМ типа IBM, разработаны их варианты для программируемого микрокалькулятора МК-52. Для справок рекомендуется известная книга Е. С. Вентцель /58/ и "Сборник статистических таблиц" Д.Б. Оуэна /329/.

После того, как информационное обеспечение моделей сформировано, приступают к поиску решения. Поиск зависит от числа переменных и от наличия ошибок в постановке эксперимента. Если независимая переменная одна, а случайные ошибки отсутствуют, то применяют методы одномерного поиска.

Он, в свою очередь, включает в себя пассивный поиск, когда заранее, до получения каких-либо результатов, определяются все дальнейшие эксперименты, и последовательный поиск, когда план будущих опытов зависит от результатов предыдущих. Рекомендуются к применению методы последовательного поиска: дихотомии, Фибоначчи, золотого сечения, поиска по дискретным точкам.

Как правило, входные данные являются дискретными, а число переменных - более двух. Аналитические и статистические модели в этом случае используются для оценки вариантов системы по критериям эффективности. В случае необходимости исследуется зависимость от одного фактора, тогда все остальные данные в каждой серии не изменяются.

3.5.2. Рекомендуется к использованию перспективное направление исследований - расчет показателей надежности альтернативных вариантов непосредственно в процессе управления надежностью и эффективностью. Но для этого необходимы два условия: новая структура инженерных служб и их оснащение ПЭВМ и соответствующими экспертными системами, математическими моделями.

Последние предпочтительно иметь в виде полиномиальных регрессионных уравнений, получаемых при исследованиях на статистических моделях, рассматриваемых как "черный ящик". Отмеченные исследования проводятся по планам, известным из теории планирования экспериментов. Поскольку указанная теория повсеместно применяется, описывать частную методику исследований с ее применением нет необходимости.

Вместе с тем необходимо уточнить, что следует проводить не пассивный, а последовательный поиск. Для этого построение полиномиальной модели начинают с первой степени, то есть опыты проводят сериями. Переходят от простых планов опытов (двухуровневых, дробных) к сложным (полным многоуровневым, рекомендуется Бокса - Бенкина). Последующие опыты должны дополнять результаты предыдущих и позволять повысить степень полинома, учесть новые взаимодействия, уменьшить погрешность, то есть составляется композиция для сокращения общего числа реализаций на ЭВМ. Если например, предыдущий план позволил получить уравнение n-го порядка, но требуемый результат не получен, то опыты проводятся по достроенному новому плану, позволяющему получить уравнение *n+1* порядка.

3.5.3. Обеспечение надежности сельскохозяйственной техники при ее эксплуатации возможно введением в структуру управления обратной информационной связи, которая представляет собой подсистему сбора, передачи, обработки данных на ЭВМ по соответствующим программам. Для этого могут быть использованы методы математической теории надежности, теории восстановления, главные предпосылки которой сформулировали Ф. Прошан, Р. Барлоу, Д. Кокс, В. Смит и др.

В отмеченных теориях рассматривается случайная величина *x,* имеющая функцию распределения F(X), которая связана с безотказностью функцией надежности (3.29-3.32)

Для сельскохозяйственной техники, по опытным данным, плотность распределения *f(x)* эквивалентна функции интенсивности отказов.

Плотность распределения - экспонента. Машинно-тракторный парк характеризуется совокупным потоком отказов *f(x)* от *i*-х технических средств *j*-марок. Используя работы академика Б.В. Гнеденко в области независимых случайных величин /70, 71/, допустив независимость отказов машин, пришли к выводу: интенсивность поступления требований на устранение отказов является суммой независимых случайных величин *X..Xij* с распределением *F...Fij*.

Опираясь на упомянутую теорию Барлоу и Прошана, с использованием преобразований Лапласа можно установить факт равенства математических ожиданий взаимно независимых потоков отказов МЭС и комплексов машин к ним математическому ожиданию произведения X_k. Аналогично плотность распределения сумм X_n можно записать в виде свертки функций /14/

$$F(x) \dots Fij(x) \qquad (3.62)$$

Поскольку многочисленными экспериментами, выполненными в ВИМе, ГосНИТИ, СибИМЭ, ВНИПТИМЭСХ других НИУ доказана идентичность видов распределения потоков отказов для различных сельхозмашин, то и в этом случае сумма $X+...=X_{ij}$, обозначенная как свертки функции $f(x)$, имеют преобразование Лапласа (3.36)

Следовательно, зная состав машинно-тракторного парка и виды законов распределений потоков отказов отдельных его элементов (например, по данным государственных испытаний), можно установить суммарный поток отказов, необходимый для расчетов на моделях надежности. Основные из них относятся к простому и сложному процессам восстановления, длительностям для r-го восстановления, с учетом (3.37) можно записать

$$S_r = X_i + ... + X_r. \qquad (3.63)$$

Первая основная модель описывает простой поток восстановления λ. Например, эксплуатируется группа простых сельхозорудий, имеющих отказы не выше первой группы сложности: в моменты отказов немедленно происходит восстановление (так как конструкция машины проста). По опытным данным, продолжительность восстановления отмеченных отказов занимает менее одного процента наработки на отказ, что подтверждает правомерность допущения. Интервалы времени между отказами – x_1, $x_2...x_i$ Первый отказ происходит через промежуток времени x_1, второй – $x_1 + x_2$, r-й отказ - через $S_r = x_1 + x_2 + ... + x_i$. Тогда среднее значение числа восстановлений N_t за время t (функция восстановления) равно математическому ожиданию N_t (3.38), (3.39), (3.40), которое находится опытным путем, по данным испытаний на МИС, в ходе эксперимента.

Имея данные об отказах, вычислив суммарный поток отказов, можно рассчитать на базе зависимостей (3.38-3.40) количество ремонтов за время Т для конкретного МТП, затем установить загрузку и режим ремонтно-обслуживающего персонала.

На практике чаще встречаются стационарные (вторая модель) случаи, когда процесс восстановления начался достаточно давно, а наблюдение - в данный момент времени $t = 0$ и длительность работы до первого отказа имеет плотность распределения /26/

$$X = f(x)m, \qquad (3.14)$$

где m - математическое ожидание количества восстановлений за установленный промежуток времени.

Практически для стационарности достаточно начинать наблюдения после трех-четырех восстановлений, что позволяет рассматривать процессы использования МТП по характерным периодам полевых работ как стационарные, а также использовать для решения приведенных уравнений зависимости теории Марковских процессов.

Остальные модели из числа рассматриваемых являются вариантами обобщения: наложение нескольких процессов восстановления (в полевых условиях, на стационарном ПТО, в центральной ремонтной мастерской); процессы накопления (с r-м отказом простого процесса восстановления связана случайная величина: стоимость замены, ущерб от простоя и др.); альтернирующие процессы восстановления, имеющие элементы двух и более типов.

Распространив понятие отказа на технологические процессы использования МЭС и комплексов машин к ним, можно применить основные модели отказов для расчета их функциональной надежности.

Однако в этом случае необходимо дополнить рассматриваемые случаи моделями систем с разветвленной структурой: с обслуживанием, с резервированием, без резервирования и т. д. В общем виде модель системы ЭМТП с разветвленной структурой в напряженный период описывается функцией (3.41)

В общем случае надежность ЭМТП R_c рассчитывается способом Эзари и Прошана: это способ вычисления верхней и нижней границам показателей надежности по минимальному пути /182/

Подставляя верхние и нижние границы надежности для машин МЭС или операций технологического процесса, получили соответствующие оценки их безотказности.

3.5.4. В реальных системах эксплуатации сельскохозяйственной техники характерные периоды значительно превышают продолжительность обслуживания требований, поэтому для ряда случаев приемлемы аналитические методы.

Наиболее простые случаи - системы Эрланга. Они могут быть проанализированы не только на ЭВМ, но и на микрокалькуляторе МК-52. Система уравнений Эрланга характеризуется параметрами λ, $m(t_{об})$ и n. К данным системам относятся ТО и ремонт МТП сельскохозяйственных предприятий, информационное обслуживание в условиях конкуренции.

Например, во время уборки зерновых колосовых культур за световой день (16 часов) в сельхозпредприятии, имеющем 120 зерноуборочных комбайнов, может появиться в среднем 30 отказов - требований системы обслуживания.

Для их устранения создано шесть передвижных постов, базирующихся на центральной усадьбе хозяйства. Среднее время устранения одного отказа $t_{об} = 4$ ч. Требуется определить параметры системы обслуживания при условии устранения всех отказов. При отсутствии свободного передвижного поста требование теряется.

Требуется определить рациональные параметры системы при условии устранения всех отказов, так как при занятости в момент поступления требования постов оно уходит к конкуренту. Инженерная служба в этом случае теряет доход. Используем метод сравнивания альтернативных вариантов: при $n = 6$; $t_{обс} = 4$ ч вероятность отказа в обслуживании определенная по

формулам /144/,составляет 0,362, то есть 36 % дохода инженерная служба теряет.

Средняя загрузка передвижных постов составляет 79,8 %, пропускная способность - около 19 требований за день.

Вывод: для увеличения доходов инженерной службы число постов следует увеличить до уровня, при котором вероятность потери требования будет, к примеру, менее 0,6 %.По данным вариантного расчета, необходимо иметь 15 передвижных постов, что вряд ли практически осуществимо.

Альтернативный вариант - увеличение производительности постов. Увеличим ее на 20 %: вероятность потери требования сократится до 24 %. Интересно отметить, что при обслуживании шестью постами вдвое меньшего парка вероятность обслуживания возрастет до 90 %, конкуренту достанется в 3,6 раза меньше требований.

3.5.5. Рассмотрим обслуживание в условиях конкуренции при ненадежных постах обслуживания, то есть с функциональными отказами. Выход из строя последних может происходить по техническим причинам, из-за ошибок диспетчера, невыхода персонала. В случае отказа поста происходит отказ в обслуживании.

Расчет по формулам /144/ показателей надежности и эффективности показал, что

- вероятности того, что k постов находятся в неработоспособном состоянии в момент времени t;
- вероятности того, что объект не будет обслужен из-за занятости поста;
- вероятности отказа в обслуживании по причине отказа поста во время операций ТО;
- суммарной вероятности отказа в обслуживании;
- вероятности того, что вновь поступившее требование будет обслужено;
- математических ожиданий числа занятых постов обслуживания, находящихся в неработоспособном состоянии, исправных постов, свободных от обслуживания постов;
- коэффициента надежности системы.

Отказ постов обслуживающей системы чаще встречается в производственных операциях: загрузка сеялок, отвоз силосной массы, уборка зерновых.

Системы обслуживания с последовательно расположенными постами применяются для описания операций с резервами: если комбайновые звенья не справляются со своевременной уборкой, может включаться в работу резерв. Аналогично - на вспашке, севе и т.д. Варианты системы: разнотипные машины в обслуживающей системе и различное их количество в работе и резерве.

Например, ремонтно-обслуживающие работы по сельхозмашинам при перегрузке штата машинного двора работой можно передать в ЦРМ, в этом случае обслуживающие посты будут разнотипными. Разнотипным может быть парк транспортных средств, МТА, МЭС.

Для систем с однотипными постами выходные параметры определяются по формулам Эрланга /71, 281/. Например, отказы МТА в районной системе ТО

и ремонта (типа МТС) устраняются в производственных подразделениях, в ЦРМ и с помощью передвижных бригад.

Приоритет отдается, по возможности, выполнению работ ближе к месту работы МТП. Подобная схема имеет место и при системе дилеров, и при рекомендуемой нами структуре надежности. Прообразом подобной системы являются межхозяйственные предприятия по механизации в виде холдингов, АО или МТР.

Пусть в МТС ежедневно возникает в среднем 96 отказов. Имеется 36 постов их устранения в спецотделениях (расположены в подразделениях хозяйств), 15 передвижных постов и шесть постов при ЦРМ; $t_{обс}$ = 8 ч, вероятность отказа в обслуживании из-за ненадежности постов (недостаток запчастей, оргпричины) равна 0,1. По формулам определили: 26,9 % требований обслужат в спецотделениях, остальные поступят на передвижные посты. По причине ненадежности первых из них за день будет обслужено 31 % требований при поступлении 36. По нашим расчетам, передвижные посты обслужат 52 % требований из числа поступивших, все три уровня будут практически загружены полностью (K = 98,0 %).

Так как свободного времени у них останется около 1,6 %, эта часть системы перегружена и часть работы поступит к конкуренту. Рекомендуется рассчитать показатели других вариантов.

Аналогично выполняются расчеты систем с последовательно расположенными постами различной производительности.

3.5.6. В условиях конкурирования целесообразно рассмотреть ситуацию, когда слишком длительное ожидание обслуживания вызывает желание клиента обращаться к другим предприятиям технического сервиса.

Постановка задачи состоит в следующем. Интервалы времени между поступлениями требований распределены по экспоненциальному закону, подсистемы характеризуются производительностями m_1, m_2, m_3 и т.д.

Например, в районную систему агротехсервиса от крестьянских хозяйств поступает в среднем четыре требования за 1 час, время передачи сообщения - 30 минут (m_1 = 2), время переезда - в среднем один час (m = 1). Вероятность обслуживания [Робс] составит 0,23.

Пусть конкурирующая система имеет при прочих параметрах имеет входящий поток с λ = 4, соответственно $P_{обс}$ = 0,28. Система в сравнении с конкурентом, по расчетам /144/,имеет почти столько же шансов удовлетворить требования, однако может выиграть за счет сокращения производительности второй подсистемы (доставки) в два раза.

Второй пример. Во время заготовки силоса в среднем заготавливают его в объеме, достаточном для заполнения пяти хранилищ. Имеется три гусеничных трактора; первый из них уплотняет одну траншею в неделю, второй две и третий - три (m_1 = 1; m_2 =2; m_3 =3). Требуется определить эффективность кормозаготовок. Рассчитаем вероятность ($P_{отк}$) того, что все тракторы загружены в момент t /144/, она составит 0,01. Вероятность ($P_{обс}$)

того, что вся масса будет своевременно уплотнена и не испортится, составит 0.99 /281/.

Аналогично можно рассчитать параметры системы с тремя подсистемами различной производительности, расположенными последовательно. Описанные расчеты рекомендуется делать при составлении бизнес-планов предприятий.

3.5.7. Рассмотрели аналитические модели систем без конкуренции, в которых требования на обслуживания при занятости постов становятся в очередь. Для многофазных систем это идентично образованию межоперационных или межфазных заделов (запасов), так как входящие требования вначале обслуживаются в первой фазе, затем второй и т. д., при занятости последних они ожидают в очереди.

Образование очереди или простой фаз свидетельствует о недоиспользовании возможностей системы за счет параметрических отказов. Одновременно могут быть и очередь, и простои фаз. Допущения относительно характера входящего потока и обслуживания те же, что и в моделях п.3.5.6. Расчет выполняется по формулам /144/.

Вначале рассмотрим системы с одним постом обработки: обслуживание требования в каждой фазе для разомкнутой системы. Требования выполняются в порядке простой очереди. В системе может быть одно, два и более требований. Для данной системы, используя мнемоническое правило, запишем /281/

$$\begin{aligned} &\frac{dp(t)}{dt} = -P_0(t)l + mPl(t), \\ &\ldots \\ &\frac{dp(t)}{dt} = lP_n - l(t) - (l+m)P_n(t) = mP_n + l(t). \end{aligned} \qquad (3.65)$$

Для однопостовой системы

$$\begin{aligned} &\frac{dp(t)}{dt} = 0, следовательно - P_0(t) + mPl(t), \\ &\ldots \\ &lP_n - l(t) - (l+m)P_n(t) + mP_n = 0. \end{aligned} \qquad (3.65)$$

Могут быть варианты: однофазовые и многофазовые системы. Например, на машинном дворе работает пять слесарей (n = 5). В среднем за день необходимо обслужить десять (λ = 10) требований (выдать или принять технику, устранить отказ и др.). Обслуживаемый парк характеризуется тем, что выходы машин из строя не зависимы друг от друга. В среднем за день при полной загрузке слесарь выполняет m = 2,5 требования.

Тогда вероятность простоя всех работников одновременно составит P_j = 0,554. Продолжительность обслуживания требования в очереди $T_{ож}$ = 1,55 часа при ее длине в 11 машин.

С вероятностью 96-97 % требование начнет обслуживаться в день его поступления.

Второй пример. В среднем в сельскохозяйственное предприятие поступает в полгода λ = 20 новых сельхозмашин, для хранения которых в транспортном состоянии (без расконсервации) имеется n = 5 мест под навесом.

Одна машина проходит досборку, предэксплуатационное обслуживание, обкатку в течение шести (m = 0,2) недель. Определить: достаточно ли мест под навесом, как загружен слесарь, вероятности состояний системы.

При расчетах по формулам /32, 144/ вычислили вероятности того, что под навесом нет ни одной машины P_o = 0,01; все места под навесом заняты P_n = 0,56; средняя продолжительность ожидания обслуживания $T_{ож}$ = 20,0 суток; среднее число машин в очереди $M_{ож}$ = 12,0 и в обслуживании - одна.

В среднем 20 % площади под навесом свободно; не более чем в 7,4 % случаев для новой техники не будет места под навесом.

Если поступающие требования обслуживаются в двух фазах с очередями перед ними, а в каждой фазе может находиться не более одного требования, также можно по аналитическим зависимостям рассчитать показатели системы /32, 144/.

Например, поступающие на въезд элеватора машины вначале исследуются (берутся на анализ пробы), затем взвешиваются, причем λ = 20 автомашин/ч; m_1 =40 (исследование), m_2 = 25 (взвешивание). Рассчитали следующие показатели: вероятность отсутствия машин на въезде P_{oo} = 5,0; средняя длина очереди на исследование M_1 = 1,0; средняя длина очереди у весовой M_2 = 4,0. В среднем будет простаивать: около 40 % времени лаборант и 10 % - весовая. Очередь у въезда маловероятна: 20 машин в очереди будет в одном случае из 1000. Аналогично исследуются альтернативные варианты и выбирается приемлемый.

3.5.9. Замкнутые системы имеют место в том случае, когда обслуживаются МТА посевного и кормодобывающего звеньев, пахотного отряда, уборочного комплекса, отряда химизации и т.п. Отказ каждой машины значимо влияет на параметр входящего потока из-за небольшого числа объектов обслуживания. Обслуженная машина возвращается на место своей работы.

Для замкнутой однопостовой и многопостовой систем известны формулы для расчета практически всех отмеченных параметров.

Например, для обслуживания m = 10 комбайнов имеется три мастерских. Время обслуживания характеризуется λ = 5 отказов в сутки. В среднем выходит из строя за день один комбайн. Произведя расчеты по формулам /32/, получим следующее. В течение суток рабочие мастерской будут отдыхать 1,1 часа, а в очереди находиться - 1,6 % машин. Аналогично выполняются расчеты для остальных замкнутых систем.

3.6. Выводы

3.6.1. Концепция создания надежных и эффективных систем машиноиспользования предусматривает оптимальное сочетание централизации и децентрализации технической эксплуатации, определяемое на основании применения теории надежности и теории марковских процессов. Основной принцип концепции – декомпозиция системы на подсистемы и производственные элементы, объединенные целевой функцией. Она включает издержки производственной и технической эксплуатации, которые рассчитываются по функциям надежности и зависят от вероятностей функциональных и параметрических отказов. В общем случае рассматриваются векторы входных $\bar{X}$, управляющих $\bar{\Gamma}$, конструктивных $\bar{B}$ параметров; движение системы как случайный процесс $Z(t, \omega)$ в n-мерном пространстве состояний операторы H и G определяют переходы и тракторные системы; они реализуются программно на ЭВМ или аналитически в соответствии с разработанной блок-схемой. Целесообразно использование теории агрегатов и системы GPSS Мичиганского университета (США).

3.6.2. Исходным пунктом для разработки операторов H и G являются модели надежности ЭМТП как сложной технологической системы, входной процесс которой является простым процессом восстановления (в частном случае – Пуассоновским с параметром μ). Основные характеристики системы – число восстановлений и плотность функции восстановления; надежность систем рассматривается для различных структур: параллельных, последовательных и т.д. по методу Эрази и Прошана. Методами теории надежности находятся вероятности функциональных и параметрических отказов систем, причем среднее время безотказной работы определяется интегральной функцией вероятности состояний (она равна $1/\lambda$), а коэффициент готовности - через вероятность нахождения системы в работоспособном состоянии, используя λ и μ.

3.6.3. Математическое моделирование технологической системы включает в себя математическое описание входящих процессов и операторов H и G с учетом декомпозиции и иерархии. Процесс имеет вероятностный характер, при наличии свойств эргодичности используются управления Эрланга и др. зависимости ТМО, причем достоверность моделирования определили через доверительную вероятность. Предпочтительно моделирование методом GPSS на основе структур системы, в т.ч. *R*-сети, *K*-сети.

3.6.4. Структуры для математических моделей определены как структурные функции надежности, которые описывают рабочие процессы ЭМТП по периодам с.-х работ.

Методика исследований на математических моделей основана на расчете надежности альтернативных вариантов ЭМТП при заданной доверительной вероятности (в т.ч. по методу планирования экспериментов с разработкой регрессионных моделей). Математические ожидания для моделей надежности

рассчитываются по данным испытаний на МИС и экспериментальных данных, причем на примерах рассмотрены ситуации, возникающие в инженерной службе СХП; получены конкретные значения параметров системы ИТС при расчете методами ТМО.

ГЛАВА 4. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ЗАДАЧАМ ЭФФЕКТИВНОСТИ \И НАДЕЖНОСТИ

4.1. Структура модели процесса как динамической системы

Дальнейшая формализация технологических, организационных и предметных структур процесса использования МТП в растениеводстве предусматривает разработку математической модели (рис.4.1).

В соответствии с целью исследований последняя должна быть динамической и обладать следующими чертами: иметь возможность отражать причинно-следственные связи системы, иметь достаточно простую математическую формализацию, использовать общепринятую терминологию, охватывать все существенные переменные и не превышать при этом возможности существующих ЭВМ; отражать дискретные и непрерывные взаимодействия /479/.

Таким требованиям удовлетворяет динамическая структура, предложенная Дж. Форрестером и состоящая из уровней, связанных между собой потоками (рис.4.2).

Структуры модели исследуемой системы содержат следующие существенные элементы: несколько уровней, информационные, материальные потоки и их носители. В качестве уровней выступают:

- ♦ количество рабочей силы, участвующей в процессе (при этом рассматривается дополнительное выделение рабочей силы, которое представляется случайной величиною, а также потребность в ней для выполнения сопутствующих процессов);
- ♦ используемые средства механизации с учетом дополнительного выделения ресурсов;
- ♦ уровень материального и инженерно-технического обеспечения; эффективность, управления оперативного и стратегического уровней λ, а также эффективность и процесса использования МТП.

Потоки информации связаны с материальными потоками, которые регулируются функциями решений /479/. Приведенная структура модели именуется базовой. В последней темпы определяют существенные мгновенные потоки между уровнями в системе. Темп отражает активность, уровни - состояние как результат активности. Темпы и уровни существуют во всех шести сетях, которые могут составлять систему - материалы, объем работ, денежные средства, рабочая сила, оборудование и информация /362, 365, 479, 223/.

Темпы могут быть установлены на основе уровней в соответствии с зако-

нами, которые определяют вид функции решений. В свою очередь, темпы определяют уровни. В состав уровней, которыми определяется темп потока, обычно входит и тот уровень, из которого исходит данный поток. Например, темпы изменения уровней системы могут быть представлены информационными потоками прямых и обратных связей. Каждой петле связи соответствует /38/ один или группа функционалов, которые вместе с аналитическим описанием уровней представляет собой "функции решений". Функции решений представляют собой формулировку линии поведения, определяющую, каким образом имеющаяся информация об уровнях приводит к выбору решений, связанных со сложившейся ситуацией. Все решения касаются плана работ "на сегодня", "на завтра", на сезон уборки и на перспективу в форме потребности в технике, рабочей силе, объемов выработки на операциях, по каждому элементу и др.

Функции решения имеют отношение как к решениям, принимаемым в процессе управления, так и к состояниям и процессам, имеющим естественное происхождение (внешние условия и пр.),

В данной работе в качестве функций решений приведены математические структуры, описывающие процесс преобразования информации при управлении Системой, а также моделирующие материальные, трудовые, технико-экономические потоки (см.4.1.) ***(***λ_1 -потребности в работе; λ_2 - материалов; λ_3 - денежных средств, λ_4 - техники; λ_5 - информации).

При разработке модели управления учли то, что в изучаемой системе объектом управления является производственный процесс эксплуатации машинно-тракторного парка, в котором наряду с техникой участвуют трудовые ресурсы, а процесс рассредоточен во времени и пространстве, цикличен, значимо зависит от стохастических факторов и включает в себя определенные отношения между управляющими и управляемыми субъектами управления.

Учет отмеченных особенностей указанного процесса возможет с применением системного анализа и его методов: теории сложных систем, теории марковских процессов; предусматривается разработка моделирующих алгоритмов с последующей реализацией на ЭВМ.

4.2. Комплекс алгоритмо-программного обеспечения организационной системы

В ***n***-мерном пространстве алгоритмо-программное обеспечение можно представить в виде множества, определенного осями: ***S*** - сложность модели, t - период планирования, проектирования или прогнозирования; ***Z*** - уровень модели и

т.д.

Уровни подсистем и взаимосвязи между ними
(на примере ЭМТП, в соответствие с методикой динамического моделированиясложных систем Дж. Форрестора)



Рис. 4.1

С учетом приведенного предложена следующая декомпозиция математического обеспечения. Рассматривая проекцию области существования АПО УТЗП на плоскость *SOT*, приняли, что при $t \subset [1;a]$ выполняется оперативное управление; при $t \subset [a;b]$ - календарное планирование, при $t \subset [b;c]$ - проектирование и перспективное планирование: *S* - соответствует сложности моделей (рис.4.2).

Подмножества определяют виды и связи математических моделей и алгоритмов (рис. 4.3). Последние из подмножества I, IV и VII являются наиболее сложными, имитирующими операции УТЗП с учетом законов распределений стохастических параметров. Модели из II, V, VIII учитывают вероятностные характеристики в виде точечных оценок их распределений, а модели из III, VI, IX могут быть построены на основе детерминированных зависимостей.

Важным является вопрос соответствия выбранных математических мето-

дов задачам и целям исследований, так как эффективность достаточно точных исходных данных может быть сведена к минимуму вследствие огрубленных методов исследований и наоборот; поэтому был выполнен анализ методов системных исследований и объекта изучения.

Отмеченные (см. рис.4.3) математические модели определяются в виде системы с целью обоснования структуры, механизма функционирования и оптимизации управления реального процесса возделывания и УТЗП на различных уровнях. С применением системы моделей возможно решение, в частности, вопросов выбора наиболее эффективных методов использования технических средств и трудовых ресурсов; планирование и прогнозирование состава МТП, обоснования уровней полно- и неполнокомплектного резервирования, межоперационных заделов и запасов на различных уровнях, выявление наиболее эффективной тактики и стратегии УТЗП, планирования и оперативного управления. На моделях могли быть отработаны вопросы надежности, устойчивости УТЗП и ряд других задач.

К системе математических моделей предъявляли следующие требования: адекватное описание изучаемой системы возделывания УТЗП с учетом его динамичности и вероятностного характера; соответствие сложности модели уровню поставленных задач, описание всех необходимых и достаточных для их решения свойств изучаемого процесса ИАТ; невысокая трудоемкость подготовки информационного обеспечения моделей; возможность решения многокритериальных задач; возможность использования модели в качестве подмодели более высокого уровня.

В соответствии с выполненным анализом (рис.4.4) структура конкретизирована и графически интерпретирована (рис.4.5). Основу представляют модели функционирования производственных элементов (УТК: ЗСК, ПНЗ, АТК, ХПЛ). На основании агрегированных моделей машинно-тракторных агрегатов строится модель для оптимизации системы использования техники в СХП, а затем - в РАПО.

К основным математическим методам, которые могут быть применены для описания указанных подсистем, элементов и системы УТЗП, относятся: линейное, нелинейное, геометрическое, целочисленное и др. программирование, комбинаторика, теория графов, теория массового обслуживания, теория принятия решений, теория поиска, имитационное моделирование, динамическое программирование. Например, распределение технических средств по полям рассматриваемой системы в соответствии с операциями УТЗП при допущениях пропорциональности, аддитивности и неотрицательности может быть описано методом линейного программирования. Пропорциональность в данном случае означает, что затраты ресурсов на операции УТЗП, а также их вклад в целевую функцию прямо пропорционален уровню затрат. Аддитивность указывает на то, что общая величина ресурсов, потребляемых в системе всеми видами операций

УТЗП, равна сумме затрат на каждую операцию. Неотрицательность означает, что ни одному из видов производственной деятельности не может быть приписан отрицательный уровень. Однако не всегда производственная функция носит линейный характер. Например, себестоимость сложного технического обслуживания уборочной техники снижается в зависимости от производственной программы мастерской ТО по вогнутой кривой. В том случае, когда нелинейность выражена настолько сильно, что линейная аппроксимация оказывается недостаточно точной, может быть применено дробно-линейное и нелинейное программирование. Детерминированные модели линейного программирования могут быть использованы и для решения

Стохастических задач. В этом случае описание случайных зависимостей сводится к детерминированным соотношениям. К последним была сведена, например, зависимость коэффициента технического использования зерноуборочных комбайнов от показателей системы технического обслуживания при случайном потоке требований на эксплуатационный ремонт и техническое обслуживание.

Проведенный анализ технологии УТЗП показал, что линейное программирование наиболее приемлемо для решения задач его планирования на региональном уровне, так как в условиях ограниченных ресурсов позволяет сбалансировать материальные и трудовые ресурсы без учета нелинейностей и стохас тичности процесса, влияния которых наиболее выражены при рассмотрении УТЗП на уровнях производственных элементов (УТК, ЗСК и пр.), сельскохозяйственных предприятий и районных агропромышленных объединений.

Подмножества множества математических моделей

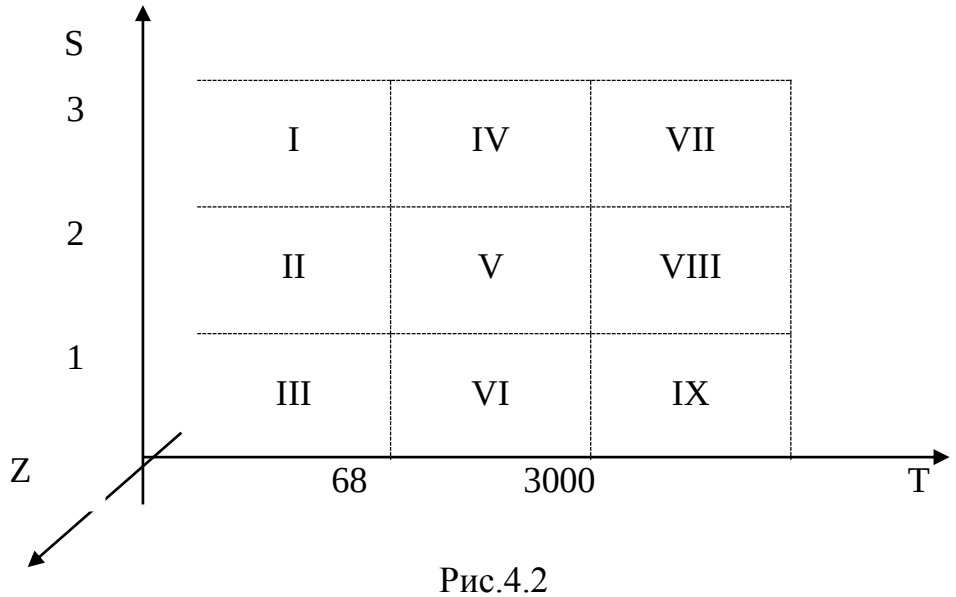


Рис.4.2

Виды и связи математических моделей соответствующих подмножеств

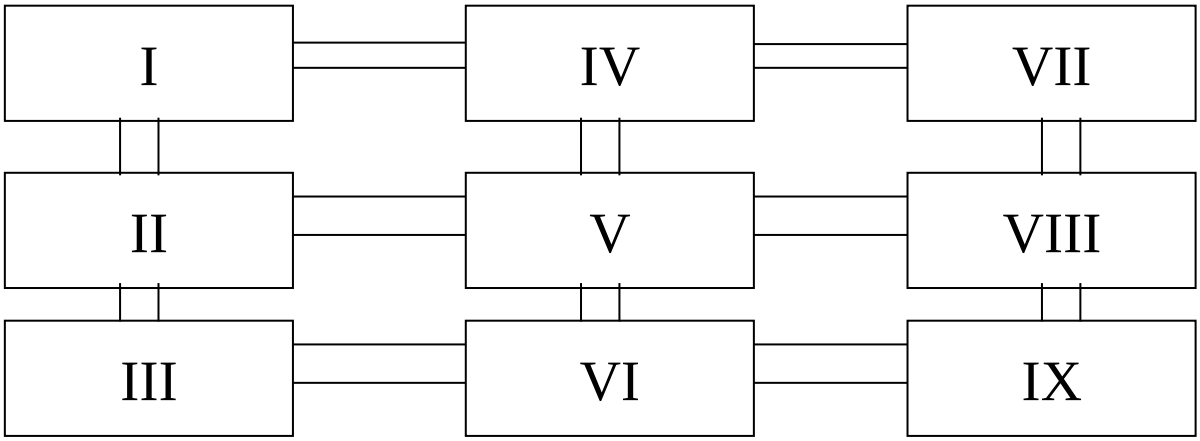


Рис.4.3

При моделировании возделывания и УТЗП приходится иметь дело с целочисленными исходными данными и характеристиками процесса (количество сеялок, зерноуборочных комбайнов, жаток, автопоездов, численность обслуживающего персонала и пр.), причем возможны различные сочетания сельскохозяйственных машин, тракторов, комбайнов, поэтому в этом случае задача формулируется как нахождение "кратчайшего" по целевой функции (максимального или минимального) пути среди структурированного конечного множества альтернативных вариантов. К последним могут быть отнесены задачи конструирования структуры и инфраструктуры системы возделывания и УТЗП, задачи оптимального планирования МТП (рис.4.4).

Задачи выбора оптимальных вариантов материально-технического снабжения, размещения стационарных объектов УТЗП, планирования могут быть интерпретированы в виде неориентированного графа, упорядоченного множества (*V, E*), где *V* - непустое множество вершин, *E* - неупорядочное бинарное отношение на *V* (множество ребер), а также ориентированного графа, когда упорядочено отношение на В том случае, когда возможны различные альтернативные варианты управленческих решений, связанные: с многоцелевым характером системы (повышение производительности комбайнов уве личивает потери и пр.), влиянием фактора времени (затягивание сроков уборки сопровождается потерями продукции), неформализуемыми понятиями (поведение механизаторов), неопределенность (в момент принятия решения последствия альтернативных вариантов известны в вероятностном плане), возможностью получения дополнительной

.

Взаимосвязь и иерархия моделей (на примере УТЗП)

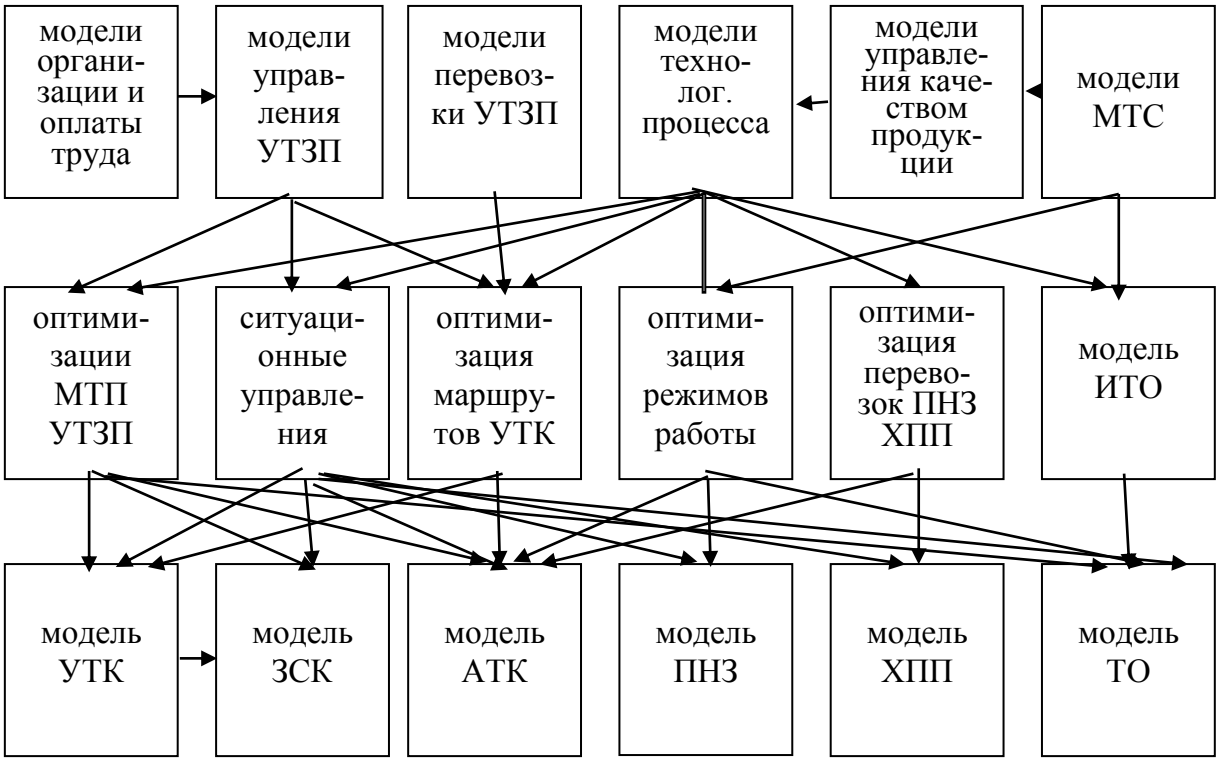


Рис. 4.4

информации, динамичностью - возможно применение теории принятия решений и методов ситуационного управления. Например, общая схема оперативного ситуационного управления УТЗП включает в себя сбор данных о наличии техники, рабочих, автотранспорта; расчет на модели потребности в материальных и трудовых ресурсах, например, в виде плана-графика работ, затем изучение ситуации, подготовка и принятие решений.

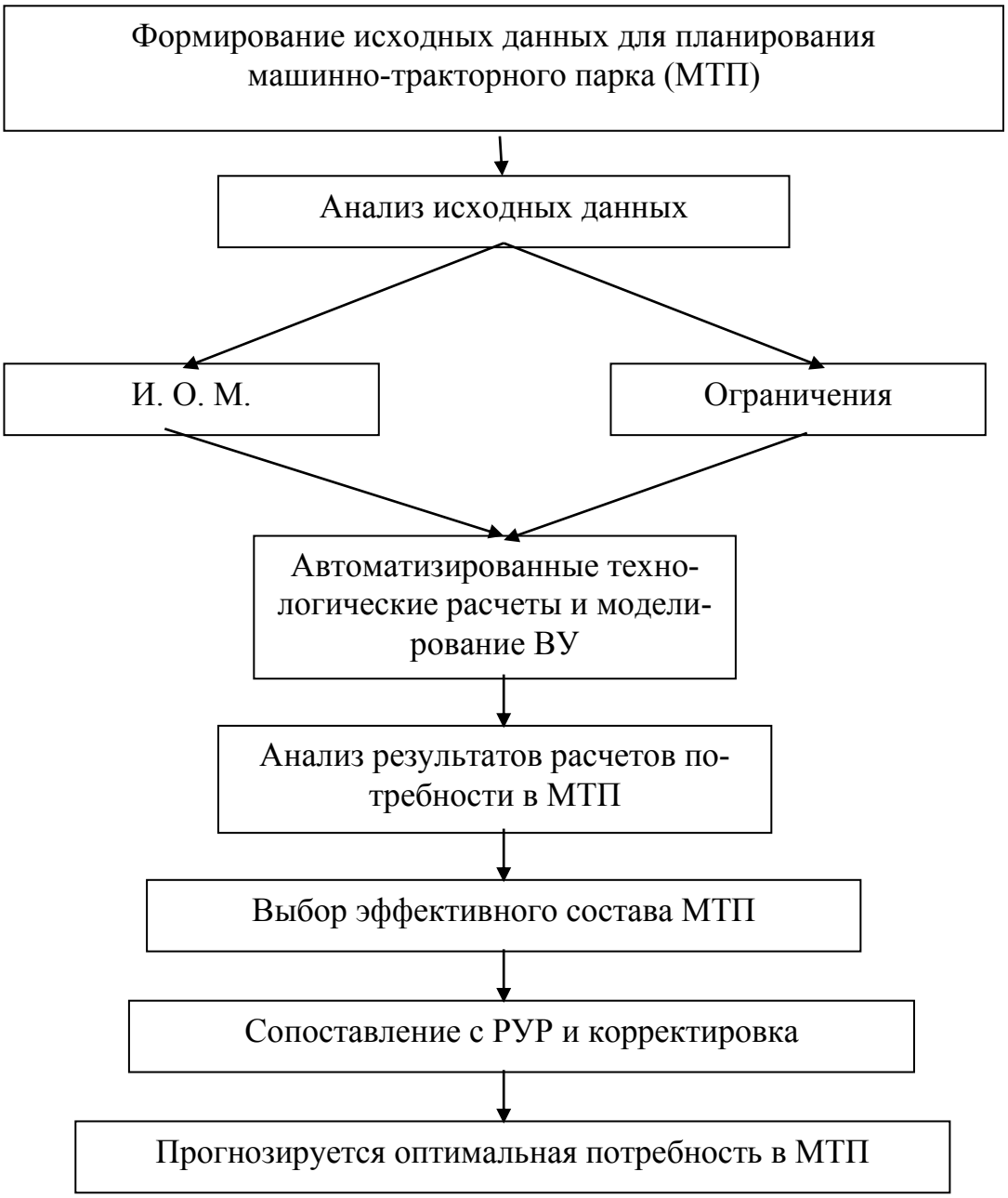
Ситуационное управление так же включает в себя математическое, программное и техническое обеспечение. В качестве математического обеспечения могут быть приняты модели, основанные на технологических расчетах и регрессионной модели подсистемы технического обслуживания и ремонта.

характер обслуживания. Подсистема ТО выполняет ремонтно-обслуживающие воздействия, а парк уборочной техники является источником требований на такие воздействия.

Требования на обслуживание (УТК, ЗСК, АТК) носят вероятностный характер. В указанном случае может быть применена теория массового обслуживания, причем, если поток требований описывается законом Пуассона, используются аналитические решения рекуррентных дифференциальных систем, описывающих Марковские процессы. За основу моделирования УТЗП в целом на уровнях СХП, РАПО и региона (верхний уровень иерархии моделей) может быть принят метод статистического моделирования с использованием методики ресурсного моделирования. За основу моделей можно принять алгоритм,

названный нами *К*-сеть. Указанная *К*-сеть может быть принята в качестве базы для составления алгоритмов моделирования УТЗП (рис. 4.6-4.8.).

Последовательность обоснования потребности в машинах и оборудовании



И. О. М. – информационное обеспечение моделей, ВУ – внешние условия
РУР – реальные условия работы МТП

Рис.4.5

На основе моделей были разработаны программы для ЭВМ, позволявшие рассчитать суточный план-график уборочных работ для каждого УТК, хозяйства и района в целом, оптимальный план ремонтно-обслуживающих воздействий, план дислокации УТК и перевозок зерна из ПНЗ на ХПП отрядом ав-

тотранспортных средств.

Анализ системы УТЗП показал, что значительное число ее операций носит

4.3. Применение методов теории сложных систем к обоснованию методов надежной и эффективной эксплуатации сложных систем

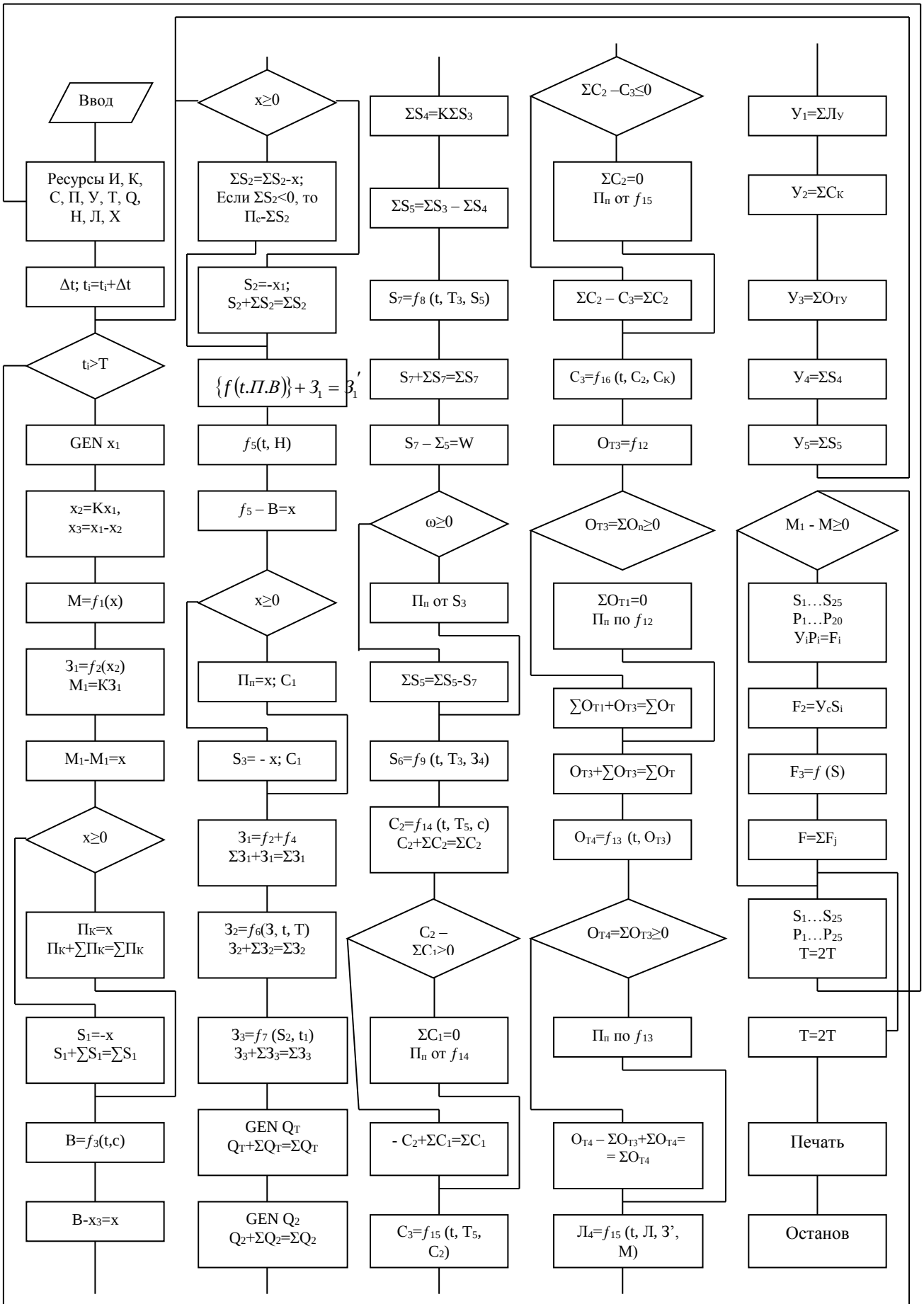
Известно, что сложность проведения натурных экспериментов при исследовании организационных вопросов требует разработки имитационных моделей изучаемых процессов, реализуемых на ЭВМ. При разработке моделей организации технической эксплуатации машин производственных подразделений хозяйств необходимо представить ее в виде абстрактного математического объекта. Последний должен единообразно и полно отражать изучаемый процесс во все периоды сельскохозяйственных работ, обеспечивая получение адекватных моделей.

На основании анализа механизированных процессов растениеводства выделены характерные периоды: ранневесенний, весенний, весенне-летний, предуборочный, уборочный, послеуборочный, летне-осенний, осенний и зимний. Формализации процесса по всем периодам, исключая зимний, были отнесены к классу систем массового обслуживания. Рассматривались следующие элементы: объекты обслуживания (техника механизированных звеньев, бригад, специализированных отрядов и комплексов), входящий поток (заявки на техническое обслуживание, ремонт, хранение), система обслуживания с каналами обслуживания (штат СПТО, звено нефтезаправки, ремонтно-обслуживающая группа), выходящий поток (выполненные заявки) (рис.4.9).

Источники заявок на обслуживание по периодам сельскохозяйственных работ были классифицированы следующим образом: работающий машинно-тракторный парк (МТП) - тракторы, комбайны и машинно-тракторные агрегаты (МТА) механизированных звеньев или бригад, часть МТА участвует в полевых работах, в том числе в составе специализированных отрядов, не укомплектованных ремонтно-обслуживающими рабочими; уборочные машины - зерноуборочные комбайны, подготавливаемые в работе на участках технической эксплуатации подразделений; группа машин - специализированный отряд или другое формирование, в котором машины работают групповым способом, а их число известно и конечно; МТП, закончивший работу - машины и орудия, требующие выполнения какого-либо комплекса операций хранения; неработающий МТП - техника производственного подразделения при массовом проведении ее планового ремонта (рис.4.10).

В зависимости от периода изменяется входящий процесс, который был формализован либо как случайный X_c, либо как детерминированный X_∂. Процессы технического обслуживания (ТО) и эксплуатационного ремонта уборочных машин были обозначены как система массового обслуживания, которую характеризовали

Рис.4.6 Алгоритм ресурсного моделирования системы на основе R-сети



Алгоритм моделирования технологического процесса
на основе К-сети (на примере УТЗП)

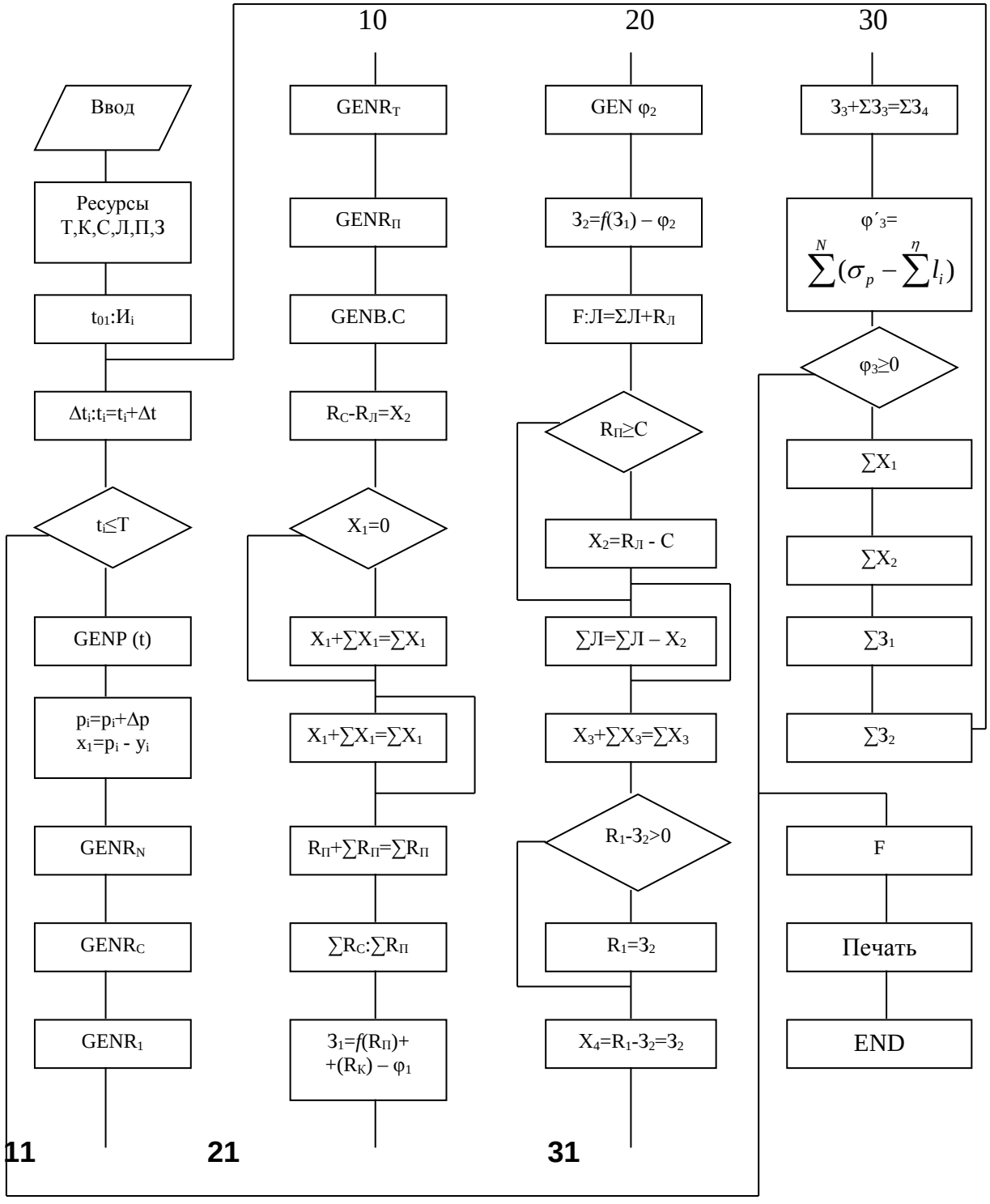


Рис. 4.7

Алгоритм моделирования ЭМТП в подразделении предприятия

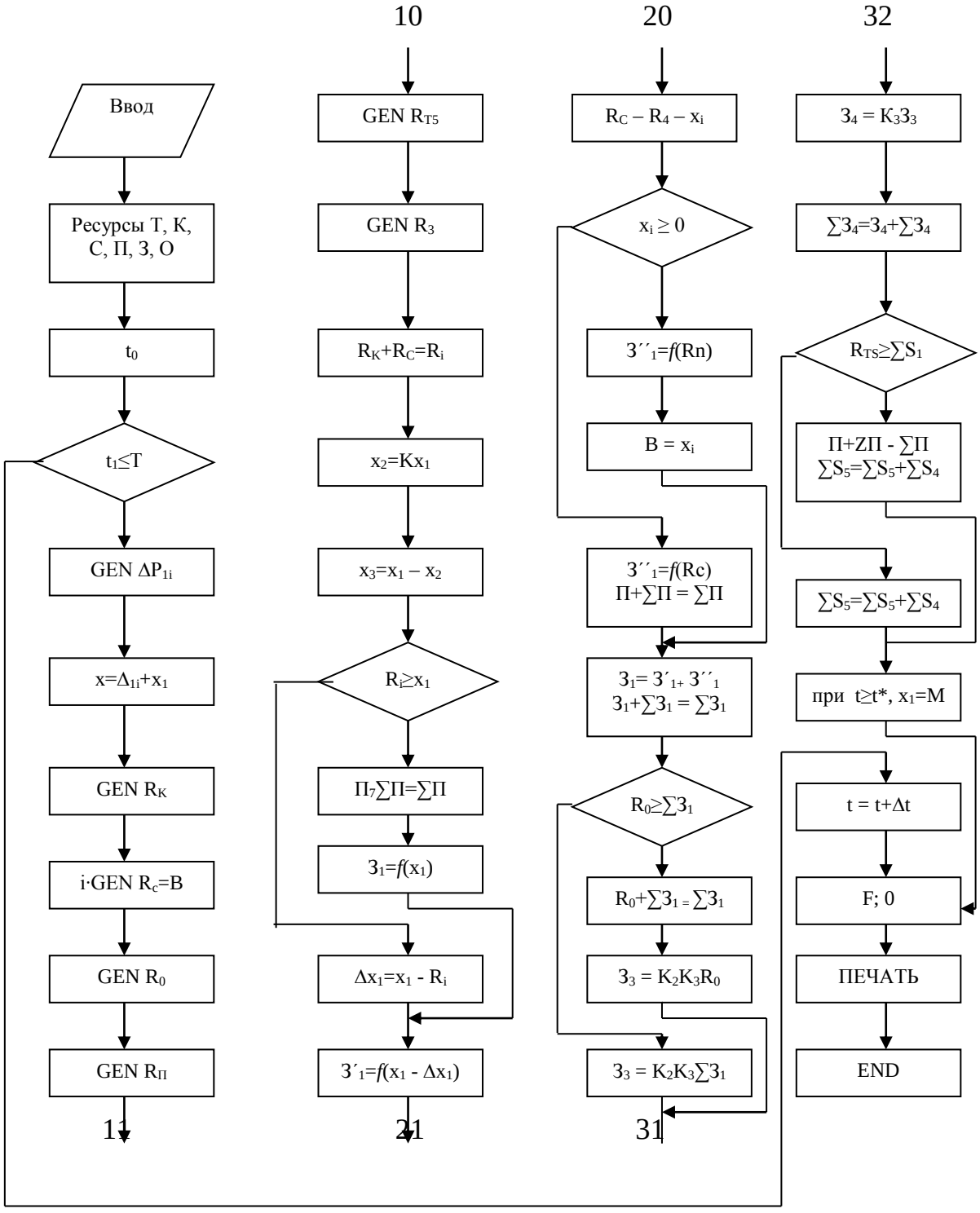


Рис.4.8

как замкнутую с потерями из очереди, с ограничением, с *n* разнотипными каналами обслуживания, часть которых функционально связана между собой.

Эксплуатационный ремонт и ТО машин на участке технической эксплуатации (ранневесенний, весенне-летний, предуборочный, послеуборочный и осенний периоды) - система массового обслуживания, которую характеризовали как разомкнутую, полнодоступную, без приоритета и потерь, с *n* каналами обслуживания.

Структура подсистемы технической эксплуатации (на примере ЭМТП)



Рис.4.9

Хранение техники - система массового обслуживания, которую характеризовали как разомкнутую, с приоритетом, неполнодоступную, с последствием,

без потерь, с *n* разнотипными каналами обслуживания.

Эксплуатационный ремонт и ТО группы машин - система массового обслуживания, которую характеризовали как замкнутую, полнодоступную, без приоритета, без потери, с *n* каналами обслуживания.

Для представления организации технической эксплуатации машин в виде абстрактного математического объекта были приняты следующие допущения в соответствии с теорией сложных систем /53/.

Система функционирует во времени. Множество моментов времени ***t***, в котором рассматривалось функционирование системы, обозначили через Т- счетное подмножество множества действительных чисел. В каждый момент $t \in T$ (- система находилась в одном из возможных состояний $Z_i \in Z$. Состояние Z_1 описывалось следующим набором характеристик: $Z_1(t)$ - число машин в очереди на обслуживании; $Z_2(t)$ -число машин на обслуживании; $Z_3(t)$ - число свободных каналов обслуживания; так что $Z_i \in Z$.

В моменты $t \in T$ в систему поступали заявки, описывавшиеся набором $x_i \in \overline{X}_i$, i = 1, 2, ...

12 Пространство характеристик заявок на обслуживание /53/

$$\overline{X} = \overline{x}_1 \times \overline{x}_2 \times \overline{x}_3 \times \overline{x}_4 \qquad (4.1)$$

,

где x_i - множество точек; x_1 - интервала β = 1, 2, 3, 4, (1 - ТО; 2 - эксплуатационный ремонт; 3 - работы по хранению; 4 – ремонт);

x_2 - интервала $0 \leq \rho_{Ai} \leq 1$ (ρ_{Ai} - вероятность i-го вида оборудования, необходимого при обслуживании);

x_3 -интервала варьирования математических ожиданий и дисперсий параметров процесса.

Система выдавала выходные наборы характеристик или обслуженных заявок.

Пространство выходных наборов характеристик /53/

$$\overline{Y} = \overline{y}_1 \times \overline{y}_2 \times \ldots \times \overline{y}_i \qquad (4.2)$$

,

где y_1 - множество v (v -ресурс машины); y_2x ... xy_i - набор характеристик обслуженной заявки как объекта системы использования.

Наряду с X рассматривали $g \in \Gamma$ (Γ - множество управляющих параметров).

Классификация формализаций организационной системы
(на примере технической эксплуатации МТП)

Обслуживаемая система	Неработающий МТП	Работающий МТП	Группа машин	Работающий МТП	Работающий МТП	Группа машин	Работающий МТП	Группа машин	Работающий МТП	Техника закончившая сезон работ
Количество объектов обслуживания	*m-const*	*m-inv*	*m-const*	*m-inv*	*m-inv*	*m-const*	*m-inv*	*m-const*	*m-inv*	*m-inv*
Входящий поток	х-детерм	х-случ	х-случ	х-случ	х-случ	х-случ	х-случ	х-случ	х-случ	х-случ
Период	зимний	ранневесенний	весенний	весенне-летний	предуборочный	уборочный	послеуборочный	летне-осенний	осенний	хранения

Рис.4.10

Входящие наборы и управляющие параметры рассматривали как элементы единого множества, считая их точками пространства $\bar{x} \times \Gamma$ обобщенных

входных характеристик $x\,(x, y)=(x_1, x_2, \ldots, x_n, y_1, y_2, \ldots, y_n)$

Тогда

$$\{V[t \in T, g = L(t), y = M(t)]\}(t, x_L, g_M)T \qquad (4.3)$$

где $(t, x_L, g_M)T$ - обобщенный входной набор характеристик /53/.

Состояние системы в момент t_1 определялось предыдущим состоянием t_0 и набором характеристик заявки, поступающих $t \in (t_0, t_1)$, Множество X переводится во множество Z оператором H.

Выходной поток

$$y = G\{t, Z(t), W\}, \qquad (4.4)$$

где W - выбирается из Ω в соответствии с мерой $\rho_y(A)$ /100/.

Тогда получили движение рассматриваемой системы как случайный процесс $Z(t,W)$ с областью значений в множестве состояний Z. Принятые предположения позволили единообразно описать изучавшийся процесс во все периоды работ и представить объект исследований в виде абстрактного математического объекта, определенного множествами X ,Y, Z, T, операторами H и G и обозначенного как элемент организации технической эксплуатации. На основе такой формализации может быть проведена дальнейшая идентификация исследуемого процесса. Разработанное представление его в виде элементов было использовано при обосновании рациональных методов организации технической эксплуатации машин в хозяйствах. С учетом структуры модели процесса как динамической системы, анализа применимости методов и классификации процесса технической эксплуатации разработана классификация задач моделирования (рис.4.12) /124, 125, 53, 105, 153, 509/.

В соответствии с указанной классификацией, нами разработана схема приемлемости методов исследования операций (рис. 4.5.), которая использована в дальнейшей работе при идентификации математическими методами производственных элементов, подсистем (гл. 5) и системы в целом (гл. 6).

4.4. Применение методов теории массового обслуживания

Рассмотрели методические основы расчета параметров эксплуатационного обеспечения машиноиспользования в новых условиях хозяйствования: в условиях конкуренции и экономических взаимоотношений между субъектами хозяйствования. В соответствии с классификацией Кендалла, системы обслуживания Мта в СХП и холдинге СХП могут быть одно- и многопостовыми, разомкнутые и замкнутые, с ожиданием и без; однофазные, двухфазные и т.д. (см. рис. 3.8 и 4.10). Входящий поток заявок может быть Пуассоновским (*М*), вырожденным (*Д*), распределения , с четным числом степеней свободы ($К_n$), эр-

ланговским ($Э_n$), произвольной (G) последовательностью независимых, произвольным образом, но одинаково распределенных случайных величин G_J. Анализ конкретных систем эксплуатационного обеспечения машиноиспользования рекомендуется начинать с анализа входящего потока и рассмотрения всех состояний, в которых она может находиться.

Входящий поток требований на обслуживание (ремонт, ТО, операции технологического процесса) может быть стационарным или нестационарным, ординарным или неординарным, с последействием или без него, детерминированным или стохастическим. Входящий поток считали простейшим в случае его стационарности, ординарности и отсутствия последействия, что с допустимой погрешностью соответствовало действительности. Это объясняется тем, что МПТ увеличивается, начиная с бригады, заканчиваю холдингом, а при сложении потока событий от $n\to\infty$ источников результирующий поток стремится к простейшему, причем достаточно иметь МТП свыше 30 наименований при погрешности не более 10%. Два основных свойства простейшего потока заключаются в том, что вероятность p_m событий (то есть возникновения $\boldsymbol{m}$ требований) за время $\boldsymbol{\tau}$ описывается законом Пуассона, а распределение временных интервалов между событиями является экспоненциальным /281/

$$p_m(\tau)=(a_m/m!)e^{-a}. \qquad (4.5)$$

По данным наших исследований, простейшими являются потоки требований на выполнение ремонтно-обслуживающих работ участком технической эксплуатации в характерные периоды полевых работ: ранневесенний, весенний, весенне-летний, уборочный, послеуборочный, осенний, зимний (см. рис. 4.10 и табл. 3….). Поток может быть нестационарным с мгновенной интенсивностью $\omega(t)$, что выражается зависимостью /58/

$$\omega(t)=\lim_{\Delta t\to 0}[m(t+\Delta t)-m(t)]/\Delta t \qquad (4.6)$$

В этом случае вероятность появления ровно m требований на выполнение ремонтно-обслуживающих или механизированных работ за время τ подчиняется закону Пуассона с математическим ожиданием /58/

$$\lambda=\int_{t}^{t+\tau}\omega dt. \qquad (4.7)$$

Простейший поток, описывающий указанные потоки требований, является частным случаем потока Пальма; последний имеет ограниченное последействие. Поток Пальма наблюдается, например, на выходе систем массового обслуживания МТА с отказами: если на вход поступает простейший поток, то на выходе поток не обслуженных в подразделении СХП требований будет являть-

ся потоком Пальма. Если же из потока "выбрасывается" k требований подряд, отмечает Е.С. Вентцель /58/ (что происходит при многоуровневом обслуживании ТО и ремонтами в СХП), а сохраняется $k+1$ требование, то получается поток Эрланга k-го порядка. При неограниченном увеличении k, то есть при сокращении возможностей по обслуживанию на первом, нижнем уровне СХП) нормированный поток Эрланга приближаемся к регулярному с интервалом λ^{-1}, причем важным для нас свойством потока Эрланга является то, что им можно заменить поток заявок, имеющий последействие, что теоретически не исключено. В таком случае получаются завышенные показатели надежности технологической системы машиноиспользования: реализуется принцип «гарантированного результата».

Для проверки гипотезы о стационарности использовали критерии χ^2 (см. 3.75), задавшись количестком интервалов, рассчитав по опытным данным значения математических ожиданий. Последние могут быть определены по тождеству Вальда. Число степеней свободы определили, вычтя из числа интервалов два. Тогда, с вероятностью γ вероятность стационарности не опровергается (использованы табличные данные χ^2 в зависимости от доверительной вероятности $p(t)$ и числа степеней свободы), и приняли гипотезу о стационарности входящего потока.

Для вычисления доверительных интервалов нашли среднее значение $\lambda(t)$. Доверительный интервал определяют из соотношения (3.76), причем, в соответствии с методикой главы 3, степени свободы $\omega_н = \omega_в$ равны удвоенному значению количества наблюдений $2m$ в том случае, если это количество задано. В противном случае $\omega_н = 2m + 2;\ \omega_в = 2m$.

При вычислениях воспользоваться указанным выше сборником таблиц Оуэна. При этом учли, что в таблице критических значений χ^2 для распределения $f \equiv \omega$ и $\gamma = 1 - \alpha$..Подставив вычисленные значения в формулу (3.61), получили верхнюю и нижнюю доверительные границы λ. Эти результаты позволяют применить для математического описания процессов эксплуатации МТП теорию массового обслуживания, на основании моделирования получить основные закономерности функционирования и сделать вывод о принципах построения надежной и эффективной системе машиноиспользования.

Значение параметра λ вычисляли по результатам хронометражных наблюдений за работой каждого МТА. В этом случае среднее значение $\lambda(t)$ для парка машин определяется как сумма математических ожиданий, а доверительный интервал – из соотношения (3.76).

Если все значения λ по интервалам "накрываются" доверительным интервалом, гипотеза о стационарности может быть принята.

Отмеченное исследование может быть выполнено на ЭВМ по стандартным программам с использованием критерия Колмогорова. Проверку гипотезы об ординарности для пуассоновского входящего потока можно выполнить по приведенной формуле. Например, для рассмотренного примера вероятность поступления в течение одной минуты одного требования равна $p_1=[\lambda_1]!/1!e^{-}$

$^{\lambda}_{1}$=0.0009, а ни одного требования $p_0 = e^{-\lambda} = 0{,}999$, двух и более требований $p_{n>2} \geq 0{,}0000004$ /281/. В силу теоремы суммы вероятностей значения $\sum p = 1$ свойство ординарности соблюдается с вероятностью 0,99.

Отсутствие последействия оценили по близости законов возникновения требований и времени восстановления к экспоненте по перечисленным программам. Рассмотрев случай, когда требования поступают через равные промежутки времени и обслуживание производится через равные промежутки времени при одном посте обслуживания (это может быть процесс восстановления деталей на ремонтном предприятии, налаженный процесс транспортирования сельхозпродуктов на небольшое расстояние, работа одного из средств механизации технологической линии кормоцеха), обозначив интенсивность поступления требований через λ, а интенсивность их обслуживания – μ, получили следующее. Коэффициент использования $\alpha = \lambda \cdot \mu^{-1}$ может быть больше, равен или меньше единицы. В первом случае очередь на выполнение операций полеводства и(или) ТОРХ возрастает, во втором – стабилизируется. Это происходит по следующей причине. Пока обслуживается очередь из n-требований в течение времени t, вновь поступает n_1 требований

$$n_1 = 1/\Delta t_n = n^* \Delta t_{об}/\Delta t_n = n\alpha, \qquad (4.8)$$

в то же время при обслуживании поступивших требований n_1, вновь поступит n_2 требований

$$n_2 = t_{1/\Delta} t_n = n_1 \Delta t_{об}/\Delta tn = n_1 a = n\alpha^2, \qquad (4.9)$$

где $\Delta t_{об}$ – продолжительность обслуживания;

Δt_n – интервал между поступлениями требований.

Если $\alpha < 1$ то

$$\lim_{\alpha \to \infty} n^* \alpha^2 = 0 \qquad (4.10)$$

В случае $\alpha > 1$

$$\lim_{\alpha \to \infty} n^* \alpha^2 \to \infty, \qquad (4.11)$$

Для $\alpha = 1$

$$\lim_{\alpha \to \infty} n^* \alpha^2 = n. \qquad (4.12)$$

Очередь исчезает в тот момент, когда интервал между поступлением требований становится больше времени обслуживания предыдущих требований.

Прошедшее к этому моменту время можно вычислить по формуле для суммы членов прогрессии

$$T = n\Delta t_{об} + n_{i0}\,\Delta t_{об} + \ldots \ldots \ldots + n_{ij}\,\Delta t_{об} = \Delta t_{о\,б}\,(n + n_{10} + \ldots + n_{ij}) = (1/\mu)(n + n_{10}\,\alpha + \ldots = n_{ij}\,\alpha^{m}) = (n/\mu)(1 + \alpha + a^{2} + \ldots + \alpha^{m}) = [n(1 - \alpha^{m+1})] / \mu\,(1 - \alpha). \quad (4.13)$$

Зависимость времени $T_{об}$ от отношения интенсивности поступления требований к интенсивности их восстановления приведена на рис.4.11. На рисунке вероятность параметрического отказа соотносится напрямую с появлением очереди. Чем выше вероятность очереди, тем выше вероятность параметрического отказа, и наоборот, при уменьшении очереди вероятность отказа снижается, и становится минимальной при исчезновении очереди.

В реальных системах эксплуатации сельскохозяйственной техники характерные периоды значительно превышают продолжительность обслуживания требований, поэтому для ряда случаев применимы аналитические методы. Наиболее простые случаи – системы Эрланга (поток отказов – простейший, обслуживание – по экспоненциальному закону, заявки при занятости постов обслуживания теряются). Они могут быть проанализированы не только на ЭВМ, но и на микрокалькуляторе МК-52. Система характеризуется параметрами $\mu(t_{об})$ и n.

Например, во время уборки зерновых колосовых культур за световой день (16 час.) может появиться в среднем 30 отказов. Для их устранения создано шесть передвижных постов, базирующихся на центральной усадьбе хозяйства. Среднее время устранения одного отказа $t_{обс} = 4$ часа. Требуется определить параметры системы обслуживания при условии устранения всех отказов. При отсутствии свободного передвижного поста заявка теряется (отказ устраняется в производственном подразделении), и инженерная служба не получает хозрасчетный доход.

Воспользовавшись данными расчетов при $n = 6$, $t_{обс} = 4$ часа и $\lambda = 30$, установили, что вероятность отказа в обслуживании для инженерной службы составляет $p = 0{,}362$, то есть только 36% дохода, в среднем она потеряет. Средняя загрузка передвижных постов составит 79,8%, пропускная способность около 19 заявок за день.

Вывод: для увеличения доходов инженерной службы число постов следует увеличить до уровня, при котором вероятность потери заявки, будет менее 0,6 %. Это и есть вероятность функционального отказа системы. Надежность системы при этом по показателю безотказности будет высокой, принцип «гарантированного результата» достигается. По данным вариантного

Зависимость времени исчезновения очереди от отношения математических ожиданий входящего потока и механизма обслуживания расчета, необходимо иметь 15 передвижных постов, что вряд ли возможно. Альтернативный вариант – увеличение производительности постов, например, на 20% (до 3,2 часа). В этом случае вероятность обслуживания возрастет до 74%. Интересно отметить, что если 6 постов будут обслуживать вдвое меньший парк комбайнов, вероятность обслуживания при $\boldsymbol{t_{обс}} = 4$ часа возрастет до 90% и вероятность потери за-

явок сократится в 3,6 раза: увеличение средней производительности подсистемы обслуживания в два раза сокращает вероятность отказа на 360%.

Расчет экономической целесообразности той или иной структуры системы можно выполнить по приведенным ранее критериям эффективности, в данном случае для системы с отказами.

Рассмотрим систему с отказами при применении ненадежных постов обслуживания. Выход из строя последних может происходить по техническим причинам, в том числе при переездах, из-за ошибок диспетчера или невыхода персонала на работу. В случае отказа поста обслуживания происходит и отказ в обслуживании.

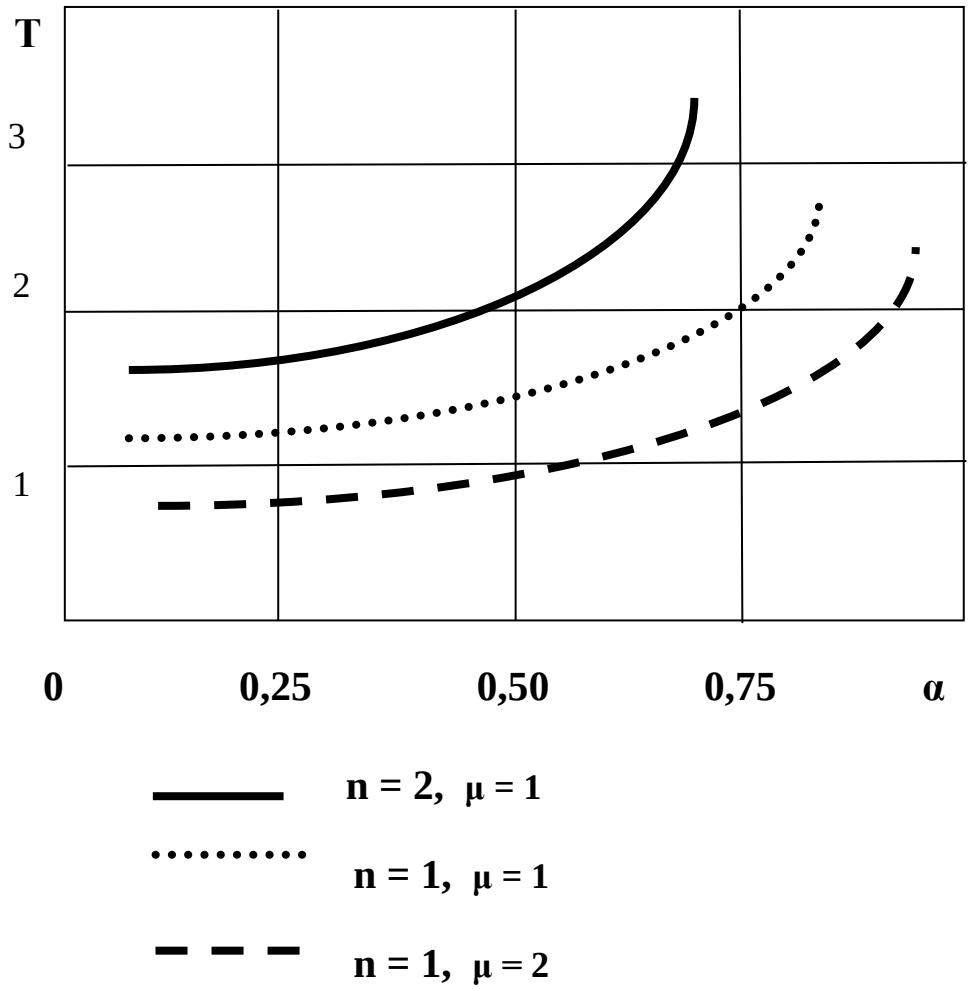


Рис. 4.11

Используются следующие формулы (табл. Прил.) для определения:

♦ вероятности того, что ***k*** постов находится в нерабочем состоянии в момент времени ***t***;

♦ вероятности того, что объект не будет обслужен из-за занятости и неисправности постов;

♦ вероятности отказа в обслуживании из-за отказа поста во время обслуживания;

♦ суммарной вероятности отказа в обслуживании; вероятности того, что вновь поступившее требование будет обслужено;

♦ математического ожидания числа занятых постов обслуживания;

♦ математического ожидания чиста постов, находящихся в нерабочем состоянии;

♦ математического ожидания числа исправных постов, не занятых обслуживание;

♦ коэффициента надежности системы.

Отказ постов обслуживающей системы чаще встречается в производственных операциях, например, при обслуживании сеялок загрузчиками.

Системы обслуживания с последовательно расположенными однотипными или разнотипными подсистемами обслуживания могут применяться для описания операций с резервами. Если звенья зерноуборочных комбайнов не справляются со своевременной уборкой, может включаться в работу резерв, аналогично на пахоте, севе и др. (рис. 4.12).

Варианты системы: разнотипные машины в обслуживающей системе и их различное количество в работе и в резерве. Например, ремонтно-обслуживающие работы по сельхозмашинам при перегрузке машинного двора можно передавать в ремонтную мастерскую, в этом случае обслуживающие посты будут разнотипными.

Для системы с однотипными постами выходные параметры определяются по формулам Эрланга. Например, отказы машинно-тракторных агрегатов в районной системе ТО и ремонта (типа МТС) устраняются в производственных подразделениях, на центральных усадьбах хозяйств и с помощью передвижных бригад, причем отказ устраняется передвижной бригадой при загрузке постов в подразделениях и т.д. (рис.4.13). Подобная схема обслуживания имеет место при системе дилеров. Прообразом подобной системы были межхозяйственные предприятия по механизации (МХПМ).

Например, за день возникает 96 отказов, имеется n = 36 постов по устранению отказов в отделениях МТСМ (холдинга СХП), S_2 = 15 передвижных постов и оборудовано S_3 = 6 постов при ремонтных мастерских хозяйств. Рассматриваем отказы II и III групп сложности со средним временем устранения в производственных условиях $t_{обс}$ = 8 час. Вероятность отказа поста обслуживания из-за недостатка запчастей или другим причинам равна n' = 0,1. По формуле Эрланга определили, что из всего количества отказов около 26,9 % будет обслуживаться в спецотделениях, оставшиеся поступят на передвижные посты. Из-за ненадежности постов спецотделений ими будет устранено только 26,9 % (1 – 0,1) = 31,89 отказов при загрузке N_3 = 35,43 поста, или 98,4 %. Так как свободного времени у них практически нет (около 1,6 %), то можно сделать вывод об их перегрузке.

По данным расчетов, передвижные посты обслужат 52 % требований из числа поступивших; все три уровня будут практически полностью загружены работой ($K_з$ = 97,7…98,4 %). Обслуживание требований происходит следующим образом – в среднем в отделениях МТС ежедневно устраняют 32 отказа, пере-

движные посты – 45 отказов, в ремонтных мастерских СХП – 19 отказов. Целесообразно рассмотреть другие варианты и установить наиболее рациональный из них. Аналогично выполняются расчеты для системы с последовательно расположенными постами обслуживания различной производительности. В условиях конкурирования организаций технического сервиса целесообразно рассматривать ситуацию, когда слишком длительное обслуживание вызывает желание клиента обращаться к фирме-конкуренту.

Постановка задачи состоит в следующем. Интервалы времени между появлением требований распределены по экспоненциальному закону, система сервиса имеет несколько подсистем с производительностями, характеризующимися μ_1, μ_2 и т.д. Например, в систему сервиса поступает в среднем 4 требования на запчасти за час, время передачи сообщения составляет в среднем 30 мин. ($\mu_1 = 2$), время доставки запчасти один час ($\mu_2 = 1$). Вероятность обслуживания в соответствии с основной теоремой вероятности составит

$$p_{обс} = 1 - p_{отк} \qquad (4.14)$$

Конкурирующая система при прочих равных параметрах имеет $\mu_2 = 4$, соответственно $p_{обс} = 0{,}278$. Система в сравнении с конкурентом имеет почти столько же шансов удовлетворить требованиям клиента (примерно в 4,5%), однако может выиграть в издержках за счет сокращения производительности второй подсистемы в два раза. Аналогично можно рассчитать параметры системы с тремя подсистемами различной производительности, расположенными последовательно.

Например, во время заготовки силосных культур, в среднем заготавливается силосной массы за неделю в объеме, достаточном для заполнения пяти хранилищ. Имеются три различных гусеничных трактора, первый из них уплотняет одну траншею в неделю, второй – две и третий – три ($\mu_1 = 1$, $\mu_2 = 2$, $\mu_3 = 3$). Требуется определить эффективность кормозаготовки. Рассчитаем вероятность того, что все тракторы загружены в момент t и она составит $p_{отк} = 0{,}01$. Вероятность того, что вся масса будет своевременно уплотнена можно по формуле, известной из теории вероятностей

$$P_{обс} = 1 - p_{отк} = 0{,}99. \qquad (4.15)$$

В случае, если $\mu_2 = \mu_3$, вероятность отказа равна $p_{отк} = 0{,}02$. Если же $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$, то $p_{отк} = 0{,}14$. Следовательно, нужно третий трактор заменить на менее мощный, не меньший по производительности, чем предыдущие, и вновь повторить расчет.

Возможны случаи, когда требование (предмет труда, заявка на ремонт и т.д.) последовательно обрабатывается в двух и более фазах (операциях технологической системы), причем, если обслуживание не будет своевременно выполнено, требование теряется (имеет место отказ в обслуживании). Под потерей требования условно может пониматься простой на какой-либо операции, при-

водящий к снижению пропускной способности системы (функциональному отказу). Зависимости для расчета вероятностей отказа трехоперационного технологического процесса приведены в таблице приложения.

Например, имеется технологическая линия, включающая транспортер-питатель, и измельчитель-дробилка, питатель, масса подается порциями, распределение времени между моментами подачи – экспоненциальное с $\lambda = 1$ порции/мин, механизм обслуживания на каждой операции характеризуется соответственно $\mu_1 = 1$ и $\mu_2 = 1$. В случае, если следующая порция подается в момент, когда предыдущая не обработана, происходит технологический отказ. Вероятность последнего, по данным расчета, составит $p_{отк} = 0{,}625$.

Вывод: согласованная по производительности традиционными методами расчета линия даст значительные сбои при стохастическом входящем потоке.

Рассмотрели системы, в которых требования на обслуживание при занятости постов становятся в очередь. Для многофазных систем это идентично образованию межоперационных или межфазных заделов (запасов), так как поступающие требования вначале обрабатываются (обслуживаются) в первой фазе, затем становятся в очередь и/или обслуживаются во второй фазе и т.д. (рис. 4.13). Если требование попадает в буфер и становится в очередь, производительность системы снижается за счет параметрического отказа, так как могут наблюдаться и очереди, и простои фаз. Допущения относительно характера потоков требований и механизмов обслуживания те же, что и в моделях раздела 3.

Вначале рассмотрим системы с одним постом обработки (обслуживания) требования в каждой фазе для разомкнутой системы (см. рис. 4.12), то есть когда обслуженные требования в систему не возвращаются. Требования обслуживаются по мере поступления. В системе может находиться одно, два и т.д., требований (рис.4.14).

Используя мнемоническое правило, запишем /58/

$$\begin{cases} p_0(t)/dt - \lambda p_0(t) + \mu p_1(t), \\ \quad \dots\ \dots\ \dots \quad \dots\ \dots\ \dots \quad \dots\ \dots\ \dots \\ dp_n(t)/dt = \lambda p_{n-1} - (\lambda + \mu) p_n(t) + \mu p_{n+1}(t), \end{cases} \qquad (4.16)$$

для однопостовой системы

$$dp_n(t)/dt = 0, \longrightarrow \qquad (4.17)$$

$$\begin{cases} \lambda p_0(t) + \mu p_1(t) = 0 \\ \quad \dots\ \dots\ \dots\ \dots\ \dots\ \dots \\ \lambda p_{n-1}(t) - (\lambda + \mu) p_n(t) + \mu p_{n+1}(t) = 0. \end{cases} \qquad (4.18)$$

Решения системы приведены в таблице приложения в соответствии с /58/ и /281/. Могут быть варианты: однофазные и многофазные системы (рис. 4.14 и 4.15). В первом случае имеется один или n постов обслуживания. Например, на

центральном машинном дворе работает пять рабочих (n = 5). В среднем за день необходимо обслужить десять (2…10) требований (выдать или принять технику, провести техобслуживание при хранении, устранить отказ и т.д.). Обслуживаемый парк машин характеризуется тем, что выход из строя одной машины не зависит от состояния другой. В среднем за день при полной 1…100 %-загрузке один рабочий выполняет μ_2 = 2,5 требования. Тогда вероятность простоя всех работников одновременно составит /281/ p_c = 0,013, вероятность того, что все работники занятые p_n = 0,554. Продолжительность ожидания, требования в очереди составляет $t_{ож}$ = 1,55 часа при ее численности около 11 машин, ожидающих обслуживания. С вероятностью 96-97 % требование начнет выполняться в день его поступления.

Схема обслуживания в упорядоченной системе ЭМТП

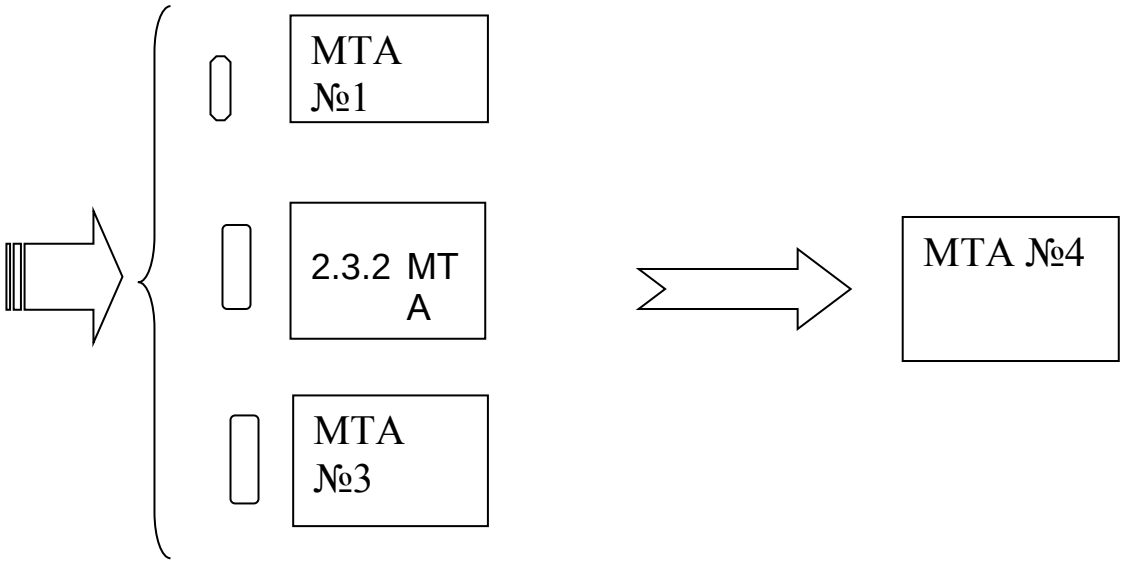


Рис. 4.12

Рассмотрим второй пример. В среднем в сельскохозяйственное предприятие поступает в полгода μ_2 = 20 новых сельхозмашин, для хранения которых в транспортном состоянии имеется n = 5 мест под навесом. Одна машина проходит досборку, предэксплуатационное обслуживание и обкатку в течение шести (μ_2 = 0,2) недель. Определить, достаточно ли мест под навесом, как загружен слесарь-ремонтник и другие параметры системы.

По формулам /58, 281/ определили вероятность того, что:

- под навесом нет ни одной сельхозмашины p_0 = 0,013;
- все места под навесом заняты p_n =0,555;
- среднее время ожидания начала сборки $T_{ож}$ = 19,8 суток;
- среднее число необслуживаемых машин $M_{ож}$ = 11,0;
- среднее число машин, не подготовленных M_c = 12,5;
- в среднем 20 % площади под навесом свободно;

♦ не более чем в 7,4 % случаев поступившая новая сельхозмашина будет разгружена не под навес.

Схема устранения отказов в упорядоченной системе ЭМТП

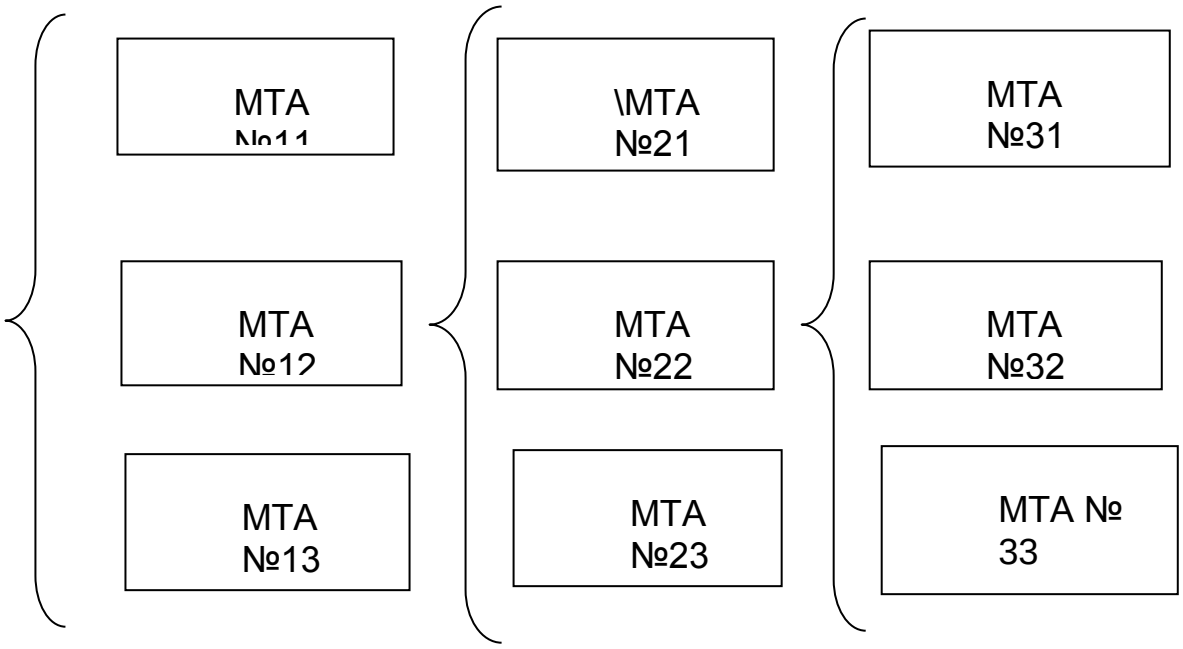


Рис. 4.13

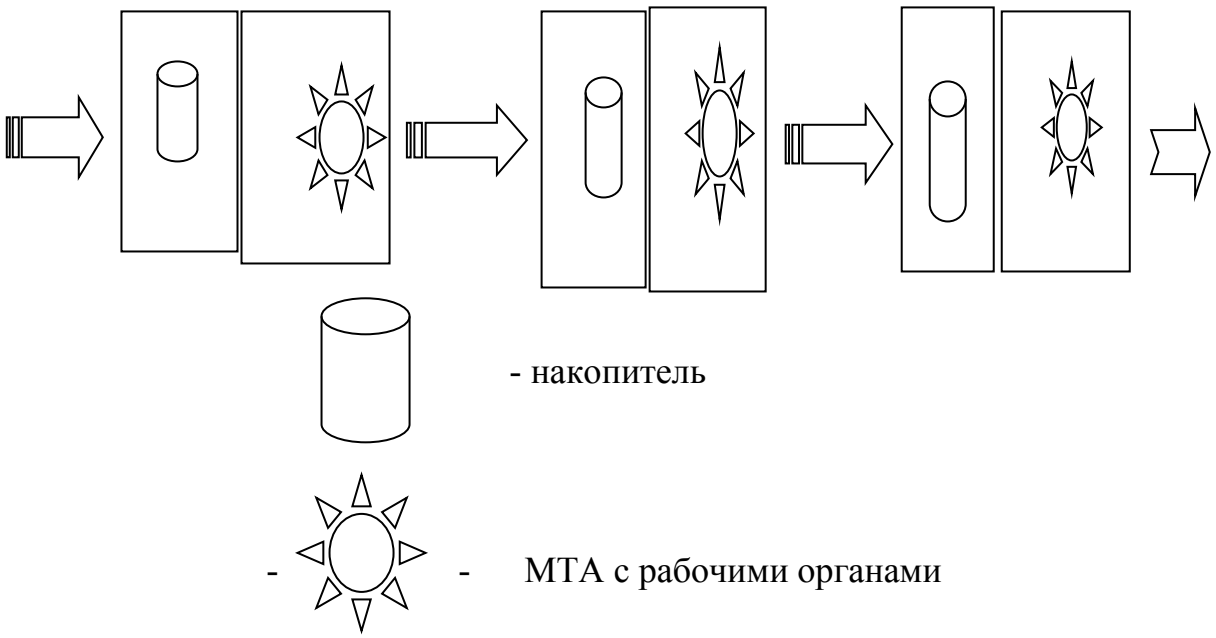


Рис. 4.14

Размеченный граф состояний однофазовой одномашинной (однопостовой) системы с ожиданием (без функциональных отказов)

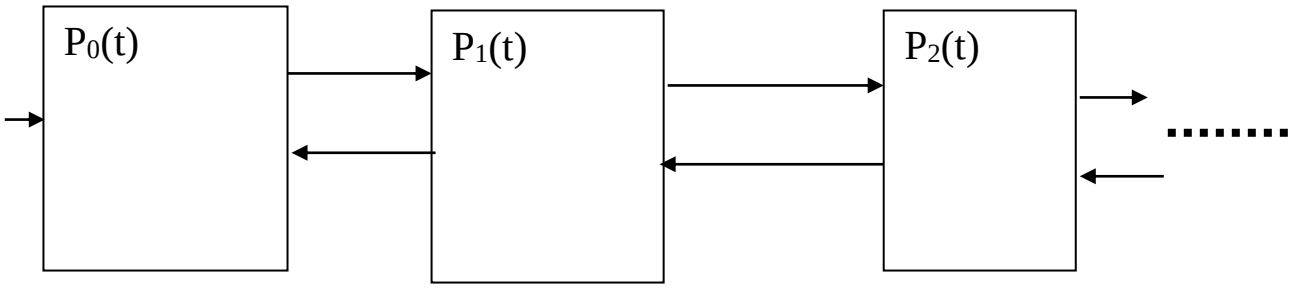


Рис. 4.15

Подсистема эксплуатации МТП, рассматриваемая как многофазовая система с межоперационными запасами (культивация – предпосевная культивация – посев или свал в валки – обмолот – лущения).

Если поступающие требования обслуживаются в двух фазах (подсистемах, операциях), в каждой из которых может находиться не более одного требования, также можно по аналитическим зависимостям ТМО рассчитать показатели системы с другими конкретными параметрами. Например, поступающие на въезд в Атаманский элеватор (Ростовская область) в период уборки зерновых колосовых автомашины сначала исследуются (берутся на анализ пробы зерна), затем взвешиваются, причем $\lambda = 20$ автомашин/час, $\mu_1 = 40$ (исследование), $\mu_2 = 25$ (взвешивание). Расчет показателей по методу ТМО /281/ дал следующие результаты: вероятность отсутствия машин на въезде $p_{ao} = 0{,}10$; всего автомашин в среднем на въезде в элеватор $M = 5{,}0$; средняя длина очереди на исследование $M_{оч} = 1{,}0$; средняя длина очереди у весовой $M_{вес} = 4{,}0$; в среднем будет простаивать около 40 % времени лаборант, берущий на анализ пробы зерна и около 10 % - весовая**;** очередь у въезда может достигнуть 20 автомашин с вероятностью не более 0,10 %.

На основании расчетов можно сделать не только экономическую оценку варианта, но и предусмотреть: место для стоянки 20 автомашин, расширение числа весовых, так как одновременно с простоем в очереди возрастает потребность в автотранспорте, а его стоимость относительно высокая.

Замкнутые системы имеют место в этом случае, когда обслуживаются МТА посевного и кормодобывающего звена, пахотного отряда, уборочного комплекса, отряда химизации и т.д., отказ одной машины влияет на параметр входящего потока λ из-за относительно небольшого числа объектов обслуживания. Обслуженная машина возвращается на место своей работы.

Для замкнутой однопостовой и многопостовой однофазной системы известны /281/ формулы для расчета указанных схем (рис. 4.12-4.15). Например, по данным наших наблюдений, для обслуживания десяти ($m = 10$) зерноуборочных комбайнов «ДОН-1500» необходимо иметь три специально оборудо-

ванных мастерских на базе автомобиля. Время обслуживания характеризуется математическим ожиданием μ = 5 машин/сутки. В среднем выходит из строя при двухсменной работе один (λ = 1), наработка на отказ составляет 20 часов в среднем, что соответствует данным МИС. Произведя вычисления по приведенной формуле, установили следующее. В течение суток рабочие мастерской будут отдыхать в среднем 1,1 час., в то же время в очереди на обслуживание будет находиться в среднем μ_1 = 1,6 % зерноуборочных машин. Аналогично выполняются расчеты в других подобных случаях: обслуживание.

4.5. Выводы

4.5.1. Структуру математических моделей целесообразно разрабатывать на основе динамической модели Дж. Форрестора, состоящей из уровней (ресурсов), взаимодействующих между собой вероятностными потоками: материальными и информационными. Последние связаны с материальными потоками функциями решений, реализуемых посредством системного анализа и ЭВМ. Разработаны и приведены математические структуры, описывающие функции решений. В *N*-мерном пространстве данные структуры описываются как комплекс алгоритмо-программного обеспечения, для которого разработана иерархия и прослежены взаимосвязи. Реализацию функций решений предлагается выполнить методами теории сложных систем и теории марковских процессов на основе разработанных алгоритмов.

4.5.2. Алгоритмы разработаны на основе вербального описания, формализованной схемы и математической модели процесса эксплуатации МТП на различных уровнях: подразделения, СХП, холдинга СХП, МТС или ассоциации. За основу взята технология ЭМТП, отображенная в виде К-сети при моделировании по особым состояниям, и в виде *R*-сети при моделировании расходования ресурсов.

4.5.3. Была формализована структура технической и производственной эксплуатации МТП в растениеводстве, рассмотрен абстрактный «агрегат» /55/, операторы и векторы состояний. С целью обобщения моделирования на весь процесс ЭМТП в течение года рассмотрена классификация периодов машиноиспользования на характерные, затем выполнен анализ установленных периодов и ЭМТП по периодам методами теории сложных систем, с разработкой универсальной абстрактного «агрегата», удобного для математического описания. Это связано со сложностью вероятностной технологической системы ЭМТП, не поддающейся описанию более простыми методами без потери адекватности.

4.5.4. Рассмотрев возможности теории марковских процессов, установили наличие признаков, позволяющих использовать метод «вложенной марковской цепи». Выявленное свойство стационарности входящего потока на основе исследования ординарности и отсутствия последействия и использование известного в теории надежности сложных систем принципа «гарантированного результата» позволяют с достаточной вероятностью описывать отдельные эле-

менты и подсистемы Системы ЭМТП таким приложением теории марковских процессов, как теория массового обслуживания. На основе анализа процессов машиноиспользования они классифицированы по признакам СМО Кендалла. Для каждой схемы приведен пример реализации на базе опытных данных и на основе данных, полученных на основе теоремы и тождества Вальда. Показано, что замена потока Пальма потоком Пуассона не приведет к снижению достоверности результатов.

4.5.5. На примере показано, что замена вероятностной модели на детерминированную приводит к существенным искажением результатов исследования, по этой причине следует ориентироваться на вероятностные методы расчета технологических систем использования и сервиса МТП: согласованная по производительности традиционными методами расчета линия даст значительные сбои при стохастическом входящем потоке.

4.5.6. Рассмотрев системы, в которых требования на обслуживание при занятости постов становятся в очередь во многофазных системах, установили идентичность данного явления образованию межоперационных или межфазных заделов (запасов), так как поступающие требования вначале обрабатываются (обслуживаются) в первой фазе, затем становятся в очередь и/или обслуживаются во второй фазе и т.д. Если требование попадает в буфер и становится в очередь, производительность системы снижается за счет параметрического отказа, так как могут наблюдаться и очереди, и простои фаз. Значимость данного вывода в том, что он позволяет обобщить процессы технической и производственной эксплуатации МТП, распространить методы системного анализа на область технической ЭМТП.

4.5.7. Изучая динамику очередей требований на выполнение механизированных работ и операций ТОРХ, выявили неустойчивость процесса по интенсивности обслуживания и отношению интенсивностей входа к интенсивности обслуживания. В частности, это выражается в значительном изменении надежности системы при незначительном изменении подсистемы обслуживания в диапазоне производственных условий ЭМТП, что показано на графике. Установлено, к примеру, что для увеличения доходов инженерной службы число постов подсистемы обслуживания следует увеличить до уровня, при котором вероятность потери заявки, будет менее 0,6 %. Это и есть вероятность функционального отказа системы. Увеличение производительности постов, например, на 20% (до 3,2 часа) приводит к росту вероятности обслуживания до 0,74. Интересно отметить, что увеличение средней производительности подсистемы обслуживания в два раза сокращает вероятность отказа в 3.6 раза. Свойство неустойчивости системы по управляющим параметрам позволяет выполнять его оптимизацию при несущественных затратах. С другой стороны, целесообразность отнесения параметра к управляющему определяется как устойчивостью системы по отношению к нему.

5. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ПОДСИСТЕМ

5.1. Моделирование организационно-технического комплекса методами статистического моделирования и ТМО

5.1.1. При моделировании исходили из того, что машиноиспользование есть причинно-следственная цепь состояний, а управление состояниями – информационный процесс упорядочения (структуаризации) системы ЭМТП, для управления эффективностью и надежностью ЭМТП рассмотрены методы информационного регулирования переходов системы из состояния в состояние. Указанный подход основан на применении методов системного анализа (см. гл. 1 и 2), теории марковских процессов (см. гл. 2,3 и 4), так как имеет место марковская цепь состояний. Информационное регулирование направлено на перевод системы из более вероятного состояния (отказа) в менее вероятное состояние (эффективной работы) на основе математического моделирования, причем за основу предлагаются изморехнологии – использование организационно-технологических комплексов, разработанных ВНИПТИМЭСХ, которые доказали свою эффективность и в рыночных условиях.

Основной тип производственных элементов - организационно-технические комплексы. К ним относятся уборочно-транспортные комплексы, посевные звенья, пахотные и кормодобывающие отряды, звенья по уходу за пропашными и др. (см. гл.1).

Были разработаны следующие модели: технологического комплекса (названная нами ресурсной по использованию принципу ее создания); аналитическая модель кормодобывающего отряда; имитационная модель резервов и структуры элемента «ТО» как агрегат; имитационная модель выполнения работ по ТО в малом предприятии (на основе К-сети); аналитические модели ЗСК, ХПП, АТК; аналитическая модель резервирования и замен; аналитическая модель оптимизации сроков службы.

Цель создания моделей - обоснование необходимых для устойчивости параметров надежности и эффективности ЭМТП ресурсов, запасов, заделов, а также структур и механизмов функционирования. Важное место в иерархии моделей указанных производственных элементов машин занимают модели функционирования организационно-технологических комплексов (ОТК). Модели эти являются довольно сложными, так как режимы функционирования ОТК - стохастические.

С одной стороны, применение этих моделей позволяет определить такие параметры машин, как мощность двигателя, емкость бункера и др., влияющие на показатели функционирования всего ОТК. С другой стороны, модель используется для синтеза самого ОТК и проверки синтезированных с помощью графовых моделей агрегатов с учетом внешних условий. В частности, модель может быть использована для установления взаимосвязей между показателями эффективности, надежности и подсистемы технического обслуживания. Так как име-

ется несколько типов различных ОТК, построение их конкретных моделей было бы делом трудоемким, поэтому нами поставлена задача построения адекватной универсальной модели ОТК. Предварительно, для наглядного представления процесса, были построены графовые модели /361/.

Методикой данной работы было предусмотрено использование методов имитационного моделирования. При этом было решено процессе эксплуатации машин представить как потребление ресурсов. Ресурсная модель рассматривает участвующие в процессе эксплуатации машин ОТК как основные (обрабатывающие, изменяющие предмет труда) и вспомогательные (транспортные). Потребляемые в процессе труда ресурсы классифицировали как технологические, технические и трудовые (см. табл.5.1).

Таблица 5.1

Классификация ресурсов, потребляемых в процессе эксплуатации машин

Вид ресурса	Род ресурса	Примеры ресурса
1	2	3
1 Технологические	1. Планируемые: а) периодический (дискретный)	Ресурсы загрузки или разгрузки ящиков, бункеров (по времени или вместимости) Ресурс совместной работы силосоуборочного комбайна и транспортного средства (по времени загрузки или разгрузки транспортного средства)
	2. Случайный	Случайное время до потребности в очистке лапок культиватора
2. Технические	1. Планируемые: а) периодический б) непрерывный	Ресурс для трактора по техническому обслуживанию, текущему и капитальному ремонту Ресурс по работоспособности приборов непрерывного диагностирования работы двигателя трактора
	2. Случайный	Продолжительность работы агрегата до отказа.
3. Субъективные	1. Планируемые а) периодические	Периоды времени от текущего момента до перерыва на обед
	2. Случайные	Случайное время до выбытия механизатора из процесса по какой-либо причине

В ходе разработки алгоритма имитации процесса эксплуатации машин было подмечено, что сельскохозяйственные процессы можно представить как процесс потребления ресурсов: технических, технологических и пр.
В ходе разработки нескольких вариантов алгоритма имитации процесса эксплуатации машин при выполнении сельскохозяйственных работ установлено следующее.
Алгоритмы имитационного моделирования процесса эксплуатации машин, представленного как потребление ресурсов, проще по структуре при той же полноте отображения изучаемого явления. Ориентировочно в 1,2-1,5 раза была снижена и трудоемкость разработки алгоритма имитации процесса на ЭВМ.
Предлагаемая вашему вниманию ресурсная модель рассматривает участвующие в процессе эксплуатации машин как основные (обрабатывающие, изменяющие процесс труда) и вспомогательные (транспортные). Потребляемые в процессе труда ресурсы классифицировали как технологические, технические и субъективные (см. табл.5.1).
К технологическим отнесены ресурсы, расходуемые в соответствии с технологией (на севе, например, это продолжительность периода от текущего момента до времени расхода зерна из семенного ящика, период времени до прочистки семяпровода и др.).
К техническим отнесены ресурсы эксплуатируемых машин, определенные их конструкцией: продолжительность периода времени от текшего момента до выработки периодического ремонта и др.
К субъективным отнесены ресурсы, связанные с субъектами, участвующими в процессе: трактористами, шоферами. При этом основывались на том, что людей, для того, чтобы они работали, необходимо кормить, обеспечивать спецодеждой, учить на курсах переподготовки и повышения квалификации и др. Ресурсы классифицировали на технологические, технические и субъективные. Роды ресурсов определили по каждому виду. К первому роду первого вида были отнесены ресурсы планируемого технологического обслуживания (периодическая разгрузка или загрузка бункеров, ящиков сельскохозяйственных машин, продолжительность периода времени совместной работы машинно-тракторного агрегата и транспортного средства до заполнения кузова, планируемая перестройка рабочего режима машины и др.).
В свою очередь, ресурсы первого рода первого вида могут быть положительными (для посевных агрегатов) и отрицательными (для уборочных агрегатов). В первом случае емкости при работе разгружаются, во втором - заполняются. Аналогично можно классифицировать и некоторые другие ресурсы.
Обслуживание первого рода первого вида может требоваться на всем протяжении работы машинно-тракторного агрегата (например, совместная работа силосоуборочного агрегата и транспортного средства). Такое обслуживание назвали непрерывным.
Ко второму роду по первое виду относятся статистические ресурсы возникающих непредвиденно потребностей в технологическом обслуживании (очистка рабочих органов и т.п.).

Ресурсы второго вида (технические) аналогично классифицировали на ресурсы первого рода - планируемые (например, ресурс ТО-1, ТО-2, Т0-3), и случайные (см. табл.5.1).

Большинство указанных ресурсов носят вероятностный характер и могут быть заданы с необходимой достоверностью статистическими, точечными оценками описывающих их законов распределений.

Разработка модели свелась, таким образом, к составлению алгоритма, имитирующего использование перечисленных ресурсов во время сельскохозяйственных процессов.

Предложенные вашему вниманию идеи были использованы при моделировании процесса эксплуатации машин на полевых работах.

Как известно, он начинается ранней весной. Подготовленные к работе агрегаты выходят в поле для закрытия влаги. Для их работы необходимы: заправка ТОМ, техническое обслуживание и устранение отказов, очистка борон от растительных остатков, организация питания, отдыха механизаторов, переезды с поля на поле. В ранневесенний период, как видим, требуется минимальное количество ресурсов.

В последующие периоды количество необходимых ресурсов изменяется. Характерные периоды, эксплуатации машин включают, кроме названного, весенний, весенне-летний, уборочный, послеуборочный, летне-осенний и осенний.

Наибольшее количество ресурсов потребляется во время уборки. Поэтому универсальная, приемлемая для моделирования всех перечисленных периодов ресурсная имитационная модель разработана на основе описания уборочного периода. Вербальное его описание не приводится, так как происходящие в этот период процессы общеизвестны всем, кто сталкивается с решением задач использования техники в сельском хозяйстве.

Предусматривалась возможность использования модели как универсальной за счет приравнивания нулю не используемых в данном случае ресурсов и конкретизации оставшихся.

В качестве целевой функции использованы приведенные затраты и ущерб от простоев техники, а также потерь урожая в расчете на единицу проведенной продукции.

В общем случае они складываются из стоимостей: чистой работы техники, в том числе затрат на ТОМ, запасных частей, ремонта ТО, заработной платы, амортизации и др.; холостой работы машин; а также ущерба от непроизводительных простоев машин и потерь урожая /253, 254/.

В свою очередь, приведенные затраты зависят от сезонной загрузки машин. Для получения сопоставимых результатов последняя была принята по нормативам зоны Северного Кавказа.

Целевая функция имеет следующий вид:

$$Y_i=[T_1*J_{см}+(T_2+T_8)J_{омх}+(T_3+T_5+T_7)J_{омз}+(T_4+T_6+T_9)J_{омнз}+T_{11}J_{дз}+T_{12}J_{тр}+ +T_{ОМ}J_{ТО}+(T_4+T_6)J_{34}+T_{15}J_{nто}+T_1J_{вмн}+T_3J_{вмнз}+T_3J_{внср}]*W^{-1}, \quad (5.1)$$

где Y_i - приведенные стоимости в руб. за ч, в том числе:

$J_{ом}$ - чистой работы основной машины в руб. за ч;

$J_{омх}$ - холостой работы основной машины в руб. за ч;

$J_{омз}$ - запланированных простоев основной машины в руб. за ч;

$J_{омнз}$ - незапланированных простоев основной машины в руб. за ч;

$J_{дз}$ - доставки запасных частей в руб. за ч;

$J_{тр}$ - транспортирования неисправной машины в руб. за ч;

J_{34} - расходуемых запасных частей в руб. за ч;

$J_{ТО}$ - технического обслуживания в полевых условиях в руб. за ч;

$J_{пто}$ - технического обслуживания на стационаре в руб. за ч;

$J_{вмн}$ - работы вспомогательной машины в руб. за ч;

$J_{вмнз}$ - незапланированных простоев вспомогательной машины в руб. за ч;

$J_{внср}$ - совместной работы основной и вспомогательной машины в руб. за ч;

T_1 - чистое время работы;

T_2 - время на повороты;

T_3 - время на технологическое обслуживание;

T_4 и T_6 - время на устранение технологических и технических отказов;

T_5 - время на техническое обслуживание;

T_7 - время на отдых обсаживающего персонала во время смены;

T_8 - время холостых переездов;

T_9 - простой по причинам, не зависящим от основной машины;

T_{11} - простой из-за доставки запчастей;

T_{12} - простой из-за транспортных средств;

T_{13} - простой из-за ремонта и ТО на стационаре;

W^{-1} - производительность системы в т за ч или га/ч.

Приведенные затраты по отдельным машинам определялись в соответствии с известной методикой /253/.

Алгоритм моделирования включает в себя операторы генерации элементов рабочего времени основной и вспомогательной машин, постов обслуживания, ресурсов всех видов и родов, а также работы, выполняющие логические, служебные, арифметические операции (рис.5.2).

Возможность использования модели для исследований большинства процессов растениеводства была реализована введением служебных операторов, видоизменяющих работу модели в зависимости от исследуемого периода сельскохозяйственных работ. Например, для моделирования сева зерновых колосовых культур комплексом машин задаются технологические ресурсы первого и второго родов, технические обслуживания первого и второго родов.

При этом ресурсы первого рода задаются дискретными и положительными, При вспашке ресурс первого вида первого рода отсутствует. Таким же образом задаются все основные процессы растениеводства. Множество сельскохозяйственных процессов растениеводства записываются в двоичном исчислении (культивация – 10010000; 01100000; 01010000 и т.д., см. табл.5.2).

Блок-схеме алгоритма моделирования функционирования технологического комплекса на основе R-сети

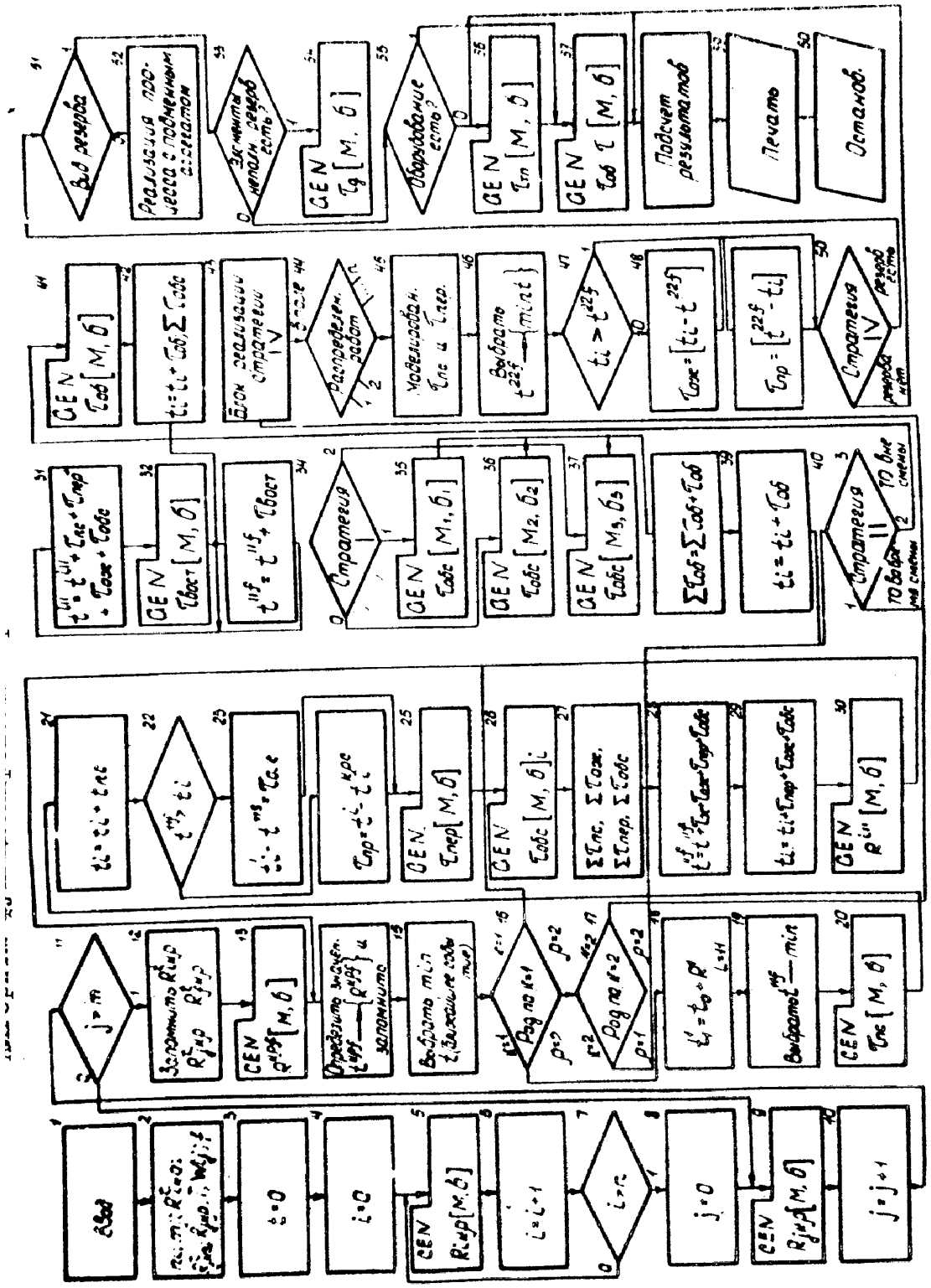


Рис. 5.1

Таблица 5.2

Классификация отдельных процессов растениеводства

Процесс	Вид		Род		Прерывность		Знак	
	I	II	I	II	дискретный	непрерывный	положительный	отрицательный
Культивация	1 0 0	0 1 1	0 1 0	1 0 1	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
Весенний сев	1 1 0 0	0 0 1 1	1 0 0 1	0 1 1 0	1 0 0 0	0 0 0 0	1 0 0 0	0 0 0 0
Уборка зерновых культур	1 1 0 0	0 0 1 1	1 0 1 0	0 1 0 1	1 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	1 0 0 0
Уборка силосных культур	1 1 0 0	0 0 1 1	1 0 1 0	0 1 0 1	0 0 0 0	1 0 0 0	1 0 0 0	0 0 0 0

Двоичная запись процесса задается в информационном обеспечении модели.

Помимо этого, информационное обеспечение включает семь массивов, описывающих процесс использования машин, ресурсы, продолжительность моделирования и количество реализации, продолжительность переездов, загрузок и загрузок, передачи сообщений, а также характеризующих общую организацию процесса и стоимостные параметры.

На печать выводятся элементы сменного времени по ОСТ 70.2.16.73, получаемые в ходе моделирования, а также приведенные затраты на единицу продукции /253/.

5.1.2. Аналитическую модель ОТК рассмотрим на примере кормодобывающего отряда. Планирование заготовки кормов включает подготовку рабочих планов, в том числе выбор количества рабочих и транспортных машин, метода их технического обслуживания.

При этом необходимо учитывать действие случайных факторов, вносящих незапланированные изменения в процесс заготовки кормов. Из-за таких вариаций расчет состава кормодобывающего отряда по детерминированным зависимостям приводит впоследствии к завышенным потерям рабочего времени на полевых операциях (до 10-15% от времени смены). При недостатке техники выбор рационального состава кормодобывающего отряда приобретает особую актуальность, в связи с чем была поставлена задача обоснования оптимального соотношения между рабочими и транспортными машинами и метода их технического обслуживания в условиях ограниченных трудовых ресурсов. Анализ работы кормодобывающего отряда дан на примере заготовки прессованного сена. Нами была разработана вероятностная модель совместной работы кормоуборочных и транспортных агрегатов на указанном комплексе операций. Модель основана на следующих положениях. Процесс заготовки сена кормодобывающим отрядом как система функционирует во времени T; в каждый $t \in T$ она находится в одном из возможных состояний $Z_i \in Z$. В моменты $t_i \in T$ к работающим в поле машинам прибывают транспортные средства. Характеристики средств образуют входящий поток /53/.

$$\bar{X} = \bar{X}_1 \cdot \bar{X}_2 \cdot \bar{X}_3 \cdot \bar{X}_4 \qquad (5.2)$$

где $\bar{X}$ - множества точек интервалов: $\bar{X}_1$ - скоростей движения средств; $\bar{X}_2$ - продолжительностей загрузки средств; $\bar{X}_3$ - продолжительностей разгрузки средств; $\bar{X}_4$ - плеча перевозок.

Система выдает выходные наборы характеристик /53/.

$$\bar{Y} = \bar{Y}_1 \cdot \bar{Y}_2 \cdot \bar{Y}_3 \cdot \bar{Y}_4 \cdot \bar{Y}_5 \qquad (5.3)$$

где $\bar{Y}$ -множества точек интервалов; $\bar{Y}_1$ - средств в системе; $\bar{Y}_2$ - средств в ожидании загрузки; $\bar{Y}_3$ - простаивающих машин; $\bar{Y}_4$ - суммарных потерь рабочего времени; $\bar{Y}_5$ - вероятностей состояний системы.

Множество управляющих параметров может быть представлено машинами γ_1 и транспортными средствами γ_2, скоростями перевозок тюков сена γ_3 и т.д.

Сделав предположение о том, что продолжительность обслуживания X_2 и оборота транспортных средств $X=f(x_1,x_3,x_4)$ распределяется по экспоненциальному закону, можно идентифицировать исследуемый процесс как марковский аналитическими методами теории массового обслуживания /146/. Тогда мы имеем γ_1 машин с параметром интенсивности загрузки μ (математическое ожидание количества загружаемых машиной средств в единицу времени). Математическое ожидание функции $X=f(x_1,x_3,x_4)$ обозначим через λ. Если математиче-

ское ожидание продолжительности оборота транспортного средства $\bar{t}$, то интенсивность прихода каждого средства определяется соотношением $\lambda=1/\bar{t}$. Если загружается или ожидает загрузки n транспортных средств, а в рейсе их $\gamma_{2\text{-}n}$, то вероятность прихода транспортного средства в интервале $(t,t+dt)$ равна . $\lambda_n dt = (\gamma_{2\text{-}n})\,\lambda' dt$Обозначим через Z_n состояние системы, когда на загрузке и в очереди n средств. При экспоненциальном распределении времени загрузки с параметром μ за интервал времени dt могут произойти переходы, вероятности которых задают матрицей. Соответственно матрице переходов для этой системы может быть построен график состояний и записаны уравнения состояний. Из уравнений состояний определяется вероятность того, что работает n рабочих машин /281, 68/

$$\left.\begin{aligned} P_n &= {}^{n}_{C\gamma 2}\,\gamma_1^n\,(\lambda/\nu)^n; && \nu \le n \le \gamma_1 \\ P_n &= C^n_m \frac{n!\gamma}{\gamma!}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n; && \gamma_1 \le n \le \gamma_2 \end{aligned}\right\} \qquad (5.4)$$

Для оценки качества работы вероятностной модели, наряду с другими критериями, используется вероятность выполнения цели, поставленной перед проектируемой системой. Поэтому в качестве функции цели в данном случае использована максимальная вероятность одновременной работы заданного количества рабочих машин. В случае ограниченных трудовых ресурсов количество одновременно работающих машин определяется минимумом потерь рабочего времени механизаторов и водителей транспортных средств. При недостатке одних лишь кадров механизаторов необходимо, чтобы работали все машинно-тракторные агрегаты. В этом случае при p_β =0,95 получили следующие рациональные соотношения γ_1 и γ_2 для X_4 =10 км; $\gamma_1{:}\gamma_2$ = (2:4; 4:7; 6:10; 8:12; 10:15), (μ = 3,5; λ = 2,1).

5.2. Модели резервирования, оптимизации технического обслуживания и сроков службы

5.2.1. Ремонтно-обслуживающие операции могут быть выполнены в стационарных условиях штатом пункта технического обслуживания или в центральной ремонтной мастерской хозяйства, в полевых условиях.

С целью обоснования рационального варианта выполнения базы технологического оборудования и структуры запчастей нами разработана статистическая модель технической эксплуатации машин, которая имитировала работу группы МТА; отказы МТА, эксплуатационный ремонт и потребности в запчастях (рис. 5.2).

Блок-схема алгоритма моделирования обслуживания ремонтно-обслуживающими воздействиями в организационной сложной системе на основе К-сети (на примере машиноиспользования)



Рис. 5.2

Считали, что ремонтно-обслуживающее звено находится вместе со средствами механизации труда по техническому обслуживанию и эксплуатационному ремонту возле обслуживающих машин. Плановое техническое обслуживание выполняется во время пересмены, однако разрегулировки, накопление необратимых изменений в деталях и узлах, непредвиденные при проектировании концентрации на-

грузок, физико-химические процессы и др. вызывают в случайный момент времени смены $t_i \in \ell$ неисправность какой-либо обслуживаемой машины и, соответственно, потребность в выполнении операций технического обслуживания или эксплуатационного ремонта.

Потребность в выполнении каких-либо ремонтно-обслуживающих операций в дальнейшем именуется заявкой. Механизатор-водитель машины обслуживает заявку сам, если не требуется использование запчастей технологического оборудования с вероятность $\rho_м$. В противном случае заявку выполняют ремонтно-обслуживающие рабочие при условии, что в их распоряжении имеется соответствующие запчасти, технологическое оборудование с вероятность ρ_a. Наконец, потребность в выполнении операций технического обслуживания или ремонта удовлетворяется на стационарном пункте технического обслуживания или в ремонтной мастерской. Если ее выполнение в полевых условиях невозможно или продолжительность ожидания обслуживания превышает затраты времени *(G)* на доставку обслуживаемой машины на стационарный ПТО и обратно. Встречаются заявки различной срочности.

В первую очередь устраняются отказы, неисправности, грозящие аварией с вероятность *Рв.* По окончании обслуживания МТА работает.

При обслуживании заявки механизатором-водителем из-за некачественного выполнения операций заявка может повториться вновь через интервал времени $\tau^{м}_{к}$ с вероятностью $P^{м}_{к}$, что отражается в «особых состояниях системы, составляющих *К*-сеть (см. рис. 5.2).

Допущения о характере функционирования элемента: замкнутость, то есть количество обслуживаемых машин известно и конечно; отсутствие потерь, то есть наличие очереди заявок на обслуживание; наличие приоритета, то есть различных по срочности заявок; і-е посты выполнения ТО функционально связаны между собой; случайный характер действующих факторов; соблюдение ремонтно-обслуживающими рабочими и механизаторами дисциплины труда; обслуживание поступившей заявки начинается немедленно, если есть свободный от работы ремонтно-обслуживающий персонал.

При разработке математической модели учитывалось, что затраты на функционирование рассматриваемой системы складываются из: ущерба от простоев обслуживаемых машин и механизаторов-водителей *(f_1),*- стоимости обслуживания передвижным технологическим оборудованием *(f_2)*; ущерба от простоя передвижного технологического оборудования и рабочих ремонтно-обслуживающего звена *(f_3);*- стоимости обслуживания на стационарный ПТО *(f_4)*; стоимости транспортирования неисправной машины к стационарному

пункту *(f_5);* стоимости перевоза запчастей и ремонтно-обслуживающих рабочих к объекту обслуживания *(f_6).*

Поскольку стационарный пункт технического обслуживания выполняет другие работы, кроме обслуживания группы машин, ущерб от простоя его оборудования не учитывали.

Перечисленные показатели косвенно характеризовали внутренние состояния системы Z(t).

Целевая функция

$$\Phi = \sum_{1}^{n=6} fn' \qquad (5.5)$$

где fn' - слагаемое целевой функции, $n' = 1{,}26$, функция Ф выражает при этом количественную сторону процесса и стремилась к min при приближенным к оптимальным режимам функционирования системы.

Конкретизация с учетом значений f_i имеет вид:

$$\Phi = g + \sum_{j=k}^{\ell} \Pi к + \sum_{i=1}^{к} Cai * \tau_{обi}^{A} + (T - \sum_{i=1}^{k} \tau_{обi}^{A}) C'_{Ai} + \sum_{j=k}^{n} Cni * \tau_{обi}^{n} + \qquad (5.6)$$

$$+ 2\mu_{mp}^{p} \sum^{n} \tau_{достi} + Ca \sum_{i=1}^{r} \tau_{перi}$$

где g - стоимость одного часа простоя объектов обслуживания, руб./ч;

$\sum_{j=k}^{\ell} \Pi к$ - суммарное время простоя объектов обслуживания за все случаи выхода из строя, ч;

К - количество обслуживаний, выполненных постом М;

$\sum_{i=1}^{к} Cai * \tau_{обi}^{A}$ - суммарная стоимость обслуживания постом А, руб.;

$\tau^{a}_{обi}$, $\tau^{n}_{обi}$ - время обслуживания требований постом А или П с применением *i*-го оборудования соответственно. ч;

$J^{np}{}_{mp}$ - стоимость транспортировки объектов обслуживания к посту П, руб./ч;

$\tau_{дост}$ - время доставки в ПТО, ч;

C'ai - ущерб от простоя і-х постов А, руб./ч;

1:к - оборудование полевого АТО;

к:n - оборудование стационарного поста;

Задача состоит в отыскании оптимальных по целевой функции (5.5) значений уровней неполнокомплектного резервирования (то есть количество запчастей по видам в резерве в звене ТО возле машин, в бригаде и в ЦРМ), а также режимов работы.

В качестве исходных данных используется обоснованная ГОСНИТИ вероятность выхода деталей и узлов сельскохозяйственной техники из строя, опытные данные о потребности в технологическом оборудовании.

Приведенный алгоритм описывает процесс ТО группы, звена или комплекса зерно- или силосоуборочных комбайнов, посевных агрегатов; пахотных агрегатов и других машин. Формализация процесса проводилась согласно схеме (см. рис. 1.7 и 4.10). С учетом управляющих факторов $g \in \Gamma$ в элемент поступали обобщенные заявки (t, x , $g_M)_\zeta$. Входящий поток был описан статистическими методами: механизм обслуживания определялся генерированием времени обслуживания заявок; пропускной способностью.

Заявки, покидающие систему $(t, y_H)\zeta$, образуют выходной поток *Y*.

По способу образования очереди данная система былаь отнесена к виду систем с ожиданием, с потерями заявок из очереди при превышении количественной характеристики некоторой величины *G*.

Описание подсистемы может быть выполнено известными методами статистического моделирования /55/, а также аналитическими.

При статистическом моделировании распределения переменных, например, механизма обслуживания *i*-м постом: $\tau^M_{оді}$, $\tau^A_{обі}$, $\tau^n_{обі}$, использовались характеристики функций плотностей вероятностей $в \in В$ или в общем виде /58/

$$F(x,y) = \lim_{\substack{\Delta x \to 0 \\ \Delta y \to 0}} \frac{P[(x - \frac{\Delta x}{2} \le x < \frac{\Delta x}{2}) u (y - \frac{\Delta y}{2} \le y < y + \frac{\Delta y}{2})]}{\Delta x \Delta y} \qquad (5.7)$$

Моделировали следующие варианты функций плотностей вероятностей законов Пуассона, Гаусса, экспоненциальным, Вейбулла /58/

- *распределение Пуассона*

$$Pr = \frac{\mu^r \exp(-\mu)}{r!} \qquad (5.8)$$

где *r* - положительное число;

μ - параметр, положительное число;

- *нормальное*

$$f(x) = N(\mu, \delta^2) = \frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}} \exp[-\frac{1}{2}\frac{(x-\mu)^2}{\delta^2}], \qquad (5.9)$$

где $\mu = E(x)$ - ожидаемое значение;

$\delta = D(x)$ - дисперсия;

(5.10)

- *экспоненциальное*

$$f(x)=\lambda exp(-\lambda x),$$

где λ - параметр, положительное реальное число;
x – переменная, положительное реальное число;

- *Вейбулла*

$$f(x)=\frac{\eta}{\delta}(\frac{x}{\delta})^{n-1}\exp[-(\frac{x}{\delta})^2], \qquad (5.11)$$

где η, δ - параметр, положительное реальное число;
x - переменная, положительное реальное число;

На основании формализованной схемы и математической модели разработана блок-схема алгоритма моделирования процесса и программа для ЭВМ.

5.2.2. Аналитические модели резервирования запасных частей для МТП разрабатывалась на основе теории надежности методами исследования операций /26, 124, 125/.

Модель разработана для СХП, например, кооператива.

Р. Барлоу и Ф. Прошан рассматривали резервирование как способ управления надежностью систем.

Общая постановка задач заключается в следующем. Рассматривается надежность $R(n)$ системы для случаев: *А* (нагруженное резервирование), *Б* (ненагруженное резервирование), *В* (смешанное, без ограничений). Если n_i – резерв элементов i-го типа, то

$$R(n)=\prod_{i=1}^{k}R_i(n), \qquad (5.12)$$

где $R_i(n)$ – вероятность безотказной работы подсистемы из элементов i-го типа.

Проблема обеспечения надежности сельскохозяйственной техники за счет резервирования сменных частей обусловлена низкой эксплуатационной надежностью МТА. Стихийно складывающийся (неуправляемый) запас приводит к непроизводительным простоям сельскохозяйственной техники.

Отказы машин можно рассматривать как случайный спрос на запасные части; резерв последних может пополняться различными способами: периодически, по достижению установленного уровня, перед сезоном с.-х. работ. Для эксплуатации МТП, используемого периодически, целесообразно перед очередным циклом полевых работ создавать резерв стоимостью W_0, чтобы при

спросе в единицу времени λ_i для продолжительности минимизировать риск нехватки деталей *i*-го типа /472/

$$\left.\begin{array}{l}\min\{1-R(x)\}=\min\left\{1-\prod_{k=1}^{S}R_{1k}(x_k)\right\},\\ \text{x}\qquad\qquad\text{x}\\ \text{или}\\ \max R_1(x)=\max\left\{\prod_{k=1}^{S}R_{1k}(x_k)\right\},\\ \text{x}\qquad\qquad\text{x}\\ x_k=0,1,2,3...,\\ k=1,2,3,...,\end{array}\right\} \qquad (5.13)$$

при наличии ограничения

$$J(x)=W_0-\sum_{k=1}^{S_i}W_k x_k\geq 0 \qquad (5.14)$$

где $W_к$ – стоимость запчасти k-го типа.

Затраты на резерв складываются из стоимости S_i каждой запчасти $n\in N$, включая издержки доставки в сельхозпредприятие и хранения. С вероятностью *p(n)* выходит из строя n запасных частей. При отсутствии необходимых для устранения отказа деталей взыскивается в пользу арендатора штраф *U*. Если резерв превышает спрос, часть материальных средств остается вне оборота. Необходимо найти компромиссное решение между убытками *U* и затратами *S*.

Данное системное противоречие выражает следующая математическая модель, известная в теории операций

$$F=S_i\sum_{i=1}(N-n)\cdot p(n)+U\sum_{n=N+1}^{\infty}(n-N)\cdot p(n), \qquad (5.15)$$

Функция (5.15) является унимодальной, так как для $x_1<x_2$ и $x_1<x_{opt}$, $x_2<x_{opt}$ имеет место неравенство $F(x_1)<F(x_2)$. Оптимизация унимодальных функций обычно выполняется методом дихотомии.

Задача оптимизации резерва запчастей для машинно-тракторного или автомобильного парка решена по алгоритму (5.4) на ЭВМ (рис.5.3).

5.2.3. Рассмотрим оптимизацию срока службы. Технико-экономические характеристики тракторов, комбайнов и сельскохозяйственных машин со временем ухудшаются. Представительные выборки зерноуборочных комбайнов в этом аспекте исследованы в БелНИИЭОСХ. В результате выявлен рост затрат на ТО и ремонт, в зависимости от срока службы. Для более старых комбайнов сезонная выработка ближе к 50 – 75 га, новых – от 100 до 125 га (рис.5.5) /129/.

Схема алгоритма оптимизации резерва запасных частей

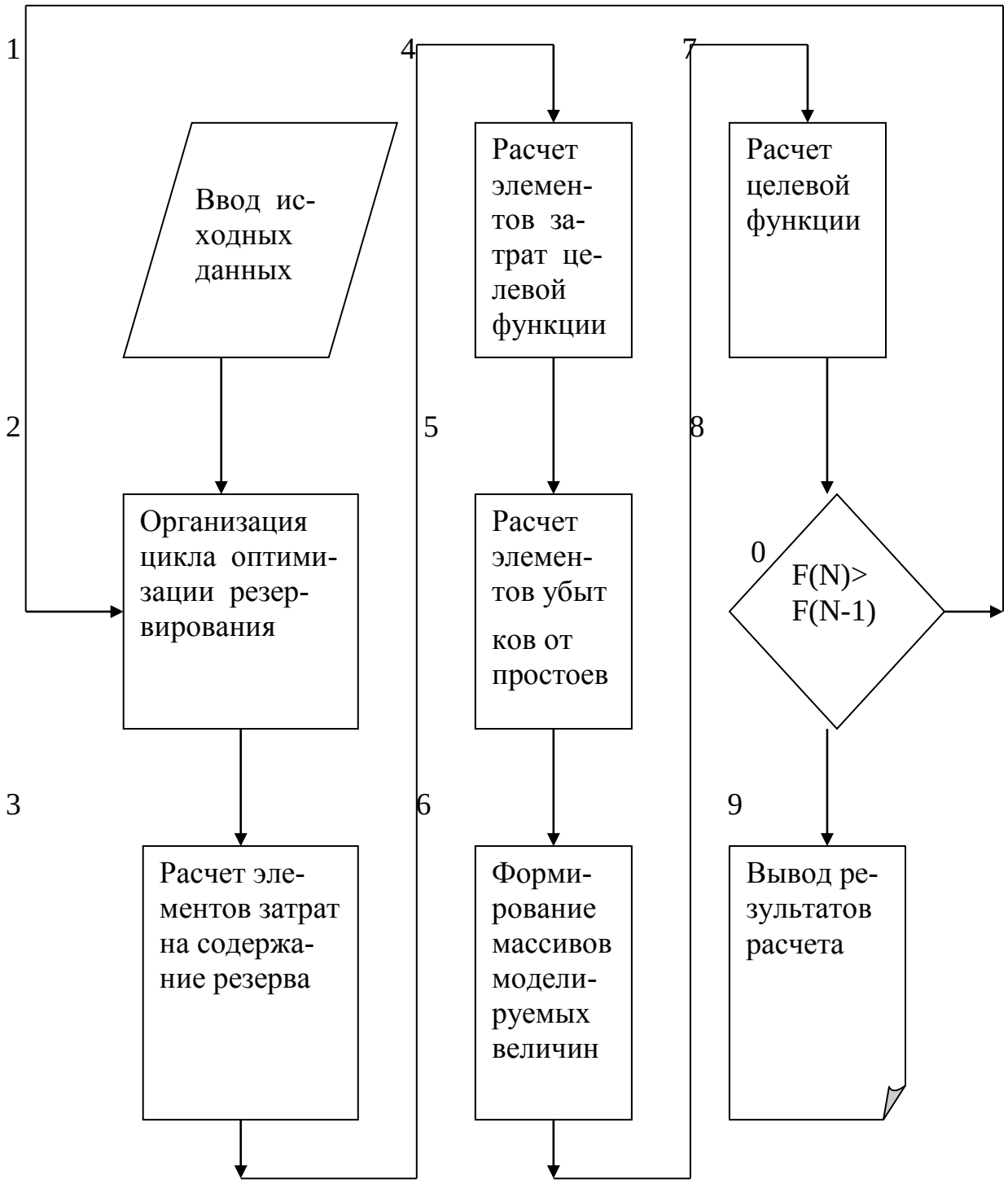


Рис.5.3

Ежегодное снижение наработки составляет в среднем 5 %, в том числе за первые четыре года – 29 %, последующие четыре – 10 %.

Начиная с некоторого срока службы наблюдается рост суммарных затрат на эксплуатацию с.-х. машины: требуется замена изношенной и приобретение новой. Задача имеет смысл для агрокооператоров, так как в госпредприятиях срок службы технических средств нормирован.

Допустим, что в эксплуатации находится *i*-я сельскохозяйственная техника, балансовая цена которой составляет S_i. Известны ежегодные затраты на ремонт и ТО, которые составляют 1, 2, …*n*-й год эксплуатации соответственно C_1, C_2, …C_n. Остаточная стоимость снижается в течение периода амортизации, который требуется найти из условия минимума приведенных затрат

$$F(t) = \frac{S + C_t - C_{ост}}{T}, \tag{5.16}$$

где S – начальная балансовая цена;

C_t - затраты на эксплуатацию;

$C_{ост}$ – остаточная стоимость.

Затраты на эксплуатацию выражаются экспоненциальной зависимостью /129/

$$C_t = a_0(e^{\mu t} - 1), \tag{5.17}$$

где μ – интенсивность снижения остаточной стоимости.

Остаточная стоимость определяется интенсивностью износа

$$C_{ост} = b_0 \cdot e^{-\lambda t} \tag{5.18}$$

С учетом (5.17) и (5.18) уравнение (5.15) примет вид

$$F(t) = \frac{S + a_0(e^{\mu t} - 1) - b_0 \cdot e^{-\lambda t}}{\mathrm{T}}. \tag{5.19}$$

Расчет по формуле (5.19) будет не точным из-за равномерности затрат. Поэтому необходимо привести капитальные и текущие затраты различных лет к расчетному году.

Коэффициент приведения равен

$$K_{пр} = K_t \cdot (1 + E_H)^{-t} \tag{5.20}$$

где K_t – затраты в *K*-й год;

t – период приведения;

E_H – нормативный коэффициент.

Схема оптимизации срока службы машин и оборудования

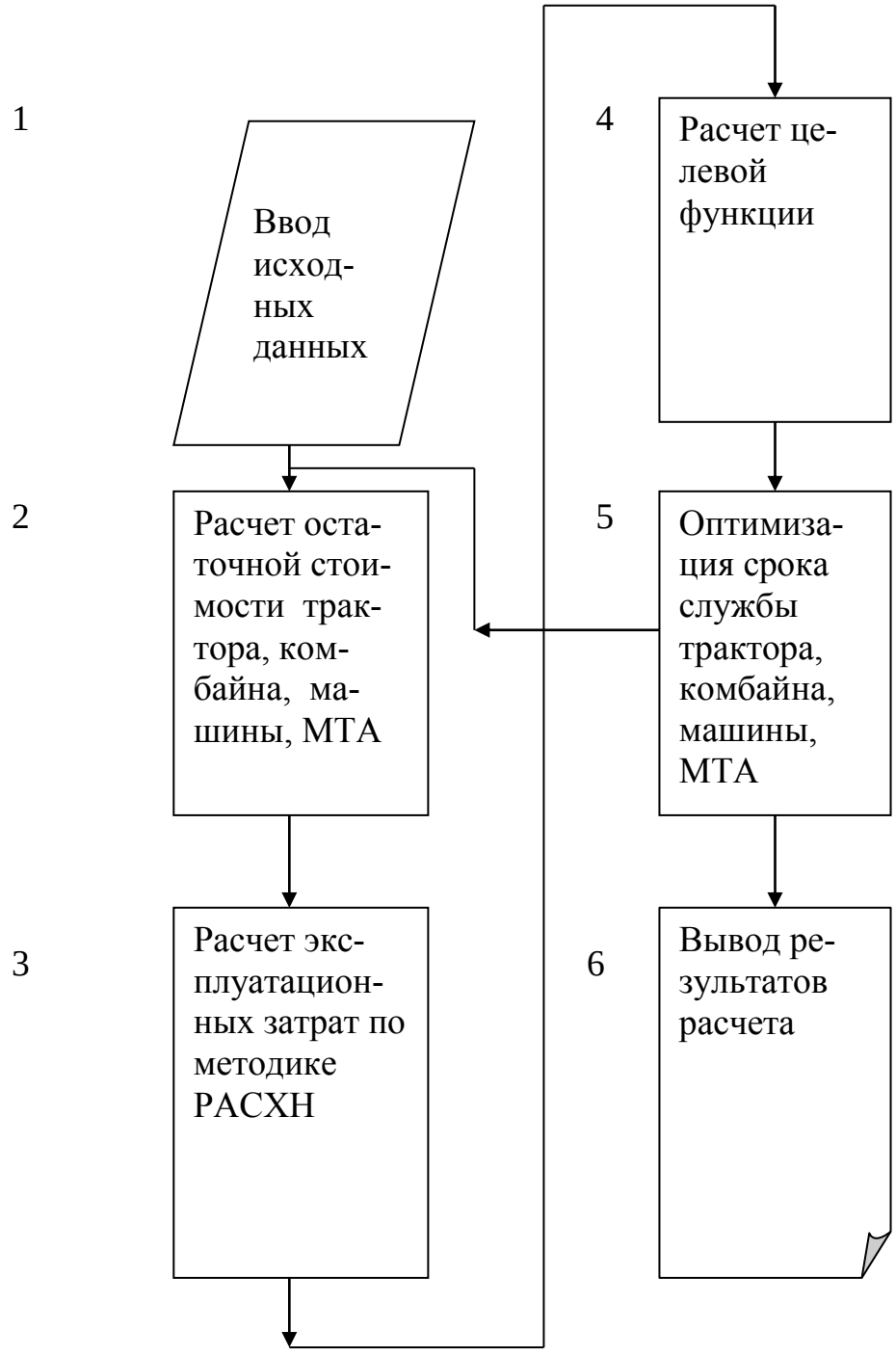


Рис. 5.4

По годам эксплуатации затраты, как следует из (5.20), определяются геометрической прогрессией, сумма членов которой определяется по общеизвестной формуле.

После преобразований с учетом формулы для суммы членов геометрической прогрессии может быть получено соотношение

$$F(t) = S + \sum_{i=1}^{t} r, \tag{5.21}$$

где r – постоянная часть уравнения (5.20)

$$r = (1 + E_H)^{-1}. \tag{5.22}$$

Условие минимальности затрат

$$F(t-1) < F(t) < F(t+1), \tag{5.23}$$

или

$$\frac{C_t}{1-r} < \frac{S + \sum r^{t-1} \cdot C_t}{1-r^t} < \frac{C_t + 1}{1-r}. \tag{5.24}$$

Из соотношения (5.24) следует, что замена машины целесообразна в том случае, если затраты на эксплуатацию в текущем году превосходят приведенные с учетом коэффициента (5.20) затраты прошедшего года. Расчет оптимального срока службы может быть выполнен по алгоритму, изображенному на рисунке 5.4, с использованием компьютерной программы (Приложение).

5.2.4. Моделирование технического обслуживания и эксплуатационного ремонта выполнили методами ТМО (см. гл. 2 и 3) для СХП.

Ремонтно-обслуживающее звено, производит все работы, выполняемые на участке технической эксплуатации: комплектирование машинно-тракторных агрегатов, устранение неисправностей, подготовка к работе неиспользуемых ранее машин, постановка на кратковременное хранение и снятие с него, обкатка и регулировка техники, несложный ремонт /207/; схема подсистемы изображена на рисунке 5.5.

Ранее было обосновано место выполнения перечисленных работ - участок технической эксплуатации, где обслуживаются машины механизированных структурных подразделений АО, СПК, ООО.

Количество заявок является достаточно большим, а численность обслуживаемого парка не определена (m-inv), так как одни машины участвуют в рабочем процессе, другие стоят на хранении и т.д. (см. рис. 5.5).

В случае, если обслуживаемые машины работают исправно, рабочее время ремонтно-обслуживающего звена тратится непроизводительно. Но из этого вовсе не следует, что наиболее выгодно положение, при котором заявки поступают непрерывно, так как это влечет за собой потери от простоев машин.

Формализация технологического процесса организационной системы в виде системы массового обслуживания (на примере технической ЭМТП)



Рис. 5.5

Особенностями моделируемого процесса являются случайные величины интервалов времени между моментами поступлений заявок и трудоемкости обслуживания заявок.

В соответствии с проведенным описанием, приняли следующие допущения о функционировании подсистемы:

- ♦ полнодоступность, то есть в принципе обслуживание заявки может быть начато в любой момент времени смены;
- ♦ разомкнутость, то есть количество объектов обслуживания
- ♦ достаточно большое и неопределенное;
- ♦ отсутствие приоритета;
- ♦ отсутствие потерь, то есть машины списываются в конце сезона полевых работ;

♦ дисциплина труда ремонтно-обслуживающих рабочих и механизаторов находится на достаточном уровне - если есть заявка и свободные рабочие, то заявка немедленно начинает обслуживаться /146/.

Требовалось найти наилучший, с точки зрения затрат, вариант соотношения потерь от простоев объектов обслуживания и рабочих ремонтно-обслуживающего звена.

Каждый пост, под которым понимали одного или нескольких совместно работающих ремонтно-обслуживающих рабочих и используемое ими технологическое оборудование, одновременно обслуживал только одну заявку. Всего каналов - n. Рассмотрели функционирование данной подсистемы. Состояние системы характеризуется: следующими показателями:

$Z_1''(t)$ - временем, оставшимся до окончания обслуживания n-й заявки; $Z_2(t)$ - числом заявок в системе. Когда $Z_2(t)=0$, то есть все посты свободны, считали, что $Z''_1(t)=0$ для всех каналов, и если $0 \le Z_2(t) < n$, то $Z''_1(t)=0$ для свободных постов. В случае $Z_2(t)>n$ заявки были на обслуживании и в очереди; дополнительная координата состояния (см. 3.2) $Z''_3(t)=\alpha'k$, $k=1,2,\ldots$, где α'_k - трудоемкость k-й заявки в очередь, $Z''_4(t)$ - оставшееся время ожидания в очереди для k-й заявки. Заявки на обслуживание поступали в момент t_j и принимали значения α_j. Был рассмотрен процесс обслуживания заявок. Допустили, что в момент ti поступили заявки. Если $Z(t) \ge n$, т.е. все посты заняты, данная заявка становилась в очередь, $Z''_1(t)$ - не изменялось, $Z''_2(t)$ - увеличивалось на единицу, вводились координаты $Z''_3(t)=\alpha'_k$, $Z''_4(t)$, характеризующие эту заявку /53/.

Если в момент t_j какой-либо пост был свободен и заявок в очереди не было, поступившая заявка принималась к обслуживанию. Состояние подсистемы как объекта определенного на множестве X, X и Y операторами H и G в моменты поступления требований представлены в виде, соответствующем теории сложных систем /62/

$$Z(t'+0)=V'\{t'_{\xi},z(t'_2,g_0,x,\beta)\} \qquad (5.25)$$

где $\beta=(\beta_1,\beta_2,\ldots,\beta_p) \in B$ - конструктивные параметры системы /53/.

Рассмотренный процесс - марковский в случае, если моменты поступления требований t_j образуют пуассоновский поток, а длительности обслуживания - взаимно независимые случайные величины. В предложении $x=L(t)$ - пуассоновский и механизм обслуживания - экспоненциальный; множество состояний подсистемы описали системой уравнений /281/

$$\begin{cases} P'(t)=-\lambda Po(t)+\nu P(t), \\ P'k(t)=\lambda Pk(t)-(\lambda+n\nu)Pk(t)+(k+1)\lambda P_{k-1}(t), \quad 1 \le k \le n \\ P'(t)=\lambda P_{k-1}(t)-(\lambda+n\nu)Pk(t)+n\nu P_{k+1}(t) \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad k>n \end{cases} \qquad (5.26)$$

где λ, ν - параметры входящего потока и механизма обслуживания соответственно.

Схема моделирования подсистемы ТО машин по методу «К-сеть»

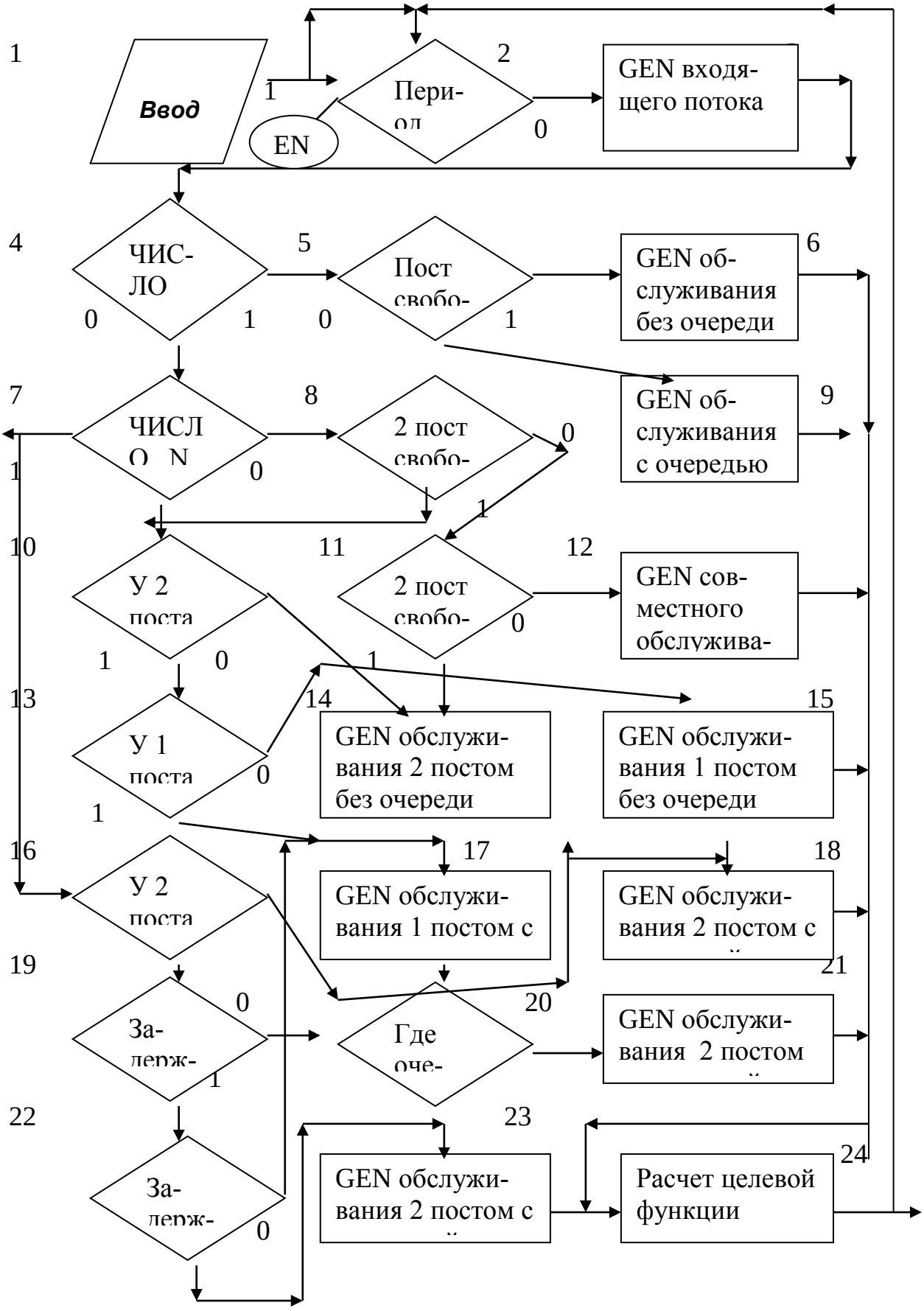


Рис.5.5

Решения этой системы были получены и рассмотрены Л.Н.Колмогоровым, Л.Я.Хинчиным и др.

$$(ЭB' \subset B, x)(Fmin \subset F), \tag{5.27}$$

где $Fmin$ - оптимальное значение функции;

B - значение конструктивных параметров, при которых $F=Fmin$.

Цель функционирования системы - обслуживание входящего потока заявок при

минимуме непроизводительных затрат

$$F=Mз \cdot g+Mc \cdot C, \tag{5.28}$$

где $Mз$ - математическое ожидание количества обслуживаемых и стоящих в очереди заявок, шт.;

g - ущерб от одного часа простоя объектов обслуживания;

Mc - математическое ожидание числа свободных постов, шт.;

C – ущерб от одного часа простоев постов обслуживания, руб/ч,

С учетом принятых ограничений целевая функция имеет вид:

$$\left\{\left[F= \frac{\frac{\lambda}{n!}(\frac{\lambda}{\nu})^n}{n\nu(1-\frac{\lambda}{n\nu})} + \frac{\frac{1}{(n-1)!}(\frac{\lambda}{\nu})^n}{1-\frac{\lambda}{n\nu}} + \sum_{k=1}^{n-1}(\frac{1}{(k-1)!}(\frac{\lambda}{\nu})^k \right]\right\} \tag{5.29}$$

При построении формулы (5.29) использованы аналитические зависимости для Мз и Мс, взятые из источников /281, 58/. При решении задачи методами статистического моделирования использована система ПМДС (аналог GPSS), алгоритм построен в соответствии со схемой (рис. 5.5).

5.3. Аналитические модели элементов

5.3.1. Оптимизация показателей УТЗП предусматривает полное использование технических возможностей машин. Для оптимизации УТЗП на математических моделях необходимо опробовать альтернативные варианты ситуаций УТЗП и выбрать лучшие из них. Погодные условия, вероятностные показатели УТЗП требуют оперативного прогноза, поэтому разработали математические модели для оперативного автоматизированного управления уборкой в сельском районе.

Алгоритм модели может быть основан на расчете суточного объема выполнения работ, последовательность которых задается технологией УТ31Б В первые дни ведется скашивание хлебостоя на свал как комбайнами, так и навесными жатками; затем валки подбирают и убирают хлеба напрямую. В алгоритмах использованы следующие математические зависимости. Математиче-

ская модель производительности агрегатов (*Wж* и *Wк*) на этих операциях, как известно, зависит от ширины захвата, скорости хлебостоя, полеглости и других факторов, она получена во ВНИПТИМЭСХ доктором технических наук Н.И. Шабановым и имеет вид

$$Wж=Bp\{(1+0.33П)[1+0.065(Vx-20)]^{-1*}$$

$$Wk=\begin{cases}\{(1+0.33П)\{[1+0.55(U-15)][1+1.2(C-0.8)]* \\ *[1+0.004(8-10)^2]*[1+0.025(S-5)^{0.5}]\}^{-1}, \\ при\ d=1 \\ K\{[1+0.55(U-15)]\{1+1.2(C-0.8)][1+0.025* \\ *(S-5)^{-0.5}]\}^{-1}, \qquad a=0\end{cases} \tag{5.31}$$

где *П* - полеглость;
C - соломистость;
Vx - скорость перемещения;
Bp - ширина захвата;
в - влажность зерна;
S - засоренность материала;
Q - вид уборки (1 - прямое комбайнирование);
O - подбор валков ;
Wж - производительность жатки;
Wk - производительность комбайна.

По соотношениям, полученный канд. техн. наук Р.Э, Штейном и анд. техн. наук Н. И. Боровым, ведется расчет производительности зерноочистительных и сушильных комплексов и агрегатов по уборке незерновой части урожая

$$\begin{gathered}Wзп= O_{\eta p}\eta(\beta oKw)^{-1}KkK_2; \\ Wв=20(Uc)^{-1} \\ Wпв=3,6qVq,\end{gathered} \tag{5.32}$$

где *Wзп* - производительность зерноочистительно-сушильного комплекса;
Wв - производительность толкающих волокуш;
Wc - производительность стоговозов;
Wпв - производительность подборщика валков;
βo - коэффициент вида культуры;
Kk - коэффициент засоренности зерна;
Uc - урожайность;
q – пропускная способность;
η - коэффициент использования рабочего времени.

Модель производительности транспортных отрядов определяется по формуле, определенной стандартом

$$W_\alpha = T_H \cdot V_T \cdot \gamma_\partial \cdot \gamma_c \cdot (l_{er} \cdot t_{np} \cdot \beta \cdot V_T)^{-1} \cdot A_{cc} \cdot \alpha, \qquad (5.33)$$

$$\alpha = \prod_{k-1}^{m} \frac{\sigma^2}{t_c^2} \sum_{i=1}^{m} \left[P_r(0) - P_r\left(2\frac{t_{cp} \cdot T}{\sigma^2} \right) \right] \left[1 - \frac{\sigma^2}{t_{cp}^2} \sum_{1}^{m} P_r\left(2\frac{t_{cp} \cdot T}{\sigma^2} + \frac{t_T - t_b}{\sigma^2} \right) P_H P_{\Pi} \cdot \left(\frac{t_{cp} \cdot T}{\sigma} \right) + \frac{t_b}{t_{cp}} \right]^{-1}$$

где W_α - производительность транспортного отряда;

P_H - время работы в наряде;

γ_b , γ_c - динамический и статистический коэффициенты использования грузоподъемности;

T- периодичность ТО;

l_{er} - плечо ездки с грузом;

t_{np} продолжительность ездки с грузом;

t_b- средняя продолжительность ТР;

t_{cp}- средняя наработка на отказ;

t_T- средняя продолжительность ТР;

A_{cc}- списочный состав;

α- коэффициент технического использования;

m- количество машин в автоколонне,

5.3.2. Модель ПНЗ при обработке зерна одного сорта разработана с использованием теории марковских процессов. Среднесменное количество автомашин с зерном и орудий вес партий зерна в кузове автомашины можно рассчитать по формулам:

$$\lambda = \frac{Q}{Kg} \qquad (5.34)$$

$$g = \frac{\sum g_i}{m} \qquad (5.35)$$

где λ - среднее количество а/м за смену;

Q - количество поступившего за K смен зерна на пункт накопления зерна (ПНЗ);

$\sum_{1}^{t} g$ - суммарное количество зерна, поступившего за смену;

m - количество автомашин с зерном за смену;

g - средний вес зерна в кузове а/м.

Задача состоит в обеспечении непрерывной работы ПНЗ при неравномерном поступлении зерна, которое складируется в бункер-накопитель. Имеем разомкнутую, с ожиданием, систему массового обслуживания.

Производительность ПНЗ составляет μ партий зерна за смену для каждой линии, определяется экспериментальна.

Тогда параметр системы равен /281/

$$\alpha=\lambda*\mu^{-1} \qquad (5.36)$$

Вероятность того, что ЗСК простаивает из-за отсутствия зерна, в предположении Пуассоновского входящего потока и экспонциального механизма обслуживания (марковский процесс) равна*:

$$Po=\sum_{k=0}^{n=1}\frac{\alpha^k}{k!}+\frac{\alpha^n}{(n-1)(n-\alpha)}\left\{\frac{\alpha}{n}<1\right\}, \qquad (5.37)$$

где n - количество зерноочистительных линий ПНЗ.

Вероятность того, занято обслуживанием k линий очистки /281/:

$$Pk=\frac{\alpha^k}{k!}Po, \qquad 1\le k\le n \qquad (5.38)$$

Зависимости (5.37-5.47) заимствованы из теории марковских процессов и её приложений, изложенных в ряде математических работ (55, 58, 59, 68, 70, 144, 145, 245, 281, 473 и др.).

Вероятность того, что все линии очистки загружены ($k\ge n$)

$$A=\frac{\alpha^n Po}{(n-1)!(n-\alpha)}, \qquad \frac{\alpha}{n}<1 \qquad (5.39)$$

Вероятность того, что все линии очистки загружены и в бункере находится S партий зерна:

$$\rho_{n+s}=\frac{\alpha^{n+s}}{n!n}*Po \qquad при\ \ S>0 \qquad (5.40)$$

Вероятность того, что зерно в бункере в ожидании обслуживания находится не более t часов:

$$\rho(\tau>1)=\pi*e^{-\mu(n-\alpha)t} \qquad (5.41)$$

Среднее время нахождения зерна в бункере

$$t_{one}=\frac{n\bar{t}_{обе}}{(n-\alpha)}, \qquad \text{при} \qquad \frac{\alpha}{n}\langle 1 \qquad (5.42)$$

где $t_{обе}=\frac{1}{\mu}$ - среднее время обработки партии зерна.

Среднее количество партий зерна в бункере

$$M_{ож}=\frac{\alpha Pn}{n(1-\frac{\alpha}{n})^2} \tag{5.43}$$

Среднее число партий зерна в очистке

$$M=M_{ож}+\frac{n\rho_n}{1-\frac{\alpha}{n}}+Po\sum_{k=1}^{n=1}\frac{\alpha^k}{(k-1)!} \tag{5.44}$$

Среднее количество не работающих из-за недостатка зерна линий:

$$N_o=\sum_{k=0}^{n=1}\frac{n-k}{k!}\alpha^k po \tag{5.45}$$

Коэффициент простоя линии

$$K_{пр}=\frac{No}{n} \tag{5.46}$$

Коэффициент загрузки ПНЗ

$$K_З=\frac{n-No}{n} \tag{5.47}$$

Вместимость бункера $V=Monc*g*k$, где k - коэффициент запаса.
Стоимостная модель процесса обслуживания на ПНЗ

$$F=F_1+F_2 \tag{5.48}$$

F_1 - эксплуатационные затраты на бункеры-накопители;

$$F_1=f(M_{опс}\cdot g\cdot k), \tag{5.49}$$

F_2 - эксплуатационные затраты на линию очистки

$$F_2=f(\mu,n) \tag{5.50}$$

Марковский процесс обработки зерна двух различных сортов описывается системой уравнений /281/

$$\begin{cases} P'_{oo}(t)=-\lambda Poo(t)+\mu_1 P_1(t)+\mu_2 Po_1(t)\ , \\ P'_{o1}(t)=-(\lambda+\mu_2)P_{o1}(t)+\mu_1 P_2(t)+(1-\varphi)\lambda Poo(t) \\ P'_{1o}(t)=-(\lambda+\mu_1)P_{1o}(t)+\mu_2 P_2(t)+\varphi\lambda Poo(t) \\ \quad\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ P'_k(t)=-(\lambda+\mu_2+\mu_2)P'_k(t)+(\mu_1+\mu_2)P_{k+1}(t)+\lambda P_{k-1}(t) \end{cases} \tag{5.51}$$

где μ_1 и μ_2 - параметры очистки; φ - вероятность обслуживания одного сорта, $a(1-\varphi)$ - другого.

Решения системы известны из математической теории /281/ и имеют вид:

♦ вероятность простоя первой линии

$$P_{01}=\frac{\alpha}{1+2\alpha}\bullet\frac{1+\beta}{\beta}(\alpha+1-\beta)Poo \qquad (5.52)$$

♦ вероятность простоя второй линии:

$$P_{10}=\frac{\alpha}{1+2^{\alpha}}(1+\beta)(\alpha+\varphi)Poo \qquad (5.53)$$

♦ вероятность того, что число партий зерна в бункере больше (бункер заполнен)

♦

$$Pm=\sum_{л=b+1}^{\infty}Pk=1-\sum_{k+0}^{m}Pk=1-\left\{1+\frac{\alpha(\alpha^m-1)}{\alpha-1}*\frac{1+\beta}{\beta}\left[1+(1+\beta)\alpha-(1-\alpha)\varphi\right]\right\}Poo \qquad (5.54)$$

где m - вместимость бункера в партиях груза.

5.3.3. Аналитическая модель технического обслуживания и эксплуатационного ремонта для замкнутой системы также выполнена с применением ТМО, путем разработки графа состояний сложной системы эксплуатации машин по методу профессора Б.В. Волика, с последующим описание системой дифференциальных уравнений и их решения. Указанные решения получены в математических работах /58, 281/.

Рассматривали процесс технического обслуживания и эксплуатационного ремонта машин специализированного отряда (комплексного посевного звена, кормодобывающих звеньев, отрядов и т.д.) по методу постоянного дежурства, система машиноиспользования является в данном случае замкнутой по классификации Кендалла.

Оборудование совместно с использующими его рабочими именовали постом обслуживания.

В моменты t_i возникают заявки. Если есть свободный пост, то обслуживание заявки начинается немедленно. В противном случае заявка становится в очередь. Всего постов обслуживания n.

Производительность поста изменяется при изменении количества занятых на нем ремонтно-обслуживающих рабочих.

Обслуженная машина включается в работу немедленно.

Исследование предполагало анализ процесса с целью определения оптимального количества постов обслуживания и их мощности в зависимости от численности группы обслуживаемых машин, их марок, выполняемого сельскохозяйственного процесса.

Учитывали такие факторы, как согласованность работы исполнителей, урожайность.

Исходили из стремления уменьшить потери от простоев машин и постов обслуживания, что обеспечивает общее увеличение эффективности использования трудовых и материальных ресурсов. Приняли, что целесообразно сокращение потерь рабочего времени. Предположили, что все заявки на техническое обслуживание и эксплуатационный ремонт должны быть выполнены.

Надежность рассматриваемой сельскохозяйственной технической системы определяется надежностью отдельных машин, работы исполнителей и количественно была оценена косвенно через ущерб от простоев в обслуживаемой и обсаживающей системах.

Согласно приведенному описанию, приняли следующие допущения о функционировании элемента в соответствии с ТМО:

- полнодоступность;
- -отсутствие приоритета;
- отсутствие потерь, то есть наличие очереди;
- замкнутость, то есть количество объектов обслуживания постоянно и конечно;
- соблюдение дисциплины труда: если есть свободные рабочие, то они сразу приступают к обслуживанию поступившей заявки.

В соответствии с задачами моделирования разработана формализованная схема, математическая модель и расчетный алгоритм на основе ТМО /281/.

Вначале представили элемент методом вложенной марковской цепи с использованием теории случайных процессов. Согласно Н.А.Бусленко и И, Н.Коваленко, предположили, что существует измеримое пространство элементарных событий Ω с вероятностными мерами $Po(A)$ и $P(A)$, а также пространстве x - обобщенных входных параметров, z - внутренних состояний и $У$ - выходных параметров /55/.

Функционирование элемента начинается с того, что в момент t_o реализуется элементарное событие ω_o в соответствии с распределением $Po(A)$ и определяется значение $t_o(t_{o1}\omega_o)$. В интервале $(t_0<t+\tau_o\ (\tau_o,\omega_o)$ происходит реализация процесса $\xi(t_o, t_1, \omega_o)$ и потока $\{Jo(t_o,\omega_o)\}$ /55/.

$$Y_t(t_o,\omega_o),\ t \in Jo(t_o,\omega_o), \qquad (5.55)$$

При дальнейшем функционировании элемента:

- определяется неслучайный оператор движения реализаций случайного процесса $\xi(t_o,\omega_o)$, описывает состояние элемента в интервале $t_o \le t \le t_o+\ \tau_o\ (t_o,\omega_o)$;
- определяется конкретное выходное сообщение (совокупность характеристик обслуженной заявки) $[t,Y_t]^{to+\tau o}$ как одна из возможных реализаций случайного потока$\{Jo(t_o,\omega_o)J_1(t_o,\omega_o)t \in Jo(t_o,\omega_o)$, то есть в моменты t выдачи выходных сигналов было реализовано событие ω_2 , независимое от $[\omega_o,\omega_1]$, и определено $\tau_2(z_2,t_2,x_2,\omega_k)$ /55/.

Элемент был представлен в виде кусочно-марковского на любом замкнутом интервале *[t', t'']*, принадлежавшем интервалу функционирования элемента и не содержавшем моментов поступления заявок.

В соответствии с приведенной формализованной схемой процесс описан методом вложенной марковской цепи, исходя из решений системы уравнений, описывающих функционирование замкнутой, без потерь и приоритета, с пуассоновским входящим потоком, экспоненциальным законом обслуживания.

5.4. Выводы

3.4.1. На основании того, что машиноиспользование есть причинно-следственная цепь состояний, а управление состояниями – информационный процесс упорядочения (структуаризации) системы ЭМТП, для управления эффективностью и надежностью рассмотрены методы информационного регулирования переходов системы из состояния в состояние. Указанный подход основан на применении методов системного анализа, теории марковских процессов (так как имеет место марковская цепь состояний). Информационное регулирование направлено на перевод системы из более вероятного состояния (отказа) в менее вероятное состояние (эффективной работы) на основе математического моделирования, причем за основу предлагаются изоморфные реальному процессу математические модели, в алгоритме которых заложена технология процесса машиноиспользования.

3.4.2. Так как для идентификации машиноиспользования в различные периоды требуется универсальная модель, была поставлена задача ее разработки, которая может быть решена моделированием используемых ресурсов. В этом случае процесс ЭМТП представляется как потребления ресурсов. Предложено в ресурсной модели рассматривать участвующие в процессе эксплуатации машины: как основные (изменяющие предмет труда, обрабатывающие его), и вспомогательные (выполняющие ТО и другие виды обслуживания), ресурсы классифицировать на технические, технологические и трудовые, положительные и отрицательные, сам процесс функционирования МТП представить как потребление указанных ресурсов. Представление ЭМТП в виде потребления ресурсов позволило практически решить задачу создания универсальной модели, структура которой полностью задействована во время напряженного периода полевых работ, и частично - в остальные характерные периоды машиноиспользования.

3.4.3. Предложено при идентификации производственных элементов использовать классификацию систем массового обслуживания Кендалла, в соответствии с которой применить соответствующие разработки теории массового обслуживания. На основании представления процессов в виде «агрегатов», разработанной классификации периодов машиноиспользования, их формализации в виде графов, разработаны алгоритмы статистического моделирования по «особым состояниям» (К-сеть) и ресурсам (R-сеть), а также процедура построения моделей на основе графа состояний. Задача решалась как нахождение

минимальных затрат по критерию эффективности. Разрабатывались математические модели для определения: вероятностей состояний системы как марковской цепи (вероятность отказа в обслуживании, вероятность нахождения в очереди не более заданного срока и др.); вероятностей функционального и параметрического отказа; необходимых уровней неполнокомплектного резервирования (заппчастями), резервирования технологическим оборудованием, требуемых уровней запасов ресурсов; оптимального срока службы тракторов и сложных сельскохозяйственных машин.

3.4.4. Применительно к задачам моделирования разработаны следующие математические модели и алгоритмы их реализации: моделирования организационно-технического комплекса на основе R-сети; эксплуатации звена МТА на примере кормодобывающего звена как марковской сети; технического обслуживания как марковской цепи (имитационная и аналитическая модели); оптимизации замен и резервирования (аналитические модели), предложено в качестве основы моделирования отдельных производственных элементов принять (ЗСК, ХПП, АТК) разработанные во ВНИПТИМЭСХ модели.

5.4.5. Предложено включить в структуру алгоритмо-программного обеспечения разработанные в лаборатории вычислительной техники ВНИПТИМЭСХ по алгоритмам и математическим зависимостям соискателя компъютерные программы для моделирования: эксплуатации организационно-технического комплекса (модель статистического моделирования, R-сеть); управления резервированием запчастей и оборудования при обслуживании полевых МТА в бригаде или отделении (статистическая модель, К-сеть); управления ТО на стационаре в бригаде, отделении (статистическое моделирование, К-сеть) в условиях рыночных альтернатив, в том числе при аренде, прокате, частной системе ТО; оптимизации замен и сроков службы; управления машиноиспользованием группы машин (звена, отряда).

6. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПОДСИСТЕМ ОБСЛУЖИВАНИЯ

6.1 Подсистема технического обслуживания и ремонта МТП

Развитие ремонтно-обслуживающей подсистемы (РОП) сельскохозяйственных предприятий позволяет сократить простои машин по техническим причинам в среднем на 15 % и сократить убытки от простоев каждого трактора на 0,7 тысяч рублей за год. В среднем, по численности машинно-тракторного парка, хозяйстве Северного Кавказа при условии создания ремонтно-обслуживающей базы (РОБ) сумма экономии предположительно составит 60-70 тысяч рублей за год (без учета затрат на строительство и эксплуатацию объектов указанной базы).
Очевидно, что затраты на РОБ будут минимальны в случае введения в действие на территории сельскохозяйственных предприятий рациональных по мощности и структуре мастерских, пунктов технического обслуживания, машинных дворов, центральных ремонтных мастерских и мастерских общего назначения межхозяйственных объединений или предприятий по механизации. Актуальность задачи применения рационального типажа ремонтно-обслуживающих объектов возрастает по мере концентрации производства сельскохозяйственных работ в рамках отмеченных предприятий и объединений. Вместе с тем существующий типоразмерный ряд пунктов технического обслуживания, ремонтных мастерских и других объектов РОБ не в полной мере удовлетворяет условиям эксплуатации техники уже в настоящее время. Например, типовыми проектами предусмотрены пункты технического обслуживания на 10-20 и 30-40 тракторов, а центральных ремонтных мастерских - на 25, 50, 75,100, 150, 200, 3.00 и 500 (условных ремонтов) тракторов. В действительности по Северному Кавказу математическое ожидание количества тракторов бригад, мехотрядов и отделений составляет 25,6 при ошибке 10 %. Как видно из рис.6.1, предусмотренные мощности пунктов технического обслуживания не соответствуют реальному положению дел: значительное количество подразделений не попадает в зону действия типовых проектов. Не является оптимальным и параметрический ряд ремонтных мастерских (рис.6.2), который не согласуется с распределением хозяйств Северного Кавказа по численности тракторов. Незначительное изменение их численности (2-3 % в год) не оставляет надежды на устранение существующего

Распределение МТП структурных подразделений СХП

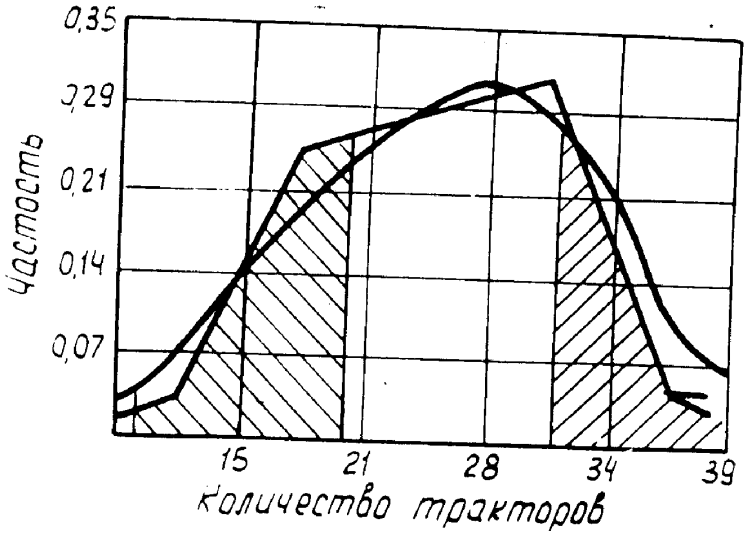


Рис.6.1

Распределение МТП ОАО, ЗАО, СПК

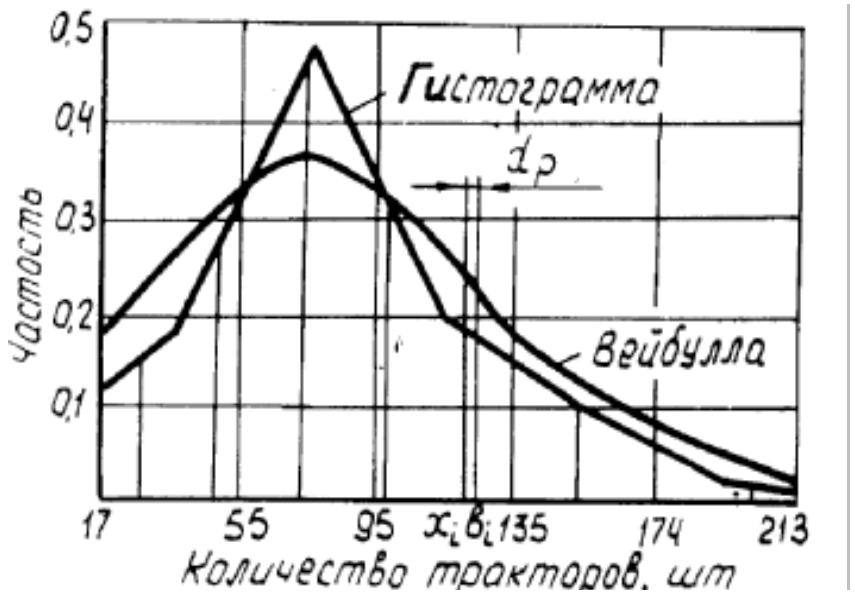


Рис.6.2

несоответствия требований сельскохозяйственных предприятий данным типовых проектов. Дополнительные погрешности при обосновании РОБ конкрет-

ных предприятий вносятся с учетом только одного признака выбора ремонтно-обслуживающих объектов - численности тракторного парка.

Требуют пересмотр и типоразмеры машинных дворов, так как за время действия типовых проектов произошли значительные изменения размеров хранящихся в нерабочий период машин (табл.6.1).

Таблица 6.1

Габаритные размеры новых и устаревших машин

Вид работы	Марка	Длина, мм	Ширина, мм	Занимаемая площадь, $м^2$	Соотношение площадей
1	2	3	4	5	6
Боронование	БДН-2,0 борона-мотыга	2200 1260	2200 4640	4,84 58,46	1:12
Лущение	ЛДГ-5 ЛДГ-20	4300 6300	2160 4400	9,29 27,72	1:3
Культивация	КПС-4 КШУ-12	2400 6300	4000 4400	9,60 27,72	1:3
Комбинированная обработка	АКП-2-5 АКП-5-7	4800 5900	2900 9200	54,28	1:4
Внесение удобрений	IPMГ-4 ПРТ-16	5000 8200	2150 2400	10,75 19,68	1:2

Таким образом, актуальным научным вопросом является обоснование типажа ремонтно-обслуживающих объектов сельскохозяйственных предприятий.

Задача наших исследований - разработка методики обоснования рациональной структуры и ряда производственных мощностей (параметрического ряда) объектов РОБ сельскохозяйственных предприятий.

При разработке методики учитывали следующие основополагающие логические моменты.

Прежде чем обосновывать типаж РОБ, необходимо выявить значимо влияющие на ее структуру и мощность факторы (признаки классификации сельскохозяйственных предприятий по потребности в РОБ).

Материалы к разработке типовых проектов объектов РОБ должны быть ориентированы на сельскохозяйственные предприятия - представители групп, имеющих близкие значения признаков классификации.

Необходимо учесть действие экономических законов специализации и концентрации производства, ближайшую перспективу (1990-2000 гг.), уровни производственной деятельности (бригада, спецотделения, хозяйство и др.).

Параметрические ряды объектов РОБ должны обеспечивать наибольшую вероятность согласия с конкретными условиями хозяйств. Предельное значение вероятности такого согласия зависит от доверительной вероятности и погрешности признаков классификации и вида их законов распределения.

В соответствии с изложенным, методика обоснования рациональной структуры и параметрического ряда объектов РОБ сельскохозяйственных предприятий должна включать следующие этапы исследований (рис.6.3):

♦ выявление признаков, определяющих структуру РОБ (по литературным источникам, методом экспертных оценок, корреляционным анализом);сбор статистического материала, представляющего исследуемый регион, по выявленным

♦ признакам;

♦ прогноз изменения выявленных признаков (изучение перспективных технологий и машин, данные о прогнозе надежности сельскохозяйственной техники и развитии системы машин; использование методов экспертных оценок и экстраполяции);

♦ формирование репрезентативных выборок значимых признаков (на текущее время и перспективу);

♦ зяйственных предприятий, и выбор представителей групп;

♦ исследование и обоснование структуры РОБ и мощности, ее объектов (монографические исследования, статистическое моделирование, линейное программирование).

Методику (см. рис 6.3) рекомендуется применять последовательно, по предложенным Н.И. Агафоновым уровням выполнения ремонтно-обслуживающих работ. Низший или первый уровень - мехотряд межхозяйственного предприятия по механизации (МТС) или СХП. Ко второму уровню относится выполнение ремонтно-обслуживающих работ в отделении СХП. Третий уровень - центральная усадьба СХП (административный район).

В мехотрядах (бригадах) техника используется, хранится, обслуживается (ежемесячное и периодическое ТО, устранение неисправностей, а также текущий

ремонт агрегатным методом простых орудий). На первом уровне необходимы машинные дворы, пункты технического обслуживания и передвижные средства ТО. Поэтому для первого уровня предполагается обоснование параметрического ряда машинных дворов и пунктов технического обслуживания.

Методика проектирования
подсистемы технического обслуживания и ремонта

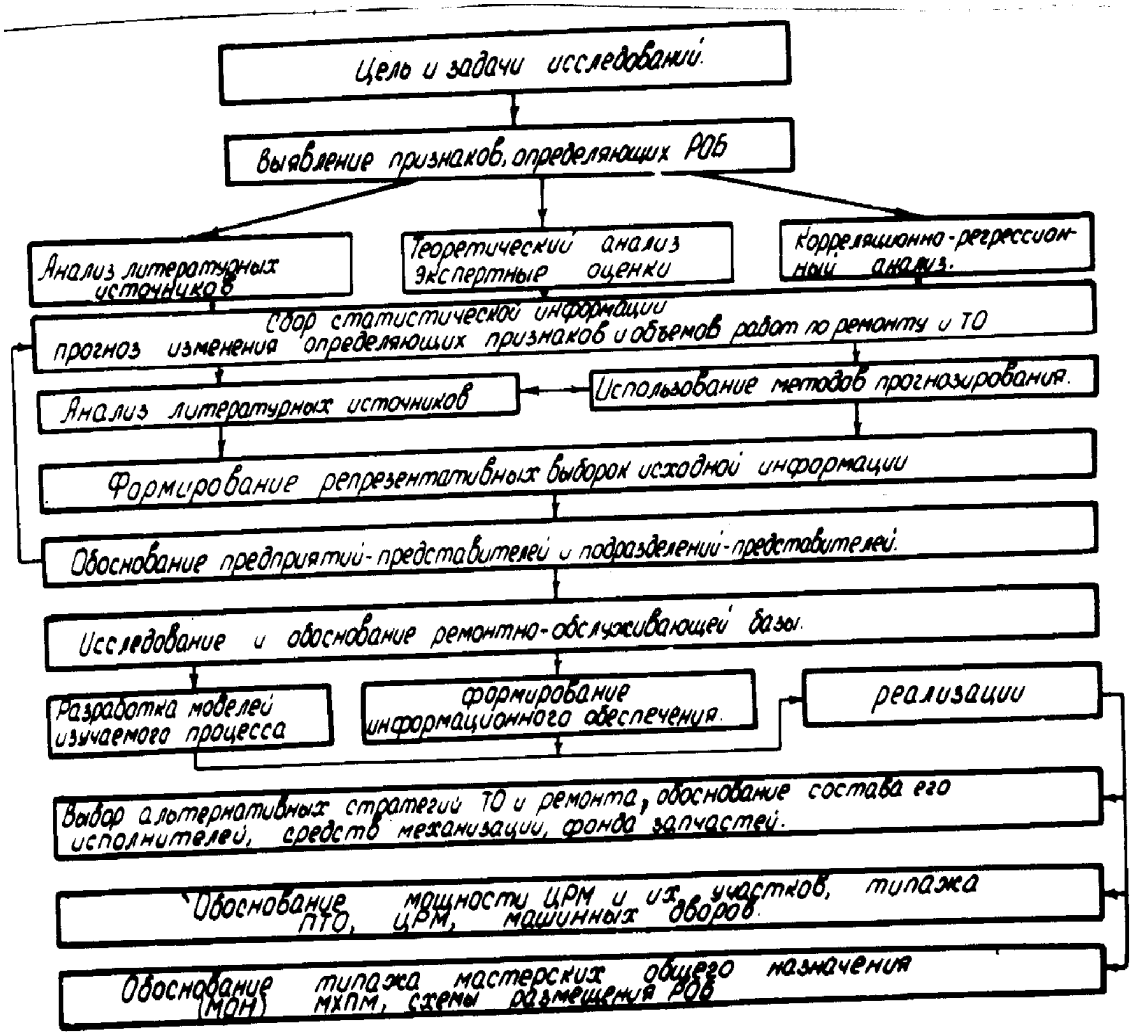


Рис.6.3

По аналогии для второго и третьего уровней необходимо обосновать параметрические ряды центральных ремонтных мастерских спецотделений (хозяйств) и мастерских общего назначения соответственно.

Предварительный отбор признаков, характеризующих с.-х. предприятие, и возможность их получения выполнили в ходе анализа материалов отчетности и форм первичного учета. Из числа отобранных признаков исключили те, кото-

рые логически не (связаны с ремонтно-обслуживающей базой. С этой целью проработали литературные источники. Кроме того, необходимо провести априорное ранжирование факторов по методу экспертных оценок. При опросе экспертов необходимее обратить особое внимание на значимость коэффициентов конкордации.

Дальнейшие исследования ведутся на основе статистического материала вероятностными методами. На этом этапе исследований необходимо знать объемы ремонтно-обслуживающих работ в определенном количестве подразделений сельскохозяйственных предприятий. Их количество определяется доверительной вероятностью (надежностью опыта) и допустимой погрешностью. С целью снижения трудоемкости сбора статистические материалов предлагается использовать надежность опыта P = 0,9, при допустимой погрешности $\Delta \leq 10$ %.

Расчет объемов ремонтно-обслуживающих работ в местах сосредоточения спроса (по уровням) предусматривает определение объемов работ по техническое обслуживанию и устранению отказов (неплановому текущему ремонту), текущему и капитальному ремонтам машинно-тракторных агрегатов по средневзвешенным величинам с использованием ЭВМ.

С применением корреляционных показателей устанавливается значимость влияния на объемы ремонтно-обслуживающих работ отобранных признаков. Несущественные факторы исключаются из дальнейших исследований. С этой целью строятся доверительные интервалы для коэффициента корреляции r. Чтобы построить доверительные интервалы для r , необходимо знать выборочное распределение R . Математическое ожидание и дисперсия этого распределения равны, если количество опытов n не слишком мало /58/

$$E(R) \approx r \tag{6.1}$$

$$\delta^2(R) \approx \frac{(1-r^2)^2}{n} \tag{6.2}$$

В практических расчетах следует воспользоваться известными таблицами, содержащими доверительные границы или зоны для доверительных вероятностей 95 и 99 %.

С целью исключения ошибок правомочность включения существенных факторов в признаки классификации подвергается проверке с применением графических методов и аппроксимации, методом наименьших квадратов по различным зависимостям (линейным, квадратичным, кубическим, экспоненциальным и пр.) с применением ЭВМ.

Прогноз изменения признаков классификации предварительно выполняется по литературным источникам, в том числе патентной литературе, данным об испытании перспективных машин, которые будут поступать в ближайшие 5-10 лет, результатам исследований по обоснованию перспективных технологических процессов. На этом этапе исследований важно оценить, будут ли выбранные признаки значимы в будущем.

Затем необходимо сформировать представительные выборки этих признаков. В силу действия закона больших чисел можно утверждать, что выборка будет репрезентативной, если ее осуществлять случайно, с использованием таблицы случайных чисел. В этом случае все объекты имеют одинаковую вероятность попасть в выборку.

Репрезентативные выборки признаков классификации хозяйств по требованиям к ремонтно-обслуживающей базе служат исходными данными для многомерных группировок с.-х. Предприятий или их подразделений. Предлагается использовать методы последовательной кластеризации, критерием группировки в которых является минимум локального расстояния между объектами в группе. Алгоритм группировки предусматривает выделение исходного объекта и, в процессе формирования кластера, добавление по одному объекту в соответствии с выбранным критерием. *За исходный принимается объект Xp , лежащий в центре тяжести данного множества из условия:

$$\min \sum_{j} d(x_p x_j) \qquad (6.3)$$

где d - функция расстояния между объектами Xp и Xj.

Кластер образуется присоединением к центральное объекту всех других, удовлетворяющих условию:

$$\int d(x_p x_j) < R^k, \qquad (6.4)$$

где R^k - величина порогового расстояния между объектами для k-го кластера.

Окончательное сформирование кластера производится из условия принадлежности к нему данного объекта в том случае, если объект близок к одной из граней кластера по условию(6.4). Близость к грани, таким образом, означает выполнение условия (6.4), по крайней мере, для трех объектов кластера. Перечисленные условия обеспечивают выбор центрального объекта таким образом, что количество объектов, отвечающих заданное критерию, будет не меньше, чем

* За основу изложения принята известная методика кластерного анализа

для любого другого объекта, в то время как сумма локальных расстояний всегда будет минимальной. Таким образом формируется ядро кластера и объединяются в него несколько разнородных множеств, имеющих по одному общему объекту. В результате анализа формируются группы с.-х. предприятий и представители групп.

Процесс технической эксплуатации машин с.-х. предприятий-представителей необходимо рассмотреть с системных позиций, как совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения, предметов производства и исполнителей, предназначенных для выполнения в регламентированных условиях производства заданных технологических процессов ремонта и технического обслуживания МТП в соответствии с требованиями нормативно-технической документации (рис. 6.4).

Указанная система обеспечивает:

♦ планирование проведения операций капитального и текущего ремонтов, периодического технического обслуживания, устранения отказов, технологического обслуживания, хранения техники;

♦ подготовку машинно-тракторных агрегатов к работе в установленные системой производства с.-х. продукции сроки;

Технология подсистемы технической эксплуатации МТП

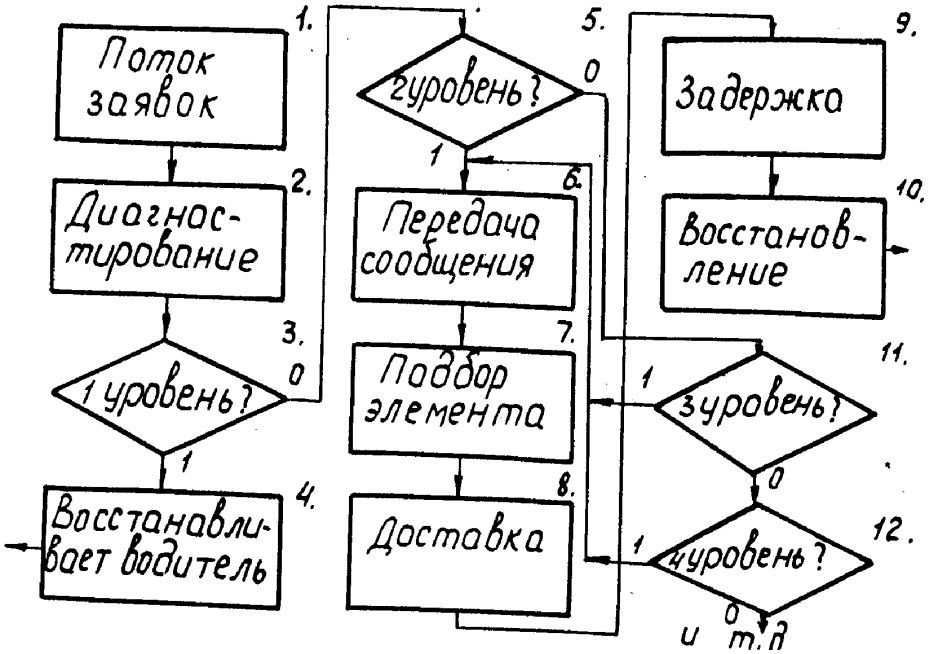


Рис.6.4.

♦ устранение собственных (вызванных изменением состояния ее составных частей или нарушением функциональных связей между ними) отказов системы технической эксплуатации машинно-тракторного парка (МТП);

♦ устранение вынужденных (вызванных нарушениями регламентированных внешних условий производства по техническим причинам) отказов системы технической эксплуатации МТП;

♦ устранение параметрических отказов (выхода значения одного или нескольких показателей качества проекции или ритма производства по техническим причинам за проделы, допускаемые нормативно-технической документацией) системы технической эксплуатации МТП;

♦ рациональное использование ремонтно-обслуживающей базы (РОБ) и трудовых ресурсов;

♦ развитие, размещение, в том числе реконструкция РОБ;

♦ организация обеспечения ТСМ;

♦ нормирование и оплата труда;

♦ учет, контроль и отчетность;

♦ материально-техническое снабжение;

♦ транспортное обслуживание инженерно-технической службы;

♦ обеспечение связью и оперативное управление,

Для выполнения указанных задач рассматриваемая система должна иметь в своем составе подсистемы; ремонта машин и восстановления изношенных деталей, ТО и устранения отказов, хранения, материально-технического снабжения, обеспечения ТСМ, нормирования и оплаты труда, управления, учета и контроля (см.рис.6.5).

Подсистема ремонта машин и восстановления изношенных деталей (см.рис.6.5) включает в себя ЦРМ хозяйства, мастерскую РАПО, взаимосвязанную как по горизонтали, так и по вертикали. Аналогичные взаимосвязи имеют подсистемы ТО, хранения и устранения отказов машин, материально-технического снабжения.

Рассматриваемая система ЦРМ является подсистемой процесса производства с.-х. продукции (см. рис.6.4).

Целевую (функцию системы в общем виде целесообразно записать в виде вектора

$$\overline{F} = \overline{F}1 \cdot \overline{F}2 \cdot \overline{F}3 \cdot \ldots \cdot \overline{F}8 \qquad (6.5)$$

где $F_1 ... F_8$ соответственно компоненты целевой функции, формируемые подсистемами.

Организация технической эксплуатации МТП как сложная система

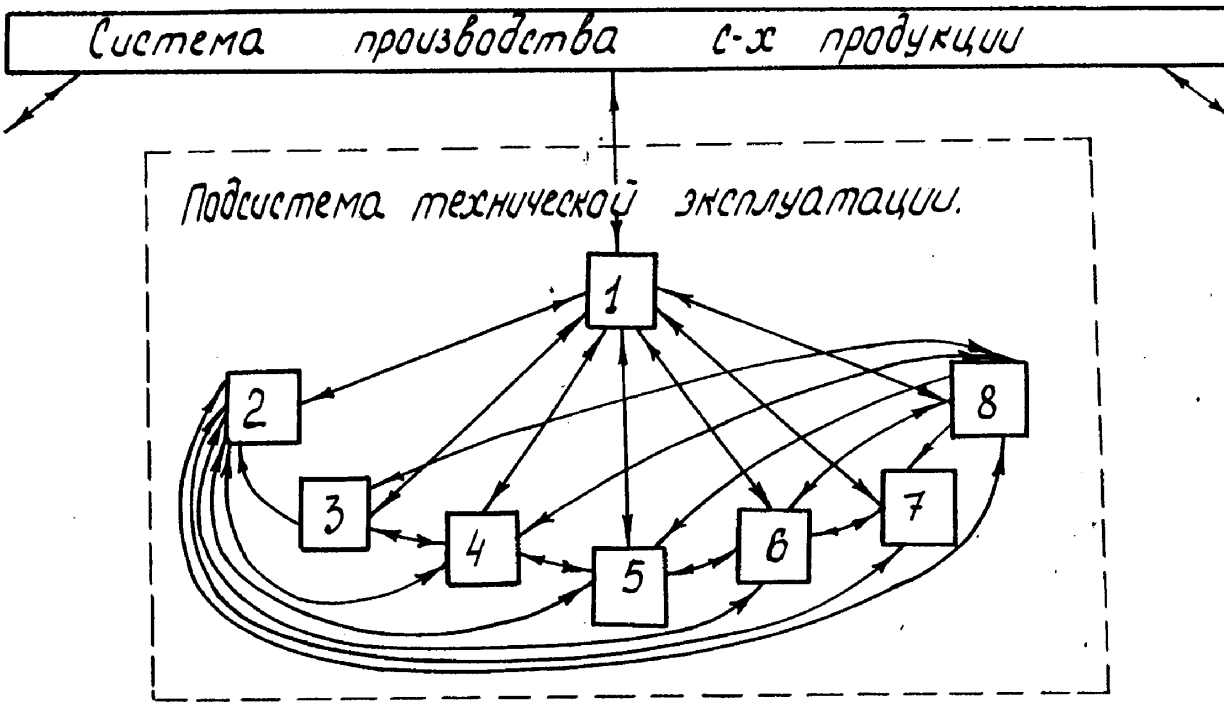


Рис.6.5

При описании системы необходимо идентифицировать все подсистемы. Если $\bar{X}$ - входящий поток заявок на выполнение работ по ремонту имеет вид закона Пуассона, в каждый момент времени $t \in T$ подсистема находится в одном из состояний ($\forall t \in l$) ($L, \in Z$), фазовое пространство системы LZ, а также определены операторы переходов H и выхода Y , то подсистему можно описать, раскрыв операторы H и Y установив параметры X.

По исследованиям А.В. Ленского, Н.М. Хмелевого и др., входящий поток является Пуассоновским. Тогда модель имеет вид:

$$\begin{cases} P'(t) = -\lambda Po(t) + \nu(t), \\ P'(t) = \lambda Pk(t) - (\lambda + n\nu)Pk(t) + (k+1)\lambda P_{k-1}(t), \\ \qquad 1 \le k \le n \\ P'(t) = \lambda P_{k-1}(t) - (\lambda + n\nu)Pk(t) + n\nu P_{k+1}(t) \\ \qquad k > n \end{cases} \qquad (6.6)$$

Решения систем дифференциальных уравнений известны в теории массового обслуживания, алгоритм их решения (рис.6.6) .запрограммирован на ЭВМ.
Распределение работ по текущему ремонту между ЦТК и бригадами проводится по критерию сложности ремонта и по видам ТО методами линейного программирования.
Модель имеет вид

$$\sum_j \sum_i \sum_k CijkXijk \rightarrow \min \qquad (6.7)$$

где *Cijk* - совокупные затраты на ремонт машины, сложности при варианте;

Xijk - объем работ по машине, сложности (вида) при варианте.

В ходе проектирования рассматриваемых подсистем выбираются альтернативные стратегии.

Подсистему ТО, хранения, устранения отказов необходимо рассматривать по периодам полевых работ, характерных для зоны.
В ходе проектирования подсистемы разрабатывается общая модель процесса технической эксплуатации, затем с учетом особенностей периодов конкретизируются операторы переходов и выходов как методами теории массового обслуживания, так и теории сложных систем.
Отдельные элементы подсистемы целесообразно рассмотреть более подробно, и, прежде всего, технологию подготовки машин к хранению и ТО. Постановка задачи оптимизации технологии подготовки машин к хранению взята из теории расписаний. Программа по видам работ имеет вид

$$S=\{P_1 \ldots P_n\}. \qquad (6.8)$$

Каждой работе p_i ставится в соответствие непосредственно предшествующая работа и внешние факторы (ограничения).

Алгоритм оптимизации подсистемы
ремонта и сложного ТО МТП в ЦРМ СХП

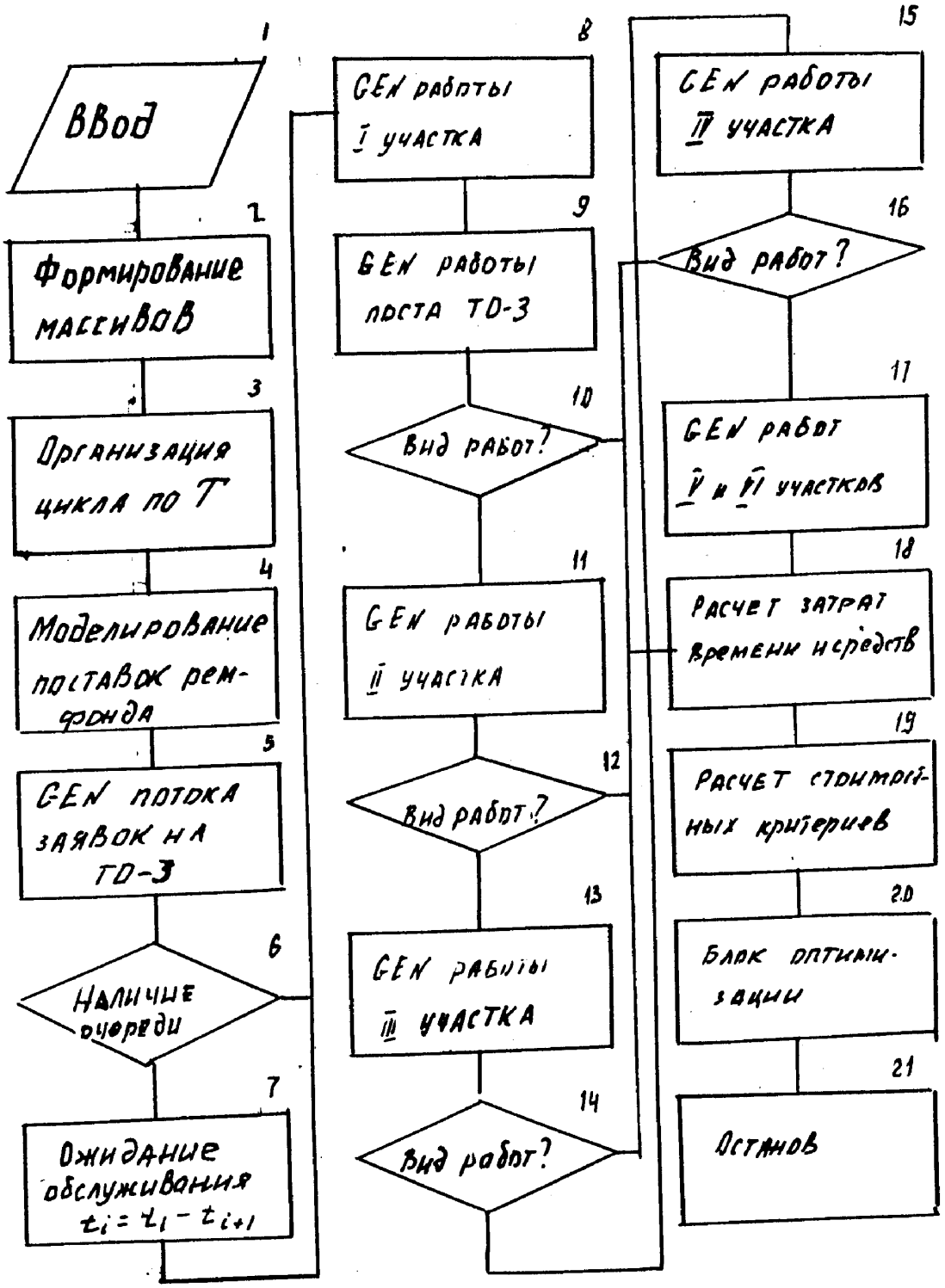


Рис. 6.6

Ограничения по времени заключаются в условии недопустимости прерывания работы.

Ограничения по ресурсам записываются в виде:

$$\sum^{S} g[gi(t)] \le Q(t), t=\overline{1,2,\ldots,m} \qquad (6.9)$$

где *m* - общее число шагов;

***Q* - ресурсы;**

***g[g;(t)]* - требуемое количество ресурсов.**

Подсистема материально-технического снабжения описывается наилучшим образом методами имитационного моделирования (рис.6.7).

Во времени последовательно моделируются продолжительности передачи

Схема имитации подсистемы
материально-технического снабжения

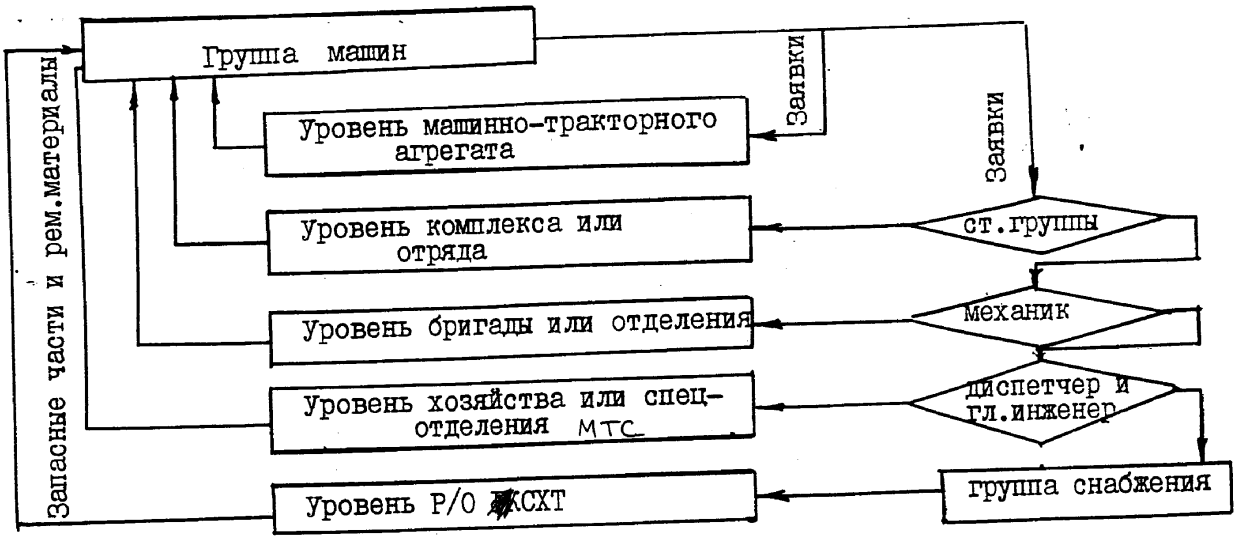


Рис.6.7

сообщения, подбора материалов, экспедиционного обслуживания, задержек и пр.

Подсистема эксплуатации МТП и машин в животноводстве является связывающим звеном системы. При ее проектировании можно воспользоваться ресурсной моделью. В этом случае ресурсы подразделяются на планируемые, случайные, технические и технологические, а также по видам ремонта и ТО.

Для того, чтобы спроектировать систему технической эксплуатации машин с.-х. предприятий, необходимо использовать имитационные модели технической эксплуатации машин на первом уровне (см.гл.5), алгоритмы расчета объемов работ в местах сосредоточения спроса, линейные модели распределения ремонтно-обслуживающих работ. При разработке указанных моделей с целью снижения трудоемкость и сложности алгоритма имитации исследуемый процесс целесообразно представить, как отмечалось выле, в виде потребления ресурсов: технических, технологических и пр. Часть ресурсов при этом возобновляется, остальные могут быть конечными, в том числе и в виде счетного множества. Участвующие в процессе машины подразделяются на основные (изменяющие предмет труда) и вспомогательные (транспортные). Технические ресурсы представляют следующие показатели: ресурс технического обслуживания, планового и непланового ремонтов.

Ресурсы классифицировали по видам. Роды ресурсов определили по каждому виду (см.р.5). Изучаемый процесс технической эксплуатации основан на обслуживании нескольких однообразных групп машин (тракторов, комбайнов, сеялок, плугов и т.д.), объединенных в организационно-технические комплексы, обоснованные академиками М.С. Рунчевым и Э.И. Липковичем. В различные периоды сельскохозяйственных работ подсистема ТО имеет общие, с точки зрения теории сложных систем, признаки, поэтому она также может быть представлена как потребление ресурсов (см.р.5.1). Основываясь на определении докторов технических наук Ю.Н. Благовещенского и Г.Д. Карташева, назвали R-характеристикой ресурса, «если два идентичных изделия, израсходовавшие один и тот же ресурс R, независимо от предистории его будут идентичными (вкладывая в понятие идентичности тот или иной смысл)». Независимость ресурса от предистории носит название «принципа Н.М. Сидякина». Закономерности расходования ресурсов были впоследствии определены экспериментально, с использованием принципа Кортена-Долана, в предположении аддитивности и «марковости» потоков отказов и заявок на ТО.

Разработка модели, и в этом случае сводится к составлению алгоритма, имитирующего использование перечисленных ресурсов во время с.-х. процессов и использование его для обоснования выбора альтернативных стратегий:

- без резерва или с резервом;
- без передвижных средств ТО или с ними;
- проведение ТО по скользящему графику или в межсменное время;
- проведение ТО в поле или на стационаре;

♦ выполнение в полевых условиях только ТО-1 или ТО-1 и ТО-2 по маркам тракторов;

♦ иметь на передвижных средствах ТО только оборудование для ТО, или для ТО и устранения отказов;

♦ иметь запасные части по тому или иному перечню.

Целевая функция для этого случая может иметь следующий вид

$$Y_i=[T_1*J_{см}+(T_2+T_9)J_{омх}+(T_3+T_5+T_7+T_8)J_{омз}+(T_4+T_6+T_{10})J_{омнз}+T_{10.0.15}J_{дз}+ T_{10.0.16}J_{тр}+T_{см}J_{ТО}+(T_4+T_6)J_{34}+T_{10.0.1.10}J_{нто}+T_1J_{вм}+T_3J_{вмнз}+T_3J_{внср}]*W^{-1}, \quad (6.10)$$

где Y_i - стоимости, в том числе:

$J_{см}$ - чистой работы основной машины, руб./ч;

$J_{омх}$ - холостой работы основной машины, руб./ч;

$J_{омз}$ - запланированных простоев основной машины, руб./ч;

$J_{омнз}$ - незапланированных простоев основной машины, руб.^

$J_{дз}$ - доставки запасных частей, руб./ч;

$J_{тр}$ - транспортирования неисправной машины, руб.за ч;

J_{34} - расходуемых запасных частей, руб./ч;

$J_{ТО}$ - технического обслуживания в полевых условиях, руб./ч;

$J_{нто}$ - технического обслуживания на стационаре, руб./ч;

$J_{вм}$ - работы вспомогательной машины, руб./ч;

$J_{вмнз}$ - незапланированных простоев вспомогательной машины; руб./ч;

$J_{внср}$ - совместной работы основной и вспомогательной машин, руб./ч;

T_1 - чистое время работы;

T_2 - время на повороты;

T_3 - время на технологическое обслуживание;

T_4 T_6 - время на устранение технологических и. технических отказов;

T_5 - время на техническое обслуживание;

T_7 - время на ТО машин, агрегатируемых с основной машиной;

T_8 - время на отдых обслуживающего персонала во время смены;

T_9 - время холостых переездов;

T_{10} - простои по причинам, не зависящим от основной машины;

$T_{10.0.1.4}$ - простой из-за отсутствия вспомогательных машин;

$T_{10.0.1.5}$ - простой из-за доставки запчастей;

$T_{10.0.1.6}$ - простой из-за транспортных средств;

$T_{10.0.1.7}$ - простой из-за ожидания непланового ТО;

$T_{10.0.1.8}$ - простой из-за ожидания непланового ремонта;

$T_{10.0.1.9}$ - простой из-за ремонта на стационаре;

$T_{10.0.1.10}$ - простой из-за ожидания планового ТО.

Алгоритм моделирования описанного процесса приведен на рис.6.8.

Для решения задач на втором и третьем уровнях предполагается использовать линейное программирование. Наиболее разработано решение "однопродуктовой" задачи. Под продуктом, в данном случае, понимается на

бор совместно производимых ремонтно-обслуживающих воздействий, технико-экономические показатели производства которых определяются в зависимости от масштаба производства всех объектов. Задача размещения сводится к однопродуктовой в том случае, если существующие мощности предприятия (пунктов технического обслуживания, ремонтных мастерских) могут использоваться для производства лишь данного вида ремонтно-обслуживающих объектов.

Всего можно выделить *i* вариантов специализации ремонтно-обслуживающих воздействий:

- ♦ функциональная (по назначению систем-объектов воздействия);
- ♦ предметная (по видам объектов воздействия, например, по маркам тракторов и т.д.);
- ♦ видовая (по видам воздействия: ТО-1, ТО-2, ТО-3...);
- ♦ технологическая (по группам сложности, разряду работ).

Из них к однопродуктовой относятся видовая, технологическая и функциональная,

В этом случае целевая функция имеет вид:

Ограничения
$$L = \sum_{j=1}^{n} f_j(x_j) + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} CijXij, \qquad (6.11)$$

$$a_i = \sum_{j=1}^{n} Xij \qquad (i=1...m). \qquad (6.12)$$

Выражение (6.12) означает, что спрос *i*-го подразделения АПК полностью удовлетворяется поставкой от всех предприятий по объему работ *j*,

$$\leq Xij \leq Pj \qquad (j=1...n), \qquad (6.13)$$

то есть объем производства *j*-го предприятия находится в пределах, ограниченных трудовыми и материальными ресурсами *(Pj>Pji)*.

Имитация сложной организационной системы на основе R-сети
(на примере ЭМТП)

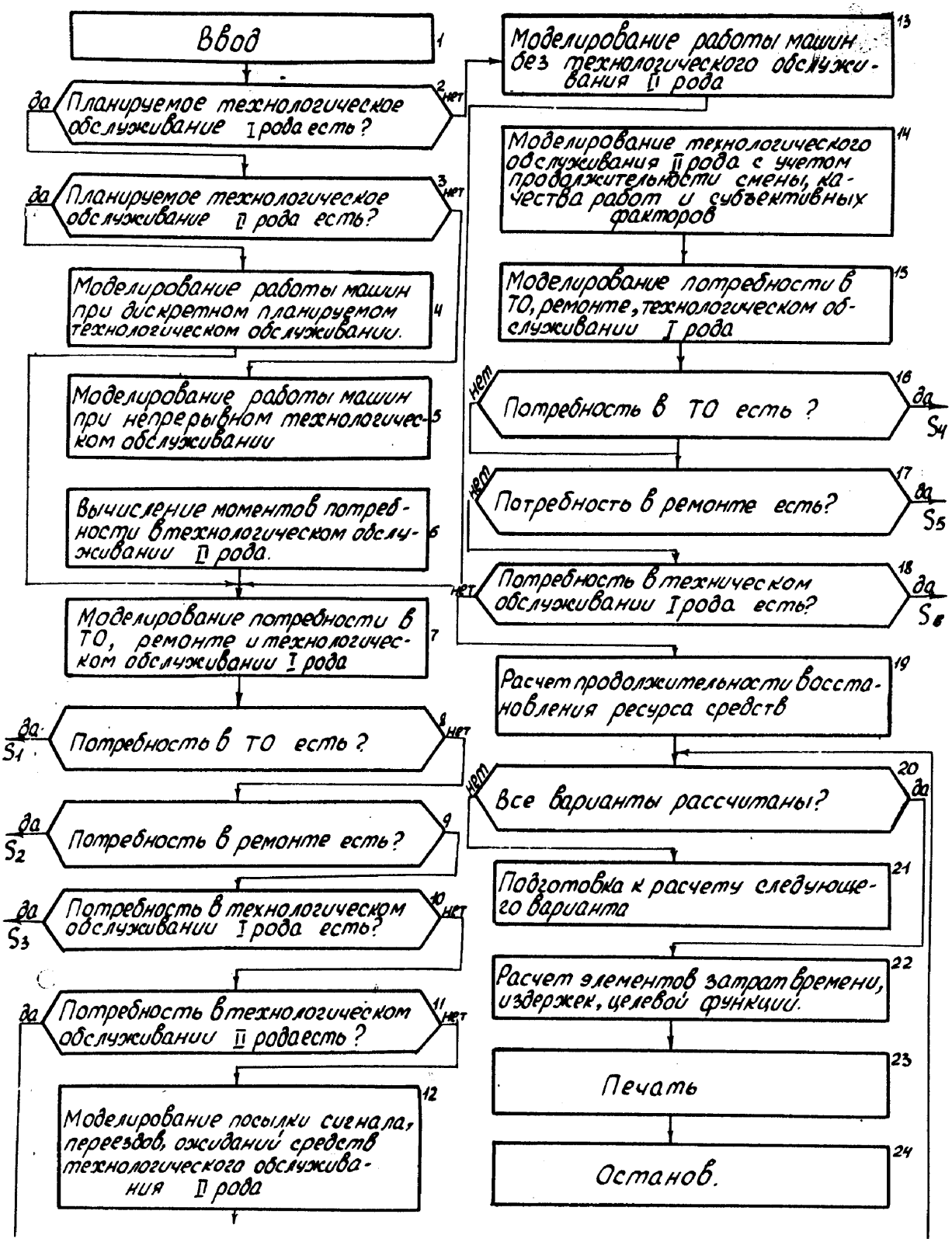


Рис.6.8

Величина поставок продукции не может быть отрицательной *(Xij>0; i=1...m, j=1...n)* а объем производства j-го предприятия равен поставке продукции от этого предприятия всем потребителям.

$$Xij = \sum_{i=j}^{m} Xij \qquad (j=1 \ldots n). \tag{6.14}$$

Информационное обеспечение линейных моделей включает выбор пунктов сосредоточения спроса, варианты развития и размещения, сбор данных о наличии трудовых и материальных ресурсов, транспортной сети.

В результате реализации указанных методов предполагается получить мощность объектов ремонтно-обслуживающей базы (РОБ) с.-х. предприятий - представителей типичных групп. Эти объекты представляют собой параметрический ряд объектов РОБ.

6.2. Подсистема автотранспортного обслуживания

6.2.1. Подсистема автотранспортного обслуживания УТЗП включает в себя промежуточные пункты первичной обработки зерна (ППЗО), пункты накопления зерна (ПНЗ), автотранспортные колонны (АТК), хлебоприемные пункты (ХПП) (см.главу 7). В более детализированном виде структура подсистемы автотранспортного обслуживания в составе производственных элементов (ППЗО, ПНЗ, АТК, ХПП) приведена на рисунке 6.9.

Функционирование подсистемы автотранспортного обслуживания регламентируется рабочими планами жатвы, а непосредственное руководство осуществляется директорами элеваторов, инспекциями отдела заготовок сельскохозяйственной продукции при администрациях районов, работниками "Гостехнадзора" и ГАИ. Задача подсистемы - своевременный вывоз зерна из пунктов накопления зерна (ПНЗ) на хлебоприемные пункты (ХПП), который должен выполняться минимально необходимым количеством технических средств. Следовательно, необходимо спроектировать подсистему автотранспортного обслуживания таким образом, чтобы обеспечить движение рационального по составу автоотряда без задержек у мест погрузки, разгрузки и в пути следования даже при неблагоприятной производственной ситуации, то есть добиться устойчивости подсистем.

Задержки автотранспорта по организационным причинам могут возникать у мест погрузки, разгрузки, взвешивания, взятия проб, на АЭС, на маршруте движения.

Вывоз зерна целесообразно осуществлять централизованными автоотрядами. Работу автоотряда целесообразно организовать по часовым графикам, в которых указывается время прибытия автомашин на механизированный ток и хлебоприемное предприятие. Однако часовой график может выполняться только в том случае, если производительность погрузочных средств на ПНЗ и мощность ХПП позволяют принять и обслужить автомашины без задержек, а при случайных отклонениях автомашин от графика (например, вследствие неисправности, за держки по дорож ным условиям и др.) подсистема должна сохранять устойчивость и возвращаться к графику работы.

Нетрудно убедиться в том, что наиболее напряженный режим работы будет в случае случайного потока автомашин на ПНЗ ХПП. В этой случае прибытие автомашин будет равновероятным в любой момент времени, причем прибытие двух машин в один и тот же момент времени можно считать событием невозможным хотя бы потому, что на одном и том же месте у въезда на ХПП две автомашины могут стоять только при дорожно-транспортном происшествии, а последнее не является операцией УТЗП. Расчет данной линии как детерминированной приведет к значимой ошибке.

Кроме того, поток машин обладает свойствами стационарности во всех случаях, исключая начало работы, а зерно перевозится круглосуточно. Следовательно, процесс обслуживания автомашин является марковским.

Рассмотрели постановку задачи в терминах теория массового обслуживания.

Поток автомашин с плотностью λ поступает на ПНЗ, где обслуживается с интенсивностью в среднем μ автомашин за час.

Ко второй группе относятся тока с потоком зерна, превышающим производительность автоотряда. Автоотряды также различаются по производительности.

Время в рейсе на ХПП определяется из выражения:

$$t = t_1 + t_2 + t_3 \qquad (6.15)$$

где t_1 - движение от ПНЗ до ХПП;

t_2 - нормативное время пребывания на элеваторе, определенное договором между Х1Ш и автотранспортным предприятием;

t_3 - движение от ХПП до ПНЗ.

Машина .отправленная на ХПП, возвращается в среднем через несколько часов (рис.6.10).

Количество постов загрузки на току - *n*;

количество автомашин в отряде - *m*.

Ограничения: 1 - время обслуживания на ХПП соответствует нормативному; 2- автоотряд обслуживает один ПНЗ; 3 - во время смены автомашины не изымаются из рабочего процесса.

Структурная схема подсистемы автотранспортного обслуживания в составе производственных элементов УТЗП

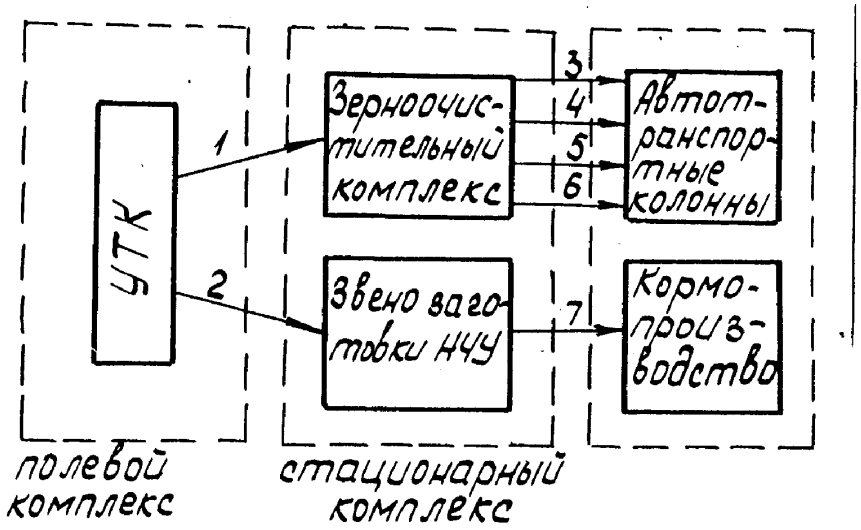


Рис.6.9

Элементы сменного времени автотранспорта

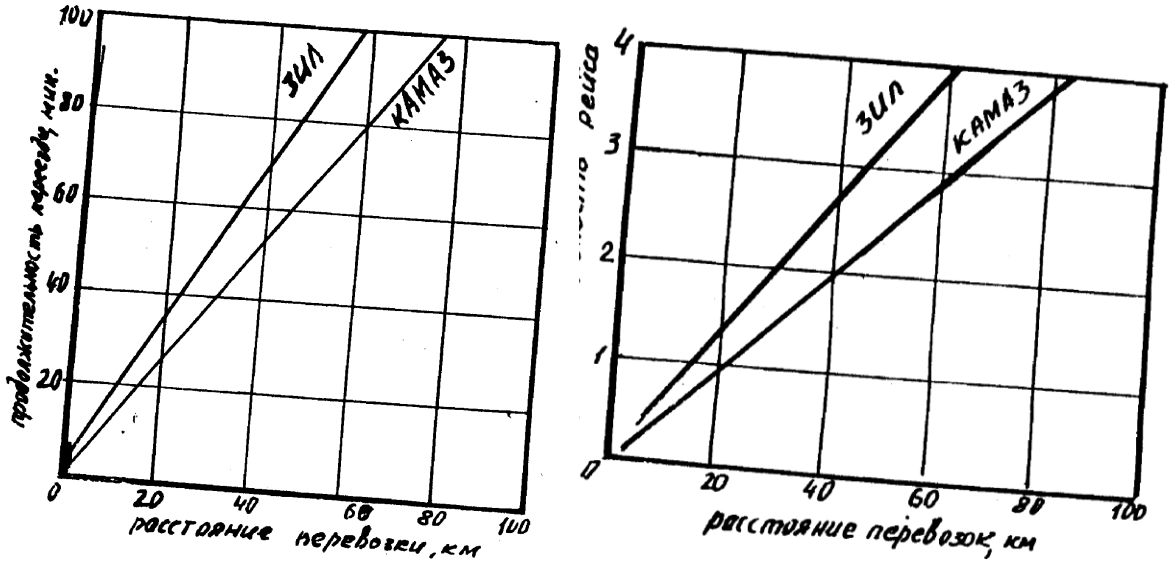


Рис.6.10

Загруженная автомашина отправляется в рейс, в котором находится в среднем $\bar{t}$ часов.

Система, в которую поступает простейший поток требований с параметром λ, количество заказов не превышает подходящие, машины при наличии свободных погрузчиков обслуживаются (в противном случае становятся в очередь), описывается известной системой дифференциальных уравнений /58/.

Решениями системы уравнений являются:

вероятность того, что все посты свободны от машин; вероятность нахождения на току автомашин; среднее количество машин, ожидающих загрузки зерном; коэффициент простоя автомашин в ожидании обслуживания; среднее количество машин под погрузкой; простаивает погрузчиков; коэффициент простоя погрузчиков; вероятность того, что в очереди находится автомобилей больше заданного числа N.

6.2.2. Рассмотрели процесс погрузки на току и установки, что автомашины с известным весом тары подходили под погрузку, загружались и отъезжали, затрачивая на это в среднем девять минут. Далее автомашины с интервалом не менее девяти минут при одном погрузчике и случайном - при другом их количестве - направлялись на автовесы и оформление документов, на это затрачивая три минуты. Малое время обслуживания на автовесах, а также регулярность потока при одном загрузчике обуславливает отсутствие очереди на весовой. В других случаях наличие очереди можно определить по формулам "теории массового обслуживания и параметру λ (поток автомашин на автовесы).

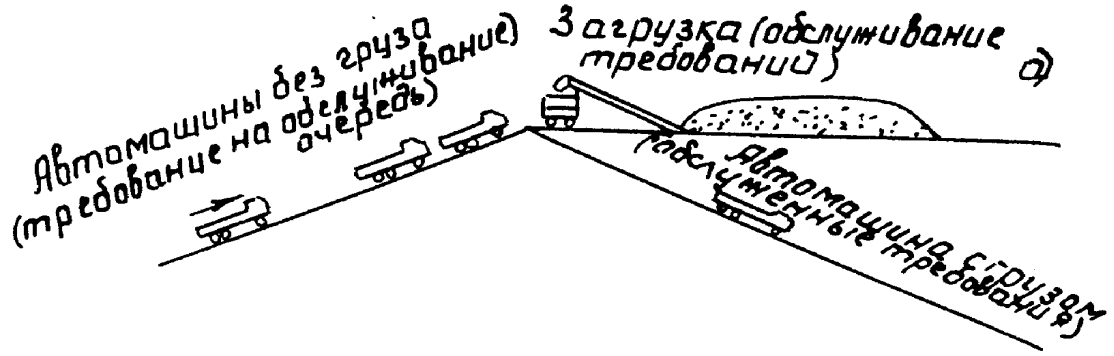
На ток зерно поступает от УТК, максимальное количество которых, как показывает опыт Егорлыкского района, не превышает двух. УТК может дать в сутки до 80т х 14 комб. = 1120 т зерна, а всего на ток может поступать за час $\frac{1120 \times 2}{20}$ = 112 т в час зерна. Для обработки такого количества зерна необходимо не более трех агрегатов ЗАВ-40.

В том случае, если время рейса составляет 0,5 часа (l=5 км) с учетом обработки на току (0,25 ч) за смену автомобиль может сделать не более 13 рейсов, а при максимальном плече перевозок в 60 км не более $\frac{10}{3+0,25}$ = 3,1 рейса. В этих случаях автоотряд из автомашин "КамАЗ", может перевести за смену не более 13 х 16 х 10 == 2080 т (l=5 км) и не менее 3,0 х 16х 10 = 480 т зерна.

Следовательно, производительность погрузочных средств тока должна составлять от 48 до 208 т в час.

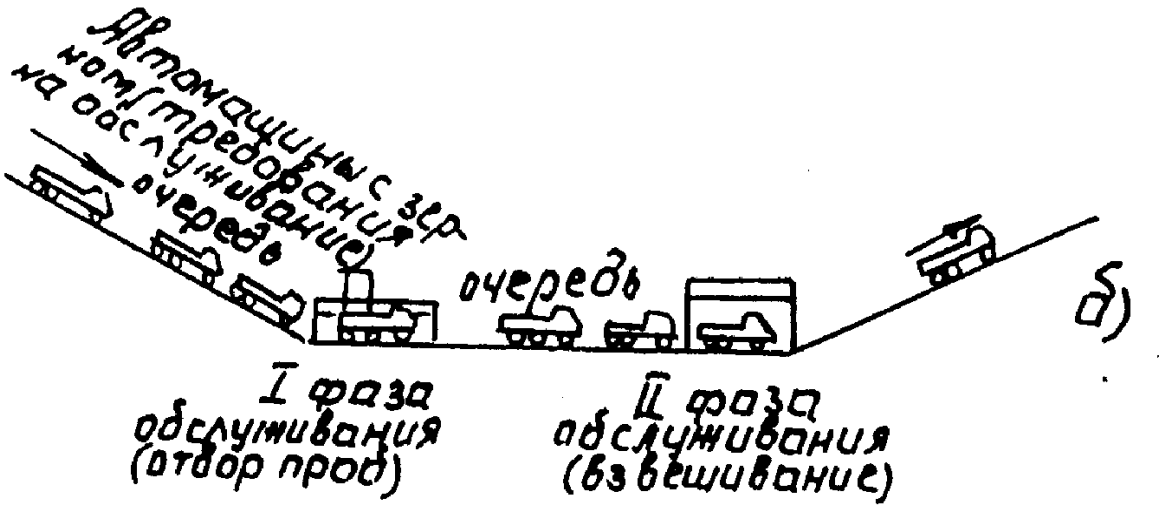
При поточной обработке зерна (поле-зерноочистительный агрегат-перевозка на ХПП) в среднем за час необходимо перевозить до 112 т зерна, однако превышение производительности автоотряда данного значения позволяет иметь автоотрядов по количеству меньше, чем токов, и перераспределять автоотряды между ближними хозяйствами. Хозяйства можно разбить на две группы. первой относятся такие, в которых поток зерна на ток меньше, чем производительность одного автоотряда.

Схема обслуживания в двухфазной СМО



а)

б).



а – обслуживание на ХПП; б – обслуживание на ППО

Рис. 6. 11

Схема УТЗП на предприятии

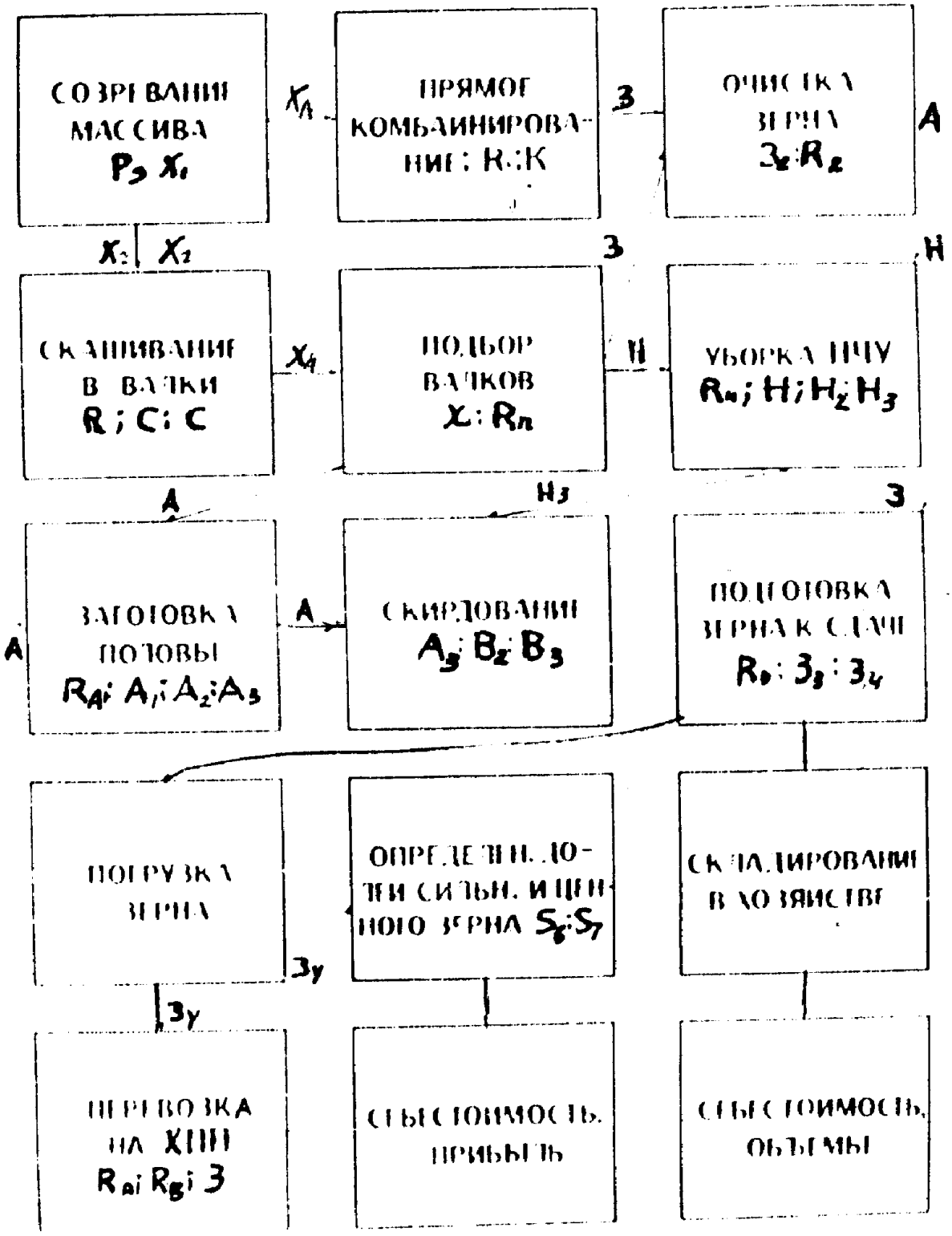


Рис. 6. 12

Следовательно, ко второй группе хозяйств прикрепляются автоотряды с производительностью, максимально соответствующей потоку зерна на току. За хозяйствами первой группы автоотряды не закрепляются. Он посылается в случае накопления зерна в объеме, достаточном для его работы в течение суток (смены – для мелких хозяйств):

$$t=Qm*\Delta Q*W^{-1}_{отр} \qquad (6.17)$$

где Q - количество зерна на току.

$$Q=m_{1*}W_2*T*K_1*K_2, \qquad (6.18)$$

m_1 - количество обсаживаемых комбайнов;

m_2 - часовая выработка комбайна;

T - продолжительность смены УТК;

K_1 - количество смен в УТК;

K_2 - количество рабочих дней накопления зерна;

$K_2 \leq 3$ - ограничение

ΔQ - поступление зерна в день работы автоотряда.

Для хозяйств второй группы имеет место соотношение:

$$K_{выв} = \frac{Q * Kyy}{Woom}, \qquad (6.18)$$

где $Квыв$ - количество дней вывоза;

Q, K_3 - объем зерна и перевозка;

$Квыв\text{-}3 \leq K_3$ - ограничение;

$Куб$ - количество дней уборки,

Тогда следует дополнительным автоотрядом вывезти зерна:

$$Qдоп=Q*Куб\text{-}Womp(Кудр+3) \qquad (6.19)$$

На току находится в текущий момент времени t объем зерна:

$$Qi=Q*Ki\text{-}Womp*Ki \qquad (6.20)$$

6.2.3. Устойчивость процесса нарушается

а - погодными условиями (снижается поток зерна на ЗСК и ПНЗ);

б - отклонениями от часового графика перевозок;

в - случайностями в процессе обработки автомашины на току и ХПП.

Для повышения устойчивости процесса необходимо, чтобы в случае действия случайных факторов система ПНЗ-АТК-ХПП не затоварилась (то есть $\lambda*\mu^{-1}\leq 1$),а простои автомашин были сведены до некоторого значения $K_{пр}$ < 10 %.

Погрузка на току может осуществляться из бункера зерноочистительного агрегата или погрузчиком. В обоих случаях ущерб от простоя обслуживающего персонала отсутствует, так как он занят другими работами при отсутствии автомашин.

Ущерб от недовывоза зерна равносилен его пропаже (если нет крытых токов или вентилируемых бункеров). Поэтому имеет смысл держать такое количество погрузчиков, чтобы автомашины не простаивали. Практически это означает простой не свыше 3-5 минут. По сколько в бункерах агрегатов ЗАВ зерно может быть не всегда, количество погрузчиков должно полностью обеспечить бесперебойную работу автоотряда.

Количество автовесов также рассчитывается из условия отсутствия очереди.

Надежность работы погрузчиков обеспечивается их нагруженным резервированием; под загрузку автомашин выделяются погрузчики, занятые на буртовании зерна.

Работа ХПП также строится таким образом, чтобы исключить сверхнормативные простои автомашин. Стационарность потока машин на элеватор обеспечивается часовым графиком перевозок, однако случайные факторы приводят к отклонениям в регулярности поступления автомашин. Поэтому и в этом случае необходимо свести к минимому простои автомашин с зерном.

Автомашины прибывают с плотностью λ (их общее количество достаточно велико: свыше 0,5 тыс. для РАНО) и последовательно проходят лабораторию, весовую, разгрузи и весовую.

6.2.4. Возможны два случая. В первом из них производительность последующего поста обслуживания выше, чем у предыдущего. В этом случае задержка возникает у въезда на элеватор, а его работа описывается известной системой уравнений /101/:

$$\begin{cases} Po'(t)=-\lambda Po(t)+\mu P_1(t), \\ P_1'(t)=\lambda(\lambda+K\mu)Po(t)+(k+1)\mu* \\ *P_{k+1}(t)+\lambda P_{k-1}(t), \quad 1\leq k\leq n \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ P'k(t)=-(\lambda+m\mu)Pk(t)+m\mu P_{k-1}(t)+\lambda P_{k-1}(t) \\ \qquad k>n \end{cases} \tag{6.21}$$

Нормирующее условие

$$\sum_{n=0}^{W} Pk = 1. \tag{6.22}$$

Решениями системы являются: вероятность отсутствия у ХПП автомашин; вероятность присутствия у ХПП автомашин; вероятность того, что ХПП занято обслуживанием; вероятность того, что в очереди на ХПП находится N автомашин; среднее время ожидания обслуживания; средняя длина очереди.

Во втором случае систему можно представить в виде двухфазовой. Первая очередь образуется у въезда на ХПП, а вторая - у постов с минимальной производительностью (рис.6.11).

Вероятность того, что на ХПП нет машин*:

$$Роб = \frac{(\alpha 1-\alpha 2)(1-\alpha 1)(1-\alpha 2)}{(\alpha 1-\alpha 2)-(\alpha_1^{m+2}-\alpha_2^{m+2})+\alpha 1\alpha 2(\alpha_1^{m+1}-\alpha_2^{n+1})}, \qquad (6.23)$$

где m - количество автомашин АТК.

Вероятность того, что на въезде находится n_2 , машин, а на разгрузке - нет

$$P_{n,v}=\alpha^{n}{}_1 * Poo \qquad (6.24)$$

Вероятность того, что на разгрузке находится n_2 автомашин, а на въезде - нет

$$P_{o,n2}=\alpha^{n2}{}_2 * Poo \qquad (6.25)$$

Вероятность того, что на въезде находится n_1 требований, а на разгрузке – n_2

$$P_{n1,n2}=\alpha^{n1}{}_1 * \alpha^{n2}{}_2 Poo \qquad (6.26)$$

Среднее количество машин на ХПП

При

$$n_1+n_2 \le N,$$

$$M=\sum_{n_1=0}^{N}\sum_{n_2=0}^{N}(n_1+n_2)P_{n_1,n_2}=\frac{1}{\alpha_1-\alpha_2}x\left\{\frac{\alpha_1^2\left[1-(N+1)\alpha_1^{N+1}\right]}{(1-\alpha_1)^2}-\frac{\alpha_2^2\left[1-(N+1)\alpha_2^{N+1}\right]}{(1-\alpha_2)^2}\right\}P_{00} \qquad (6.28)$$

Среднее количество машин в ХПП, находящееся на обслуживании (взвешивание, взятие пробы, разгрузка) /281/*:

* Формулы риведены по источнику /281/

$$M_{обс} = \sum_{n_1=1}^{N} P_{n_1,0} + \sum_{n_2=1}^{N} P_{0,n_2} + 2\sum_{n_1=1}^{N}\sum_{n_2=1}^{N} P_{n_1,n_2} =$$
$$= \frac{(\alpha_1+\alpha_2)\left[(\alpha_1-\alpha_2)-(\alpha_1^{N+1}-\alpha_2^{N+1})+\alpha_1\alpha_2(\alpha_1^{N}-\alpha_2^{N})\right]}{(1-\alpha_1)(1-\alpha_2)(\alpha_1-\alpha_2)} P_{00} \qquad (6.29)$$

Среднее количество машин, ожидающих обслуживание на ХПП:

$$M_{опс} = \sum_{n_1=2}^{N}(n_1-1)P_{n_1 0} + \sum_{n_2=2}^{N}(n_2-1)P_{0n_2} + \sum_{n_2=2}^{N}(n_1-1)P_{n_{11}} + \sum_{n_2=2}^{N}(n_2-1)\,p_1 n_2 +$$
$$+ \sum_{n_1=2}^{N=2}\sum_{n_2=2}^{N=2} + (n_2-1)P_{n_1 n_2} = \qquad (6.30)$$
$$= \left\{\left[\begin{array}{l} \frac{\alpha_2^2(1-\alpha_1)[1-N\alpha_1^{N-1}+(N-1)\alpha_1^{N}]}{(1-\alpha_2)^2} + \frac{\alpha_1^2(1-\alpha_2)[1-N\alpha_2^{N-1}(N-1)\alpha_2^{N}}{(1-\alpha_2^2)} - \\ -\frac{1-(N-1)\alpha_2^{N-2}-(N-2)\alpha_2^{N-1}}{(1-\alpha_2)^2} \end{array}\right]\right\}$$

На основании теоремы Дж.Р.Джексона для вероятностей состояния сети $n=\{\bar{n}_1, n_2\}$ в установившемся режиме /281/

$$P_{n1n2n3}=P_{n1}^{(1)}P_{n2n3}^{(2)}=P_k P_{n1n2}=$$
$$\frac{m!\alpha^k}{n^{k-n}n!(m-k)!}\times\left[\sum_{k=0}^{n}\frac{m!}{k!(m-k)!}\alpha^k + \sum_{k=n+1}^{m}\frac{m!\alpha^k}{n^{k-n}n!(m-k)!}\right]^{-1}* \qquad (6.31)$$
$$*x\alpha_1^{n1}\alpha_2^{n2}\,\frac{(\alpha 1-\alpha 2)(1-\alpha 1)(1-\alpha 2)}{(\alpha 1-\alpha 2)-(\alpha_1^{N+2}-\alpha_2^{N+2})+\alpha 1\alpha 2(\alpha_1^{N+!}+\alpha_2^{N+!})}.$$

Варианты наличия очереди.

$$\begin{cases} T_1>T_2>T_3 & \text{- очередь у лаборатории} \\ T_1>T_3>T_2 & \text{- очередь у лаборатории} \end{cases} \qquad (6.32)$$

$$\begin{cases} T_2>T_1>T_3 & \text{- очередь у лаборатории весовой} \\ T_2>T_3>T_1 & \text{- очередь у лаборатории и весовой} \\ T_3>T_1>T_2 & \text{- очередь у лаборатории и разгрузки} \\ T_3>T_2>T_1 & \text{- очередь у лаборатории, разгрузки и весовой} \end{cases} \qquad (6.33)$$

где T_1 – время взятия пробы,

T_2 – время взвешивания,

T_3 – время разгрузки.

Рассмотрим обслуживание на ХПП как объект управления с – входным ($\bar{x}$) конструктивным (B), управляющими (Γ), входными (Y), параметрами, характеристикой режимом работы λ и μ.

Тогда надежность системы как объекта управления с $\lambda \in X$, $\nu \in \Gamma$ описывается соотношением /281/.

$$P_o = \left[\frac{(\lambda\nu^{-1})^S}{S_1(1-\frac{\lambda\nu^{-1}}{S}} + \sum_{n=0}^{S-1} \frac{(\lambda\nu^{-1})^n}{n_1} \right] \leq [P] \qquad (6.34)$$

где [Р] - заданная надежность, [Р]⊂У.

Вероятность отсутствия отказа по параметру к (отсутствие очереди у ХПП К = 0) /58/

$$Ps = \sum_{n=1}^{n=s} Po \frac{\lambda\nu^{-1}}{n!}. \qquad (6.35)$$

Вероятность отказа по параметру $к$

$$Ps = Po \frac{\lambda\nu^{-1}}{S!}. \qquad (6.36)$$

Модель устойчивости системы

$$\lambda_1 T_{пост} = \nu_1 T_{пр}, \qquad (6.36)$$

где $T_{пост}$ - продолжительность поступления зерна от АТК;

$T_{пр}$ - продолжительность приема зерна в ХГШ;

λ_1 и ν_1 - среднее количество поступившего и принятого за единицу времени зерна.

Управление $\lambda \in X$ осуществляется при оперативном управлении перевозками.

6.2.5. Рассмотрим обслуживание потока автомашин от УТК на ЗСК. Постановка задачи. Автотранспорт, количество которого переводит зерно от УТК к ЗСК, где зерно очищается и подается в вентилируемые бункера или крытый ток, откуда оно увозится автоколонной. Количество ЗСК-З, параметр входного потока - обслуживания - $\mu \in x$ ЗСК- μ, вероятность возврата зерна на доработку -

$P\beta$, параметр обслуживания на крытом току - μ_2, количество партий груза в приямке - а (рис. 6. 11, рис. 6. 12).

Приняли следующие допущения:

♦ поступление машин с зерном с поля на ЗСК определяется производительностью УТК;

♦ отвоз зерна с мехтока определяется его наличием и производительностью АТК.

Следствия из принятых допущений. Отсутствуют зерноуборочные комбайны, простаивающие с заполненным бункером. При отсутствии зерна на мехтоке АТК простаивает.

На мехтоке запасов зерна не создается.

Рассмотрим уравнения состоянии системы /281/.

♦ вероятность того, что в момент времени t ЗСК и АТК свободны;

♦ вероятность состояния системы, при котором в момент времени t в первой фазе находится n_1 требований, а во второй фазе – n_2 требований.

Из матрицы передач следует /281/

$$\begin{cases} P'oo(t)=-\lambda Poo(t)+\mu Po_1(t) \\ P'_{n1n2}(t)=-(\lambda+\mu_1+\mu_2)P_{n1n2}(t)+\mu_1 P_{n1+1,n2-1}(t)+\mu_2 P_{n1,n2-1}(t)+\lambda P_{n1-1,n2}(t). \end{cases} \quad (6.38)$$

где $Poo(t)$ – вероятность того, что в момент времени t ЗСК и АТК свободны;

P_{n1}, P_{n2} – вероятноять состояния системы, при котором в момент времени t в первой фазе находится n_1 требований, а во второй фазе – n_2 требований.

- Матрица передач имеет вид /281/

$$T = \begin{Vmatrix} 010 \\ 001 \\ 1-1-00 \end{Vmatrix} \quad (6.39)$$

Определяем интенсивности потоков требований

$$\lambda o = \Theta\lambda \quad (6.40)$$

$$\lambda_1 = \lambda_o + (1-\Theta)\lambda_2$$

$$\lambda_1 = \lambda_2 = \frac{\lambda}{\otimes}\lambda_0 \qquad (6.41)$$

Условие установившегося режима

$$\frac{\alpha 1}{\mu 1} = \frac{\lambda o}{\mu 1} < 1; \frac{\lambda 2}{\mu 2} = \frac{\lambda o}{\mu 2} < 1 \qquad (6.42)$$

На основании теоремы Дж.Р.Джексона /195/ для вероятностей состояний системы $n <\{n_1, n_2\}$ в установившемся режиме

$$P_{n1,n2\ldots nm} = P_{n1}^{(1)}, P_{n2}^{(2)} \ldots = \prod_{i=1}^{M} P_{ni}^{(i)}, \qquad (6.43)$$

где $P_{ni}^{(i)}$ - вероятность n_i-го состояния СМО, рассчитанная.

Среднее число машин в очереди на загрузку /58, 28/

$$M = M_{ож} = \sum_{k=1}^{n} \frac{\alpha^k m!}{k!(m-k)!} Po, \qquad (6.44)$$

Среднее количество простаивающих постов загрузки /281/

$$No = \sum_{k=0}^{n=1} (n-k) p_k = \sum_{k=0}^{n-1} \frac{(n-k)m!\alpha^k}{k!(m-k)!} Po, \qquad (6.45)$$

Коэффициент простоя постов загрузки

$$K = \frac{No}{n}. \qquad (6.46)$$

Вероятность того, что в очереди на загрузи находится количество машин, больше некоторого N /281/

$$P_{>N} = \sum_{k=N+1}^{m} Pk = 1 - \sum_{k=0}^{N} PKj, \qquad N \geq n \qquad (6.47)$$

Для обслуживания на ХПП-..воспользуемся соотношениями для двухфазной системы /55/:

$$\alpha_1 = \frac{\lambda_2^{'}}{\mu_2^{'}}; \qquad \alpha_2 = \frac{\lambda_2^{''}}{\mu_2^{''}}. \tag{6.48}$$

Решения системы (6.38) известны /195/ и имеют следующий вид /58, 28/:

1. Вероятность того, что ЗСК и АТК свободны от обработки и перевозки зерна (двухфазная система)

$$Poo=(1-\alpha_1)(1-\alpha_2) \tag{6.49}$$

где $\alpha_1 = \frac{\lambda}{\mu_1^{'}}$ $\alpha_2 = \frac{\lambda^{''}}{\mu_2}$

λ - математическое ожидание потока заявок на обработке зерна на ЗСК;

μ_1 - математическое ожидание производительности ЗСК;

μ_2 - математическое ожидание производительности АТК,

2. Вероятность того, что в ЗСК находится n_1 партий зерна, а в АТК - ни одного

$$P_{n,o}=\alpha_1^{n1}(1-\alpha_1)(1-\alpha_2). \tag{6.51}$$

3. Вероятность того, что в АТК имеется K партий зерна, а в ЗСК - ни одной

$$P_{o,n2}=\alpha_2^{n2}(1-\alpha_1)(1-\alpha_2). \tag{6.52}$$

4. Вероятность того, что в первой фазе имеется n_1 партий зерна, а во второй - n_2

$$P_{n1,n2}=\alpha_1^{n1}\alpha_2^{n2}(1-\alpha_1)(1-\alpha_2). \tag{6.53}$$

Для однофазной системы вероятность того, что все посты погрузки свободны от машин /55/

$$\text{Po}=\left[\sum_{k=0}^{n}\frac{m!}{k!(m-k)!}\alpha^k+\sum_{k=n+1}^{m}\frac{m!\alpha^k}{n^{k-1}n!(m-k)!}\right]^{-1},$$

где n - количество постов погрузки;

m - количество машин, перевозящих зерно от ЗСК на ХПП;

k - текущее целочисленное значение;

$\alpha = \frac{\lambda}{\mu_1}$ - параметр системы: λ - среднее количество заявок на погрузку машин за единицу времени, μ - среднее время загрузки одной автомашины /281/.

Вероятность того, что в системе находится k требований, из них n обслуживается, а k_n ожидают обслуживания

$$\text{Pk}=\frac{m!\alpha^k}{n^{k-n}n!(m-k)!}Po. \quad \text{n}\le\text{k}\le\text{m} \tag{6.55}$$

Среднее число требований, ожидающих начала обслуживания

$$M_{ожс} = \sum_{k=n+1}^{m}\frac{(k-n)m!\alpha^k}{n^k n!(m-k)!}Po\,. \tag{6.56}$$

Коэффициент простоя требований» ожидающих загрузки

$$K_{пт} = \frac{Моож}{m}. \tag{6.57}$$

6.2.6. Рассмотрим устойчивость процесса, включающего перевозку зерна от УТК, обработку на ЗСК, накапливание .регулярный отвоз зерна на ХПП из накопителя. Режим работы $T_\lambda = \mu T$ за время T скапливается λT порций зерна, за то же время увозится

$$Q=nqT$$

где Q - объем отведенного зерна;

n - количество загруженных за единицу времени автомашин;

q - вес зерна, погруженного на автомашину;

В этом случае условие устойчивости имеет вид:

$$\left.\begin{array}{l} T_з > T_{пер}, \\ \nu T_{неуст} \le T_з - T_п \le \nu T_{доп} \\ T\lambda = \nu T_{пд} T_{пр} T \ge T_{цикла} \end{array}\right\} \tag{6.57}$$

где $T_{пер}$ - продолжительность перевозок от ПНЗ;

$T_з$ - продолжительность завоза на ЗСК;

$T_{неуст}$ - период неустойчивой работы ЗСК;

$T_{доп}$ - период хранения зерна;

$T_{цикла}$ - цикл процесса.

6.3. Выводы

6.3.1. Распределение ресурсов ремонтно-технического обслуживания предлагается основывать на полученных закономерностях распределения МТП (Вейбулла) и коррелирующей с ней потребностью в ремонтах и ТО. На основе кластерного анализа ресурсов МТА в южном регионе рекомендуется обосновать новый типоразмерный ряд объектов ремонтно-обслуживающие работы по ремонтно-обслуживающей базе методами линейного программирования по обоснованной математической модели.

6.3.2. Процессы, происходящие в подсистемах обслуживания, носят стохастический характер и могут быть описаны методом «вложенной марковской цепи» как системы массового обслуживания, которые могут быть классифицированы по принципам Кендалла. Исследуемый процесс в соответствии с классификацией разрабатывается на посты («фазы») процесса, в которых происходит обслуживание с экспоненциальным механизмом, имеющим параметр μ. Требования на обслуживание поступают из подсистемы производственной эксплуатации по случайному закону с параметром λ. В общем виде закон может быть другим, что выявляется на опыте и закладывается в алгоритм статистического моделирования.

6.3.3. При разработке алгоритмов учитывали следующее. Процессы обслуживающих подсистем основаны на обслуживании нескольких однородных групп машин, эксплуатируемых по групповому методы академиков Э.И. Липковича и М.С. Рунчева; причем эксплуатация МТП – есть расходование его ресурсов. Используя принцип Н.М. Сидякина и определение ресурса Ю.Н. Благовещенского и Г.Д. Карташева, предложили использовать статистическую модель на основе R-сети для обоснования режимов ТО МТП. Опытные данные для информационного обеспечения моделей предлагается собрать с использованием принципа Картена-Долана в предположении аддитивности потока отказов и потребностей в ТО.

6.3.4. На основе анализа технологии подсистемы ТО разработаны целевая функция и алгоритмы их моделирования в качестве систем массового обслуживания как в бригадах, так и в ЦРМ СХП. При обосновании работы ЦРМ ис-

пользованы свойства ординарности, стационарности и отсутствия последствия входящих процессов обслуживания, выявленные в ГОСНИТИ, в результате установлена зависимость ущерба от простоев и вероятности функционального отказа в зависимости от численности машиномест и вероятности состояний.

6.3.5. На примере подсистемы автотранспортного обслуживания показана применимость методов ТМО для обслуживающих процессов СХП. Для случая Пуассоновского входящего потока указанная подсистема идентифицирована аналитическими методами как двухфазная, с ожиданием очереди, с конкуренцией. Двухфазная подсистема описана как разомкнутая СМО; однофазная – описывается как замкнутая СМО, что согласуется с работами профессора А.И. Бурьянова и его научной школы. Введено понятие устойчивости процесса транспортирования зерна и выведено условие устойчивости как стабильная работа без значимых межоперационных заделов.

7. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ НА РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ: ОБОБЩЕНИЕ

7.1. Подсистема эксплуатации комплекса машин

Вопросам обоснования режимов комплексов, например работы уборочно-транспортных комплексов (УТК), расчета оптимальной производительности зерноуборочных машин и потребности в транспорте, разработки методов планирования работы УТК, определения оптимальной загрузки персонала при обслуживании зерноуборочных машин и состава специализированного звена посвящен целый ряд исследований /1, 9, 10, 12, 13, 14, 17Ю 28, 32, 41, 51, 52, 56, 74, 98, 102, 111, 119, 130, 152, 167, 167, 181, 227, 228, 263 и др./.

Однако полученные результаты не решают достаточно полно вопросы прогнозирования показателей работы звена по технической эксплуатации при выполнении ремонтно-обслуживающих операций технологического оборудования. Это приводит к непроизводительным потерям рабочего времени.

В данной главе была поставлена задача разработки методики прогнозирования показателей работы комплекса машин, учитывающей численный состав ремонтно-обслуживающих рабочих и параметры используемого технологического оборудования на основе абстрактного «агрегата», обоснованного Н.П. Бусленко.

Поставленная задача решалась во взаимосвязи с вопросом обоснования рациональной эксплуатации машин как подсистемы СХП. В соответствии с выполненными нами исследованиями, процесс технической эксплуатации комплекса машин может быть формализован в виде абстрактного математического объекта - "элемента" процесса эксплуатации машин. "Элемент", как объект, исследования, определяется множествами времени функционирования T входных и выходных пространств, состояний Z и операторами переходов и выходов H и ξ (см.гл.5).

В ходе теоретических исследований была поставлена задача формализации и моделирования процесса технической эксплуатации УТК. Идентификация объекта исследования требует использования методов имитационного моделирования и динамического программирования, так как существующие методы аналитической теории массового обслуживания не позволяют учесть многообразие действующих факторов и прямо оценить качество выполнения ремонтно-обслуживающих операций.

При решении поставленной задачи исследовался метод специализированного технического обслуживания УТК по способу "постоянное дежурство". В этом случае звено ТО находится вместе со средствами механизации ремонтно-обслуживающих операций и резервом запасных частей и полнокомплектных машин возле УТК.

Пространство входных характеристик системы в этом случае может быть представлено в виде /55/:

$$\overline{X} = \overline{x}_1 \times \overline{x}_2 \times \ldots \times \overline{x}_{26}, \qquad (7.1)$$

где x_i - множества точек интервалов;

x_1 - продолжительности смены;

x_2 - количества реализаций;

x_3 - вероятностей выполнения работ постом;

x_4 - расстояний от УТК до поста;

x_5 - интервалов точечных характеристик;

x_6 - функции плотностей вероятностей (ф.п.в.) интервалов между заявками;

x_7 - ф.п.в. числа *i*, равномерно распределенного в (0,1);

x_8 - ф.п.в. обслуживания заявки постом;

x_9 - ф.п.в. времени посылки сигнала к посту;

x_{10} - ф.п.в. времени переезда поста к заявке;

x_{11} - ф.п.в. скорости доставки заявки к посту;

x_{12} - ф.п.в. скоростей доставки ремонтных материалов к посту;

x_{13} - ф.п.в. продолжительностей обслуживания по i-ым видам оборудования;

x_{14} - ф.п.в. продолжительностей обслуживания по i видам оборудования поста;

x_{23} , x_{15} - наличие ремонтных материалов, полнокомплектных машин и их узлов; интервалов показателей качества обслуживания;

x_{16} - вероятностей повторения заявки по посту;

x_{17} - вероятностей повторения заявки по посту;

x_{18}- вероятностей повторения заявки по посту;

x_{19} - ф.п.в. повторения заявки по посту;

x_{20} - ф.п.в. повторения заявки по посту;

x_{21} - ф.п.в. интервала повторения заявки по посту, а также интервалов;

x_{22} - производительностей уборочных машин соответственно на свале массы в валки, подборе и обмолоте валков, прямом комбайнировании;

$x_{24,25}$ - ф.п.в. безотказности работы машин по узлам, агрегатам, деталям;

x_{26} - урожайность убираемых культур.

Пространство управляющих параметром системы интерпретировано выражением

$$T = j_1 \times j_2 \times \ldots \times j_{10}, \qquad (7.2)$$

где j_i - множества;

j_1 - нижних границ для числа элементов в сочетаниях оборудования для поста *A*;

j_2 - признаков работы алгоритма (I-перебор сочетаний *i*-ых видов оборудования и S - запасных частей, узлов, машин: L - заданная ситуация);

j_3 - признаков работы алгоритма (j_3 =I и j_3 = 2 -соответственно полноком-

плектное резервирование дублированием и замещением j_3 = 0 - нет резервирования);

j_4 - численности машин в звене УТК;

j_5 - численности постов;

j_6 - набор оборудования поста;

j_7 - численности и квалификационных разрядов исполнителей по посту *A*;

j_8 - предельных количеств реализаций;

j_9 - количеств и видов подменных машин;

j_{10} - продолжительностей уборки.

Пространство конструктивных параметров представлено в виде:

$$\beta = b_1 \times b_2 \times \ldots \times b_i \times b_{13}, \qquad (7.3)$$

где b_i - множества;

b_1 - вероятностей выполнения работ постом;

b_2 - вероятностей срочности работ;

b_3 - стоимостей транспортирования обслуживаемой машины к посту;

b_4 - стоимостей простоя обслуживаемой машины;

b_5 - приведенных стоимостей базы передвижного агрегата;

b_6 - стоимостей простоя поста;

b_{13} - калькуляций себестоимостей выполнения работ по посту при использовании S-го оборудования;

b_7 -калькуляций себестоимостей выполнения работ по посту П при использовании или вида оборудования;

b_8 - калькуляций себестоимостей ремонтных материалов;

b_9 - затрат на доставку ремонтных материалов;

b_{10} - затрат на заработную плату исполнителей;

b_{11} - выплат из общественных фондов;

b_{12} - доплат за классность, стаж работы;

b_{13} - накладных расходов.

Выходная характеристика системы выражена целевой функцией:

$$Y = y_1 \times y_2 \times \ldots \times y_i \times \ldots \times y_{10}, \qquad (7.4)$$

где y_1 - стоимость одного часа простоя объекта обслуживания, руб./ч;

y_2 - суммарное время простоя объектов обслуживания за все случаи обслуживания, ч;

y_3 - количество обслуживаний, выполненных постом;

y_4 - суммарная стоимость обслуживания постом, руб.;

y_5 - продолжительность обслуживаний постом применением S и i-го оборудования;

y_6 - стоимость транспортирования объектов обслуживания к посту, руб./ч;

y_7 - время доставки заявки к посту, ч;

y_8 - ущерб от простоя i-го оборудования поста;

y_9 - оборудование поста;

y_{10} - оборудование поста.

Взаимосвязь между показателями эффективности, надежности и целевой функцией для случайного процесса технической эксплуатации УТК осуществляется операторами переходов и выходов *H* и G. Описание операторов выполнено с использованием теории сложных систем /55/.

7.2. Эксплуатация машин на подраделении предприятия

Все еще существующие недостатки в использовании машинно-тракторного парка колхозов и совхозов в определенной мере связаны с отсутствием обоснованных с применением единого методического подхода рекомендаций по методам и средствам производственной и технической эксплуатации.

Согласно результатам исследований, изложенных В.М. Кряжковым, С.С. Черепановым, А.Э. Северным, С.И. Костенко, А.В. Ленским и др., решение задачи обоснования рационального процесса эксплуатации машин может быть получено при использовании системного подхода и заключается в определении пропускной способности, структуры и размещения объектов системы, установления управляющих параметров. В частности, оптимальная подсистема технической эксплуатации машинно-тракторного парка должна обеспечить своевременное и качественное удовлетворение входящего потока требований при минимальных затратах на создание и эксплуатацию подсистемы /190, 417, 491-493/.

О принципиальной возможности решения такой задачи с использованием системного анализа свидетельствуют исследования, выполненные в других областях науки.

При решении задачи обоснования рациональной эксплуатации машин на уровне производственного подразделения необходимо решить ряд вопросов, в том числе обосновать параметры процесса производственной и технической эксплуатации МТП.

Ввиду сложности решения общей задачи, на первом этапе решали вопрос обоснования рациональных параметров процесса технической, эксплуатации машин на уровне производственного подразделения с целью снижения затрат на содержание техники. Взаимосвязь процессов производственной и технической эксплуатации машин была учтена путем рассмотрения процесса по элементам, соответствующим характерным периодам полевых работ: ранневесеннему, весеннего и осеннего сева, весенне-летнему, предуборочному, уборки зерновых колосовых, послеуборочному, летне-осеннему, осеннему.

В соответствии с теорией сложных систем пространство характеристик входных параметров системы, функционирующей во времени *T*, было представлено в виде

$$X = X_1 \times X_2 \times X_3 \times X_4, \qquad (7.5)$$

где x_i - множество точек;

x_1 - интервал i= 1,2,3 (1-плановое ТО, 2 - ТО при хранении, 3 - эксплуатационный ремонт);

x_2 - интервал точечных оценок распределений времени между моментами поступления требований;

x_3 - интервал $0 \le p \le \sum p_A$, p_A - вероятность j-го вида оборудования, необходимого при обслуживании;

x_4- интервал математических ожиданий и стандартов распределений времени обслуживания требований.

Пространство управляющих параметров Γ соответственно интерпретируется выражением:

$$\Gamma = j_1 \times j_2 \times j_3 \times j_4, \qquad (7.6)$$

где j_i - множество точек интервалов:

j_1 - численности обслуживаемой группы машинно-тракторных агрегатов;

j_2 - мощности и количества постов обслуживания;

j_3 - характеристик ремонтно-обслуживающей базы;

j_4 - размещения и наличия эксплуатационных, ремонтных материалов.

Пространство конструктивных параметров B может быть описано в виде

$$B = b_1 \times b_2 \times b_3 \times b_4 \times b_5 \times b_6 \times b_7 \times b_8 \times b_9 \times b_{10}, \qquad (7.7)$$

где b_i - множество точек интервалов:

b_1 - качества обслуживания;

b_2 - сроков обслуживания;

b_3 - показателей, определяющих производительность МТА (вид работ, машин, погодные условия, состояние растений, почвы, дорог);

b_4 - скоростей перемещения объектов системы;

b_5 - скоростей посылки сигналов, сообщений в системе;

b_6 - расположения объектов системы во времени и пространстве;

b_7 - конструктивных особенностей выпускаемого промышленностью технологического оборудования для ТО и ремонта, неучтенное j_2 и j_3;

b_8 - наличия механизаторских кадров, техники, основных средств, инструментов, материалов;

b_9 - калькуляции себестоимости выполненных в процессе производственной и технической эксплуатации работ, стоимости машин, оборудования, эксплуатационных и ремонтных материалов;

b_{10} - прочих, не учтенных другими показателями, особенностей зоны, области, района, хозяйства (зависит от целей получения результата).

Пространство обслуженных заявок в этом виде может быть представлено выражением

$$y = y_1 \times y_2 \times y_3 \times y_4 \times y_5, \qquad (7.8)$$

где y_1 - стоимостной критерий;

y_2 - интервал вероятностных характеристик показателей качества;

y_3 - интервал вероятностных характеристик показателей соблюдения установленных сроков;

y_4 - интервал составляющих времени смены;

y_5 - интервал характеристик подсистемы как объекта системы использования МТП.

Состояние системы в данный момент $t \in l$ определяется предыдущим состоянием t_0 и набором характеристик заявок, поступающих в $t \in (t_1, t_2)$. Случайный оператор H, переводящий множество x во множество состояний системы представлен в общем виде выражением /55/

$$Z = H(x, W), \tag{7.9}$$

Очевидно

$$(\exists(W \in \Omega))(H(x, W)) \tag{7.10}$$

где $H(x,W)$ реализует отображение ($x \rightarrow Z$);

$W \in \Omega$ - пространство элементарных событий с вероятностной мерой ρ_A.

С учетом соотношений (7.5) – (7.10)

$$y(t) = G\{t, Z, (t), W\}, \tag{7.11}$$

В соответствии с работой /55/, техническая эксплуатация представлена в виде элемента, определенного множеством l, $\bar{x}$, y, Z; операторами H и G. Такая формализованная схема использована в дальнейшем при разработке алгоритма моделирования процесса.

Основное правило построения алгоритмов подчинено методу "срок- качество - стоимость".

Связь процессов технической и производственной эксплуатации осуществлена посредством обоснования и учета характерных периодов использования трудовых и материальных ресурсов.

При раскрытии логики процесса основная задача состояла в конкретизации операторов переходов и выходов H и G, которая в данном случае может быть выполнена методами имитационного моделирования на ЭВМ.

Для случая технической эксплуатации машин производственных подразделений в весенне-летний период показатели системы использовали МТП y_3 представлены на рисунке 7.1. В этот период при увеличении количества постов обслуживания и количестве рабочих на каждом посту δ=2-4 вероятность за-

держки требований в очереди снижается. Исходя из значений критерия y_1, характеристика состава ремонтно-обслуживающих рабочих подразделения с МТП в 30 условных тракторов будет следующей: всего - 4 человека, на ТО занято 3 человека по 8 ч ежедневно, на хранении-1 человек по 8 ч ежедневно, штат ПТО - 4 человека, нефтезаправка - 1 рабочий. Аналогичные рекомендации получены для каждого периода полевых работ. Разработанные программы решения задачи на ЭВМ пригодны для решения конкретных вопросов с учетом особенностей хозяйств. Использованная методика может быть применена при оптимизации процесса технической и производственной эксплуатации МТП на уровне хозяйства и т.д. При внедрении результатов исследования получен экономический эффект в размере 0,92 руб./усл.эт.га (в сопоставимых ценах).

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

♦ использование системного анализа процесса технической эксплуатации машин на уровне производственного подразделения позволяет установить основные входные, выходные, управляющие и конструктивные параметры, разработать операторы переходов и выходов путем установления взаимосвязей процесса в каждом конкретном случае методами имитационного моделирования;

♦ разработанная программа решения задачи на ЭВМ позволяет разработать рекомендации: по количеству и мощности постов обслуживания; рациональной с точки зрения процесса технической эксплуатации численности группы МТА в полевых условиях; характеристику ремонтно-обслуживающей базы, в том числе применяемого технологического оборудования;

♦ разработанные с применением методов теории сложных систем модели могут быть использованы в качестве основы для разработки более полных моделей при решении задачи обоснования рациональной эксплуатации МТП на последующих этапах исследований (уровень хозяйства и т.д.).

Математические ожидания времени нахождения
требований в очереди при количестве рабочих
$b = 2…4$, в зависимости от общего количества постов n.

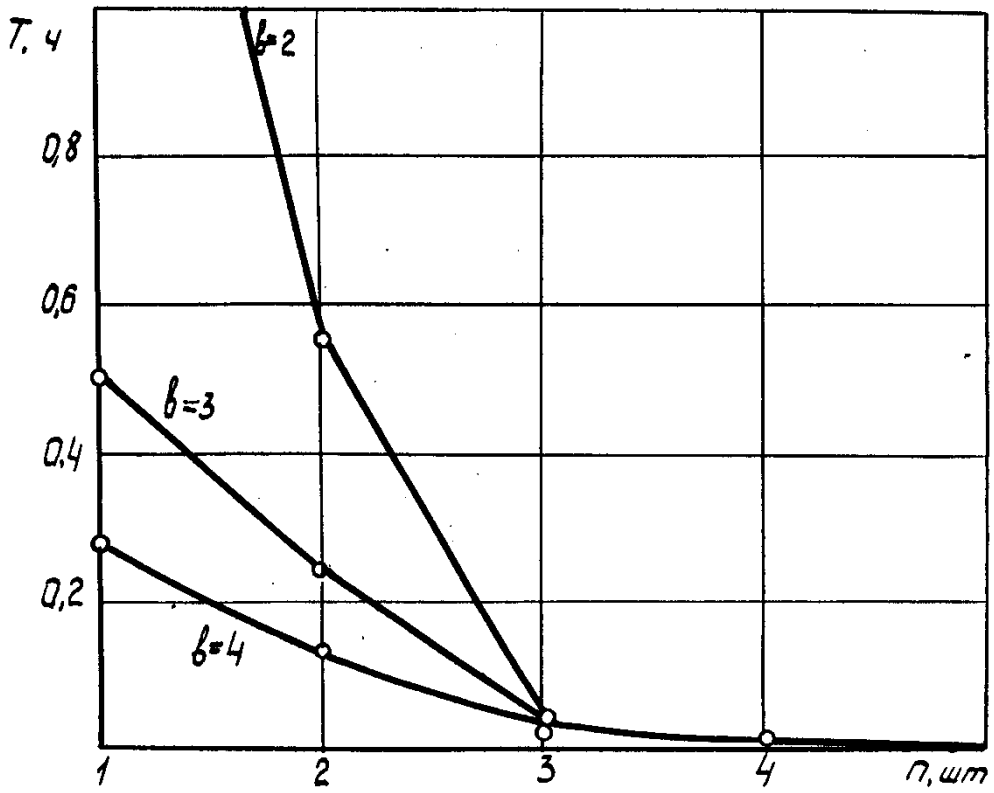


Рис.7.1

7.3. Системный анализ и моделирование сложных систем на уровнях предприятия и холдинга

Адекватное исследование процессов использования сельскохозяйственной техники возможно в том случае, если они рассматриваются как функционирование сложных технических систем. Под последними понимается эмерджентное множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом и образующих определенную целостность.

По указанным причинам цель функционирования сложных систем достигается в вероятностном смысле. Например, валовые сборы зерновых колосовых культур, несмотря на целенаправленную работу по увеличению, по годам изменяются не всегда в желаемую сторону при общей тенденции роста.

Вероятностный характер функционирования рассматриваемой совокупности элементов указывает на то, что свойства системы использования сельскохозяйственной техники не является аддитивной суммой свойств составляющих ее элементов. В этом случае изучение каждого отдельного элемента не дает в целом адекватные знания об их совокупности.

Адекватное знание о закономерностях функционирования отмеченной системы, взаимосвязях выходных параметров с входными, управляющими факторами могут быть получены в результате ее системных исследований как сложной технической вероятностной системы. Необходимый этап системных исследований - обоснование методики математического моделирования предмета изучения, позволяющей создать его адекватную модель.

С целью обоснования указанной методики были поставлены вопросы: выявления общих закономерностей технологических процессов растениеводства, классификации задач моделирования аспектов использования сельскохозяйственной техники, изучения применимости обоснованных методов на конкретном примере.

Выполненный ранее анализ технологий возделывания и уборки сельскохозяйственных культур и соответствующего машиноиспользо-вания установил характерные периоды: ранневесенний, весенний, предуборочный, уборочный, послеуборочный осенний и зимний.

Общие признаки характерных периодов исследуемого процесса: наличие основных (машинно-тракторные агрегаты, силосо-, кукурузо-, кормо-и зерноуборочные комбайны) и обслуживающих их вспомогательных машин (транспортные средства, агрегаты технического обслуживания, средства заправки топливом, смазкой и технологическими материалами, передвижные ремонтные мастерские), действие случайных факторов, обработка предмета труда по определенным правилам, определяющим организацию использования сельскохозяйственной техники по периодам.

Отмеченные признаки характерны для систем массового обслуживания (СМО) известных из теории массового обслуживания (ТМО) /143, 144/. Последняя направлена на получение необходимых для оценки систем использова-

ния сельскохозяйственной техники количественных оценок: вероятность простоя основных и вспомогательных машин, продолжительность ожидания обслуживания, коэффициенты загрузки основных и вспомогательных машин, характеристики технологических запасов и заделов, средняя продолжительность восстановления, вероятность выполнения обслуживающих работ в срок. Под обслуживающими работами в данном случае понимаем не только ремонтно-техническое, автотранспортное, но и обслуживание массива, порций зерна, семян, удобрений машинно-тракторными агрегатами и т.д.

Применительно к системе использования сельскохозяйственной техники терминология ТМО может быть изложена в следующей интерпретации.

СМО - техническая система, включающая в себя взаимосвязанную совокупность обслуживающих и обслуживаемых объектов (машинно-тракторные агрегаты, транспортные средства, технологическое < оборудование, ремонтно-обслуживающие средства), технического персонала (трактористы, комбайнеры, водители транспортных средств, ремонтные рабочие и др.), объединенных технологическим процессом производства продукции растениеводства и рассматриваемую как относительно изолированный объект. Элементами СМО являются ее составные части, имеющие самостоятельную характеристику надежности.

Под требованием понимается запрос на выполнение какого-либо обслуживания: наступление агросрока сева и соответствующего почвенно-климатического состояния на заданных полях; созревший хлебный массив, подготовленная под вспашку почва и т.д. Требованиями на обслуживание являются: заявка на перевозку семян со склада на поле или удобрений; возникшая потребность в ремонте или техническом обслуживании, запрос на технологическое обслуживание.

Применительно к технологии производства и обработки сельхозпродукции в качестве требований можно рассматривать поступающий дискретно (реально или условно) предмет труда. Например, удобрение загружается погрузчиком в виде порций, так же дискретно удобрение поступает в роле и там потележечно, побункерно вносится. Зерновой ворох от комбайнов поступает по бункерам, причем в транспортное средство отгружается целое число бункеров, далее поток также дискретный. Условно можно предположить порции зернового вороха в валках или в хлебном массиве: они реально существуют, однако еще не разделены на момент нахождения в валко (хлебостое). Можно подсчитать, сколько в среднем за день созревает порций, зная урожайность и площадь. Точно так же можно определить количество автомашин груза в складе удобрений, зная их общую массу и фактическую грузоподъемность транспортного средства. Физическая основа дискретности указанных потоков в том, что они состоят из отдельных зерен, гранул удобрений, семян, стеблей, валков и т.д.; определяются шагом расстановки лап культиваторов, отвалов плугов, зубьев борон, сошников сеялок. В общем виде потоком требований, могут быть единичные материальные объекты или их совокупности, нуждающиеся в обработке в соответствии с технологическим процессом, т.е. предмет труда.

Требования на проведение техобслуживания и устранения отказов приня-

то называть объектами обслуживания. Множество требований или единичных неделимых объектов и их совокупностей является обслуживаемой системой: удовлетворение требований составляет процесс обслуживания. Например, восстановление работоспособности отказавшей машины является процессом обслуживания. В процессе функционирования обслуживающая система может быть обслуживаемой, если рассматривать последовательные операции: автомашины обслуживают зерноуборочные комбайны, а разгрузчики пункта накопления зерна обслуживают автомашины: силосоуборочный комбайн загружает, тем самым обслуживая транспортные средства, а передвижная ремонтная мастерская обслуживает отказавший силосоуборочный комбайн.

Входящий поток заявок на обслуживание может быть регулярным или случайным. В регулярном потоке заявки поступают в систему через строго одинаковые интервалы времени. В системах эксплуатации сельскохозяйственной техники регулярные потоки встречаются редко. В частности, регулярным может быть поток загружаемых на пункте накопления зерна автомашин при условиях: наличие очереди порожних транспортных средств и надежная работа погрузочного транспортера. В регулярном потоке интервалы между поступлениями заявок Δt определяемые как промежуток времени между моментами поступления предыдущего и последующего объекта $\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$ равны друг другу $\Delta t_1 = \Delta t_2 = \ldots = \Delta t_{i-1} = \Delta t$ /176/. Наиболее часто встречаются такие потоки, при котором объекты поступают в обслуживающую систему в произвольные моменты времени, то есть следующие от начала обслуживания друг за другом заявки поступают в моменты времени соответственно t_1 , t_2 , t_3 ,..., t_{i-1} , t_i , t_{i+1} . В этом случае промежутки времени между моментами поступления заявок с вероятностью, практически равной единице, не равны между собой /58, 87/. Подобные потоки возникают в процессах эксплуатации сельскохозяйственной техники при наличии случайных внешних и внутренних воздействиях. Например, каждая составляющая часть эксплуатируемых машин имеет собственный ресурс, при выработке которого происходит отказ того или иного агрегата и появляется потребность в ремонтно-обслуживающем воздействии. Число составляющих частей в эксплуатируемом парке машин достаточно велико, ресурсы деталей и условия работы различны, поэтому совокупный поток заявок, испускаемый парком машин сельскохозяйственного предприятия, мы можем изучать как стохастический, а его параметры могут быть определены в вероятностном смысле. Практически невозможно предсказать последовательность выхода из строя деталей и уловить связь между отдельными отказами. Как показал анализ предыдущих исследований, отмеченные потоки описываются случайными законами.

Случайными также являются потоки обслуживаемых предметов труда технологических процессов из-за изменения влажности почвы (вначале была низина с большей влажностью, потом пригорок с подсохшей почвой), сопротивления передвижению агрегата (чаще или реже забиваются сошники, изменяется реакция тракториста на внешние условия). Время от времени возникают отказы техники, требуются технологические перерывы и т.д. В итоге, замеряя

промежутки времени между окончаниями обработки очередных гектаров поля с достаточной повторностью мы неизбежно фиксировали бы наличие случайных потоков.

В практике имеют место случаи группового поступления заявок (к реммастерской подошла машина с несколькими отказами). В этом случае целесообразно считать заявкой один групповой объект. Встречаются ординарные потоки: транспортные средства на подвозе в поле семян, удобрений и отвозе собранного урожая, требования на ремонтно-обслуживающие воздействия, различные потоки порций обрабатываемого материала, проходящие последовательно различные фазы реальных технологических процессов, формально отображаемых в виде *СеМО*. Поток случайных событий обычно не имеет последствия. Например, хотя уборка зерновых колосовых культур и осуществляется по заранее намеченному плану, объем собранного зерна по дням, исключая первый и последний не зависит от сбора зерна в предыдущий день. Производительность уборочных машин зависит от конкретных условий: урожайности, влажности, высоты хлебостоя, полеглости, засоренности, индивидуальных качеств комбайнера и не зависит от выработки в предыдущий день. Точно так же поток заявок на эксплуатационный ремонт не зависит от предыдущего объема работ, а определяется физикой процесса изнашивания машин и действием случайных факторов.

В теории массового обслуживания для случаев, имеющих аналитическое описание, рассматривается только простейший входящий поток объектов обслуживания. Из практики исследований известно, что при анализе систем массового обслуживания в большинстве случаев можно получить вполне удовлетворительные результаты, заменяя входящий поток любой структуры простейшим потоком объектов с той же плотностью.

В многофазных процессах, какими являются процессы использования техники в растениеводстве, выходящий поток предыдущей фазы является входящим для последующей. Для зерноуборочных комбайнов зерновой ворох является выходящим потоком, а для подсистемы автотранспортного обслуживания - входящим. Часть агрегатов разделяет входящий поток: хлебостой разделяется комбайнами на зерновую часть и незерновую часть урожая (НЧУ); входящий поток в виде поля с копнами в подсистеме уборки незерновой части урожая разделяется на подготовленное для лущения поле и свезенную к месту скирдования НЧУ.

Другая часть агрегатов соединяет потоки: входящие требования на сев (подготовленное поле, поток семян, поток удобрений) объединяются в выходном потоке - засеянном поле.

В *СеМО* выходящий из предыдущей фазы поток не обязательно может быть луассоновским, в этом случае аналитические методы ТМО дают в среднем 3-5 %, максимально 10-12 % погрешности результатов расчетов. Число требований может быть ограниченным (количество обслуживаемых ремонтной мастерской тракторов) или практически неограниченным. В первом случае "закрытая система" - обслуженное требование, например, отремонтированный

трактор возвращается в обслуживаемую систему, во втором случае - "открытая система" - возврат необязателен. Обслуживаемая система состоит из средств обслуживания, под которыми в данном случае понимается группа машин (посевное звено, уборочное звено, пахотный отряд и т.п.) или отдельный агрегат, машина (ремонтная мастерская, силосоуборочный комбайн, транспортное средство и т.п.) и обслуживающий их персонал. Технические средства, занятые на технологической операции возделывания (уборки, заготовки) условились называть основными машинами, а обслуживающие их машины - вспомогательными. Совокупность единичных неделимых основных машин составляет производственную подсистему, а совокупности вспомогательных машин - обслуживающие подсистемы. Как правило, в системе использования сельскохозяйственной техники на одну производственную подсистему приходится несколько обслуживающих подсистем (транспортных, техобслуживания и ремонта, культурно-бытового обслуживания и др.).

Главным признаком, дающим право отнести производственную или обслуживающую подсистему к какому-либо типу, являются закономерности обслуживания: с отказами, с очередью.

Пример системы с отказами: трактор отказал, а ремонтная мастерская не прибыла и тракторист устранил отказ сам. Требование для обслуживающей системы оказалось потерянным. Образование СМО с отказами происходит в случаях: недостатка вспомогательных машин, невозможности образования очередей. Возникновение систем с отказами наиболее характерно для неблагоприятных погодных условий, нерациональной организации процесса, недостаточно четкой системы оперативного управления, систем с избытком основных машин, когда вышедшие из строя не ремонтируются в данный сезон (весенний сев в агросроки может быть закончен в срок: и без ремонта вышедшего из строя посевного агрегата).

Продолжительностью обслуживания считается период времени обработки требования (предмета труда в фазе процесса, заявки на ремонт в мастерской и др.). Например, за один час пахотный агрегат обработал один гектар, который выступает в виде единичного требования, - это и есть время обслуживания одного требования.

Эффективность функционирования СМО зависит от дисциплины обслуживания. Она определяет порядок распределения требований между свободными средствами обслуживания и поведение требований, поступивших в систему обслуживания. Эффективность в каждом конкретном случае использования техники имеет свой смысл и выражается различными количественными показателями: математическое ожидание очереди на обслуживание, вероятность обслуживания за единицу времени, коэффициент простоя или загрузки, вероятность отсутствия очереди и др. Для каждого конкретного случая, характерного периода полевых работ, технологического процесса, цели моделирования - определяются количественные показатели эффективности. Под эффективностью функционирования основных и вспомогательных подсистем использования сельскохозяйственной техники будем понимать степень удовлетворения

агротребованиям при имеющихся материальных и трудовых ресурсах, при этом имеется в виду надежность выполнения операций обслуживания на заданном нормативном коэффициенте технического использования уровне. При решении задач повышения эффективности СМО обычно определяются зависимости между результатами функционирования и потоком требований, временем обслуживания, структурой процесса, наличием машин. Выявляются условия, при которых функционирование будет оптимальным: какая структура обеспечивает обслуживание, сколько необходимо основных и вспомогательных машин, потребность в резервах, требуемый режим работы, необходимые затраты времени обслуживающих подсистем. Определяя указанные условия, тем самым устанавливают соотношение между основными и вспомогательными машинами, согласовывают пропускные способности фаз процессов, уровня технологических заделов и производственных запасов. Использование для решения отмеченных задач детерминированных (в той или иной части расчетов) методов, равно как и применение для различных подсистем неодинаковых методов или подходов моделирования не позволяет адекватно определить перечисленные условия, так как она .либо не учитывает случайный характер происходящих процессов, либо дает несопоставимые результаты. В итоге на одних операциях использование техники будет планироваться с перегрузкой, агрегаты не справятся с работой в срок, а на других будут частично простаивать. Задачи массового обслуживания системы эксплуатации с.-х. техники можно разделить на группы.

Решение задач первой из них связано с определением вероятностей состояний системы (вероятность обслуживания в системе с отказами, вероятность занятости всех машин системы обслуживания, вероятность нахождения в очереди не более заданного времени, вероятность отказа в обслуживании или потери продукции, вероятности начала обслуживания заявки в момент поступления). На основании полученных вероятностей можно выяснить, справляется система с обслуживанием или работает с перегрузкой; насколько велики потери в системе; какова вероятность наличия межоперационного задела; устойчива ли работа многофазовой системы.

Решение задач второй группы позволяет определить число средств обслуживания с учетом их производительности: например, сколько необходимо ремонтных мастерских для обслуживания работающих в данный сезон в поле машин.

Решение указанных вопросов дает основание для решения задач третьей группы: обеспечение надежности и устойчивости технологических процессов возделывания, уборки и заготовки сельхозпродукции, причем процессы рассматриваются как сети систем массового обслуживания (СеМО).

Решение задач четвертой группы будет иметь прикладное значение в будущем, когда получат развитие АСУ технологическими процессами в колхозах, совхозах, РАПО. Их решение связано с организацией обслуживания запросов, поступающих в автоматизированную систему. В результате можно определить потребность в объеме оперативной информации, размещаемой в ОЗУ, на гиб-

ких магнитных дисках и т.д.

Решение задач пятой группы позволяет анализировать качество отдельных машин, систем обслуживания, СеМО и на основании анализа делать вывод о наиболее рациональной структуре системы, необходимых технологических заделах и запасах, необходимых производительностях фаз процессов. С использованием различных методов моделирования технологических процессов как СМО теоретически возможно обоснование параметров предполагаемых машин, исследование возможности использования новой техники. Важными также являются вывозы о соотношениях параметров фаз СеМО и вариантов структур по эффективности, порученные по результатам моделирования СеМО и СМО. Они позволяют выбрать оптимальный вариант структуры, или соотношение параметров. Например, технологический процесс погрузки зерна на пункте его накопления, перевозки автомашинами на хлебоприемный пункт с последующим взятием проб и взвешиванием может быть представлен как СеМО. Она будет иметь следующие фазы: погрузка на автомашины, транспортировка, взятие пробы, взвешивание, разгрузка. Каждая из фаз является системой массового обслуживания. Поток обслуживается одним или несколькими погрузчиками. Обслуженные автомашины перевозят зерно на хлебоприемный пункт, при этом имеет место обслуживание погруженных партий зерна транспортной системы, "автомашина – дорога – водитель - окружающая среда". Последняя, а также водитель и дорога вносят определенные коррективы в составленный план перевозок: из-за влияния случайных факторов продолжительность рейса является стохастическим параметром. Фазы взятия проб и взвешивания, разгрузки аналогично могут быть представлены как системы массового обслуживания.

Решение указанных вопросов проектирования систем эксплуатации сельскохозяйственной техники требует использования методов математического моделирования ввиду сложности, а подчас и невозможности организации натурного эксперимента. В частности, математическое моделирование применяется при исследованиях эксплуатации уборочной техники. Разработанные к настоящему времени программы моделирования уборочно-транспортных и заготовительных процессов написаны на процедурных языках. Однако их использование, как показал Т.Дж. Шрайбер, достаточно трудоемко. Единая методика моделирования технологических процессов, представленных в виде последовательности технологических операций, предполагает следующие общие для различных систем моменты:

использование генераторов случайных чисел;

средства, помогающие "разыгрывать" случайную величину по эмпирическим или теоретическим законам распределения;

встроенный таймер модельного времени;

автоматическое выполнение некоторых логических операций (проверка состояния очереди и др.);

продвижение таймера до времени возникновения ближайшего события;

присвоение приоритетов и передача управления в ту часть модели, которая содержит алгоритм обработки ближайшего события:

сбор стохастических данных в заданных местах модели;

реализация дисциплины обслуживания; распечатка результатов /509/.

Язык GPSS учитывает эти моменты с помощью специальных операторов и процедур, что значительно сокращает трудозатраты на создание модели.

На основании анализа зарубежного опыта установлены следующие преимущества использования системы GPSS: компактность моделей - вследствие того, что в язык встроено максимально возможное число логических программ, сокращение трудоемкости создания моделей больших систем в месть раз.

Отечественным аналогом системы GPSS является пакет прикладных программ для моделирования на ЭВМ сложных дискретных систем (ПМДС).

Задача применимости моделирования систем эксплуатации сельскохозяйственной техники системой ПМДС решалась на примере уборочно-транспортного и заготовительного процесса - наиболее сложного процесса эксплуатации сельскохозяйственной техники. Задача разработки динамической модели отмеченных процессов поставлена академиком РАСХН Э.И. Липковичем. На моделях, имитирующих реальный процесс, могут быть решены перечисленные группы задач, в том числе (согласование производительностей отдельных элементов, обоснование уровней запасов и заделов, выбора методов резервирования исследования устойчивости и надежности систем, в условиях действия случайных факторов). Блок-схема моделирования составляется из стандартных блоков в соответствии с реально отображаемой системой. Пошаговое выполнение процедур символически изображается в виде передачи управления от одних блоков к другим. В концепции передачи управления от блока к блоку имеет специфические особенности. Конфигурация блок-схемы отражает направления, по которым происходит движение перемещающихся элементов. Каждый такой элемент называется транзактом. Транзакты являются динамическими, (т.е. движущимися) элементами GPSS - модели. Работа последней заключается в перемещении транзактов от блоков к блокам /509/.

В самом начале моделирования в GPSS - модели нет ни одного транзакта. В процессе моделирования транзакты входят в модель в определенные моменты времени в соответствии с теми логическими потребностями, которые возникают в моделируемой системе. Транзакт перемещается от блока к блоку, причем они представляют собой точки обращения к подпрограммам. Конечные блоки являются точками вывода транзактов. Аналогично работает система ПМДС. Предпосылкой возможности применения системы ПМДС как единой методики моделирования систем эксплуатации сельскохозяйственной техники являются описанные особенности технологического процесса ее использования. Предмет труда выступает в качестве транзактов, обслуживаемых в СеМО, которые идентифицируются пакетом ПМДС.

Условно считали, что обслуживания выполняются в "устройствах". В качестве "устройств" могут выступать как единичные объекты и машины (линии зерноочистительных комплексов), так и их совокупности (звенья зерноуборочных комбайнов, жаток, автоотряды и др.).

Моментом поступления транзакта в модель является, для рассматривае-

мого примера: УТЗП (рис.7.2).созревание очередной партии (порции) массива.
Заделы по операциям УТЗП

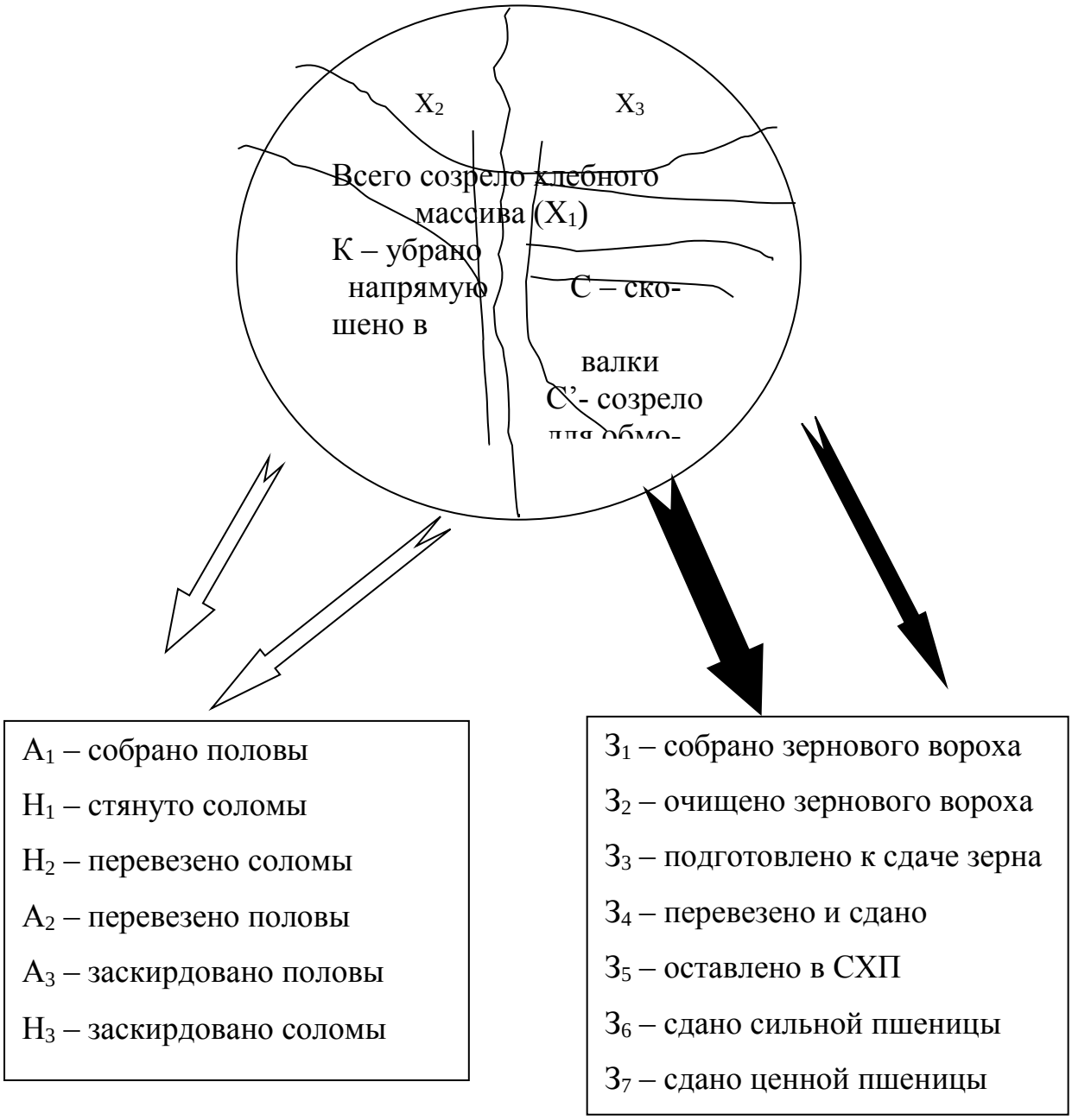


Рис.7.2

Созревание хлебного массива - сложное явление, на него влияет множество различных факторов, поэтому даже посеянные в одинаковых условиях семена дают растения, колоски которых созревают не одновременно. В общем случае созревание урожая, почвы для посева, условий для внесения удобрений и т.п. может быть интерпретировано неслучайной функцией от времени и случайных параметров η_1 , η_2 , ..., $x=x(t,\eta_1 , \eta_2 ...)$.

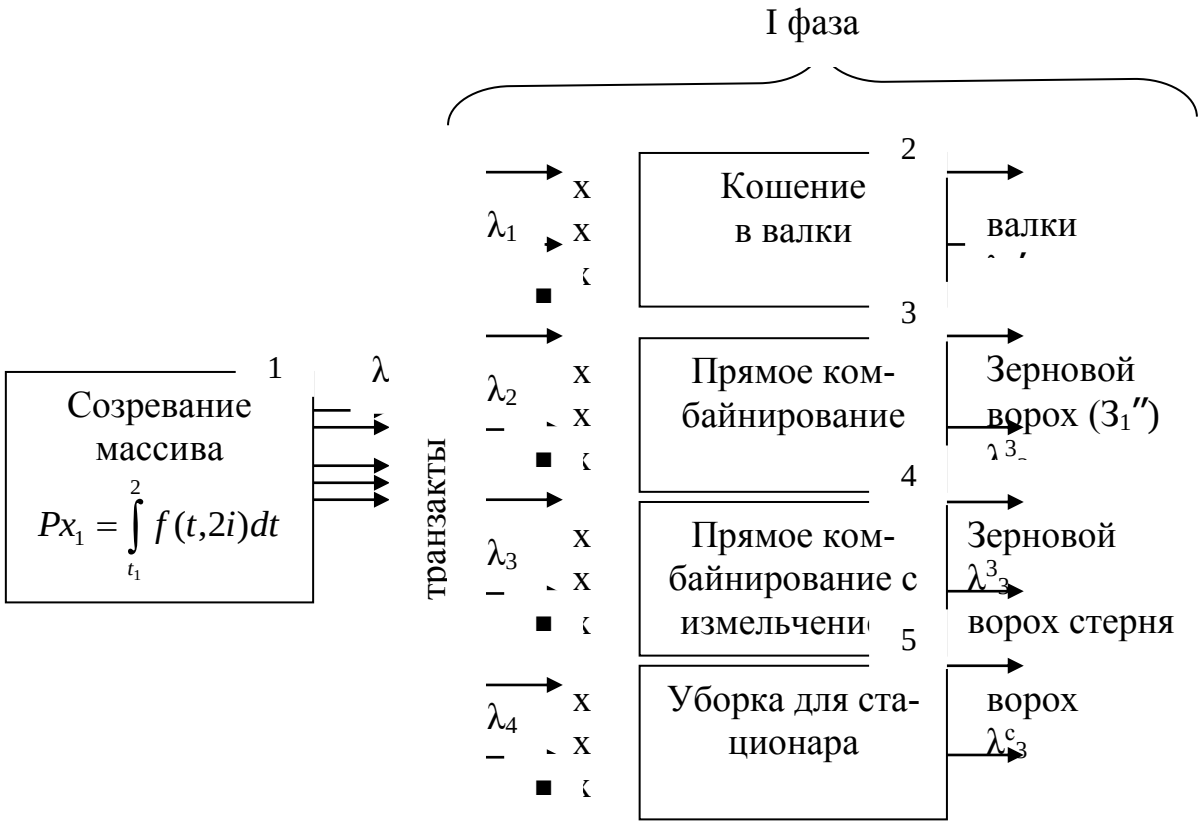
В нашем примере входной процессе задачи описан эмпирическими дан-

ными. Созревающий массив либо скашивается в валки, либо обмолачивается напрямую, либо убирается для обработки на стационаре. Необходимо существование некоторого технологического задела в виде созревшего массива, который необходим для бесперебойной работы жаток, зерноуборочных комбайнов, полевой универсальной машины типа МПУ. Задел должен быть оптимальным. Оптимальность определяется двумя факторами: с одной стороны, слишком малый задел может вызвать, в условиях действия случайных факторов, простой жаток, комбайнов или МПУ из-за отсутствия фронта работ и, с другой стороны, возможны потери урожая из-за значительного задела в виде созревшего, но не убранного массива (рис.7.2).

С целью моделирования по системе ПМДС представили созревание массива и

его обработку в виде материального потока, который время от времени разделяется. Имеет место следующая схема (см. рис.7.2): за промежуток времени Δt_i созревает элементарная порция массива *dx*, .вся совокупность которых составляет $\rho = \int_{t_1}^{t_2} f(t, \eta_i) dt$.

Устройство I УТЗП



■ - ограничитель задела

x - задел

Рис.7.3

Из этого массива формируются материальные потоки λ_1 , λ_2 , λ_3 и λ_4. Первая фаза процесса приводит к разделению потока в элементе 2 и 3 на два (незерновую и зерновую части урожая). Закономерности обработки потоков λ_1 , λ_2 , λ_3 и λ также могут быть интерпретированы в виде гистограммы. Интересно отметить, что в первой фазе материальные потоки приобретают четко выраженный дискретный характер: бункер зерна, копна соломы, валок скошенного массива, на основании чего предположили неявное существование соответствующих порций (транкзактов) еще в созревающем массиве.

Действительно, убираемый массив в будущем обязательно делится на порции зерна, копны, га убранной площади за минуту, час, смену и т.д., то есть транзакты существуют физически во все время протекания уборочно-транспортного и заготовительного процесса. Во вторую фазу (см. рис.7.4) поступают валки, которые обмолачивают с запаздыванием, необходимым для их подсыхания до кондиционной влажности. Если задел по валкам недостаточен, обмолачиваются недосохшие растения, если задел велик, колоски пересыхают и зерно осыпается: во время дождей зерно в валках прорастает, ветром валки может разметать по полю, при этом потери урожая достигают 40-70 %. Следовательно, и в этом случае величина задела должна быть обоснована с точки зрения минимизации потерь урожая. Во второй фазе (см. рис.7.4) продолжается разделение материальных потоков. Выходом операций фазы являются: зерновой ворох $З_1 = З_1' + З_1'' + З_1'''$, незерновая часть урожая (НЧУ) на поле и убранная по технологии с измельчением, задел по уборке НЧУ и лущению стерни. При уборке незерновой части урожая копны доставляют к месту скирдования. Выходом совокупности операций является площадь под лущение и солома в скирдах (рис.7.5).

Для лущения и вспашки входящим потоком являются площади, освобожденные от НЧУ. Вспашка следует за лущением, поэтому необходим задел, сглаживающий случайности входящего потока как перед лущением, так и задел, компенсирующий фактическое рассогласование лущения и вспашки (рис.7.6).

Выходной поток исследуемого процесса представлен по рассмотренным операциям (рис.7.5, 7.6) заскирдованной НЧУ и подготовленным для дальнейшего участия в севообороте полем.

Поступающий от комбайнов зерновой ворох подлежит перевозке на пункты накопления зерна с последующим разделением на зерно и отходы линией предварительной очистки зерноочистительного агрегата типа ЗАВ (рис.7.7): в каждой операции происходит разделение материальных потоков: на загруженные автомашины и зерноуборочные комбайны с пустым бункером; отходы и очищенный ворох (зерно). После предварительной очистки следует первая, и, с вероятностью $\rho\beta$, вторая очистка на соответствующих линиях ЗАВ.

Устройство II

II фаза

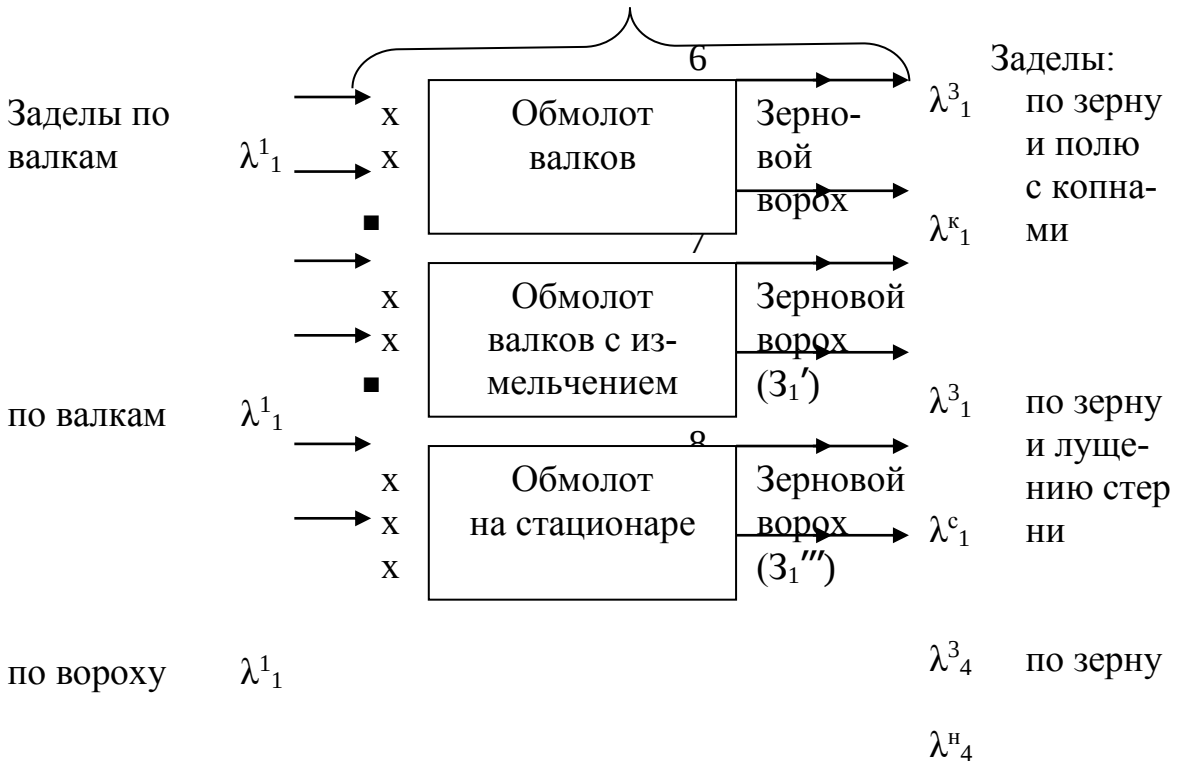
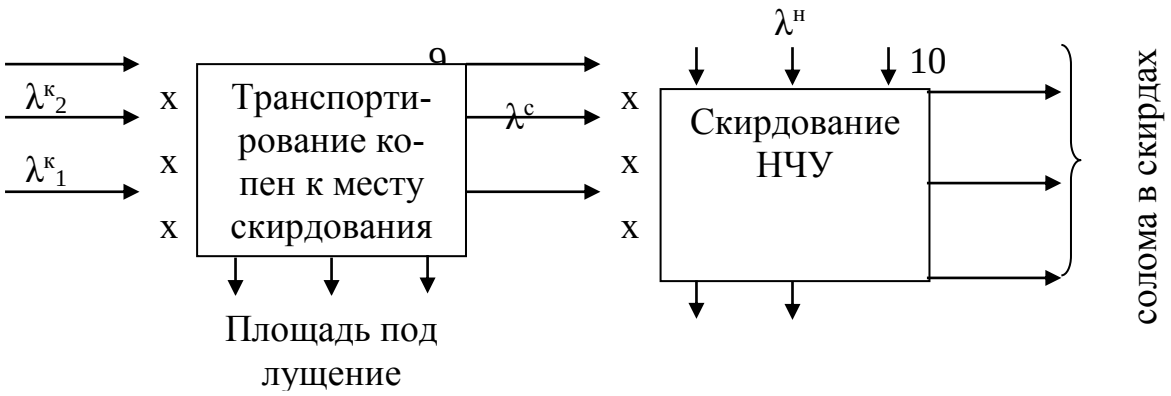


Рис.7.4

Подготовленное на линиях очистки ЗАВов зерно накапливается в заданных объемах, затем грузится на автомашины, сдается на хлебоприемный пункт (рис.7.8). Накапливание зерна предусмотрено технологией перевозки автоотрядами с целью его загрузки на одну или несколько смен.

Рассмотренные фазы исследуемого процесса вошли в основу разработки имитационной модели, с использованием пакета прикладных программ для моделирования на ЭВМ сложных дискретных систем. В начале синтезировали блок-схему УТЗП из устройств (7.4) – (7.8). Участвующие в каждой фазе процесса машины, оборудование, трудовые ресурсы представлены в виде подсистем, имеющих вход, выход, механизм функционирования, приоритет очереди, качественные и количественные характеристики материальных потоков.

Устройство III УТЗП



Обработка поля, освобожденного от незерновой части урожая

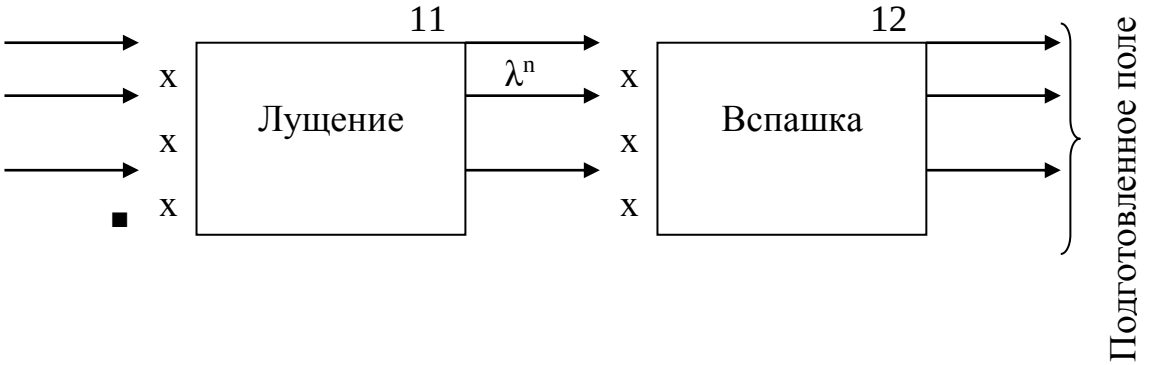
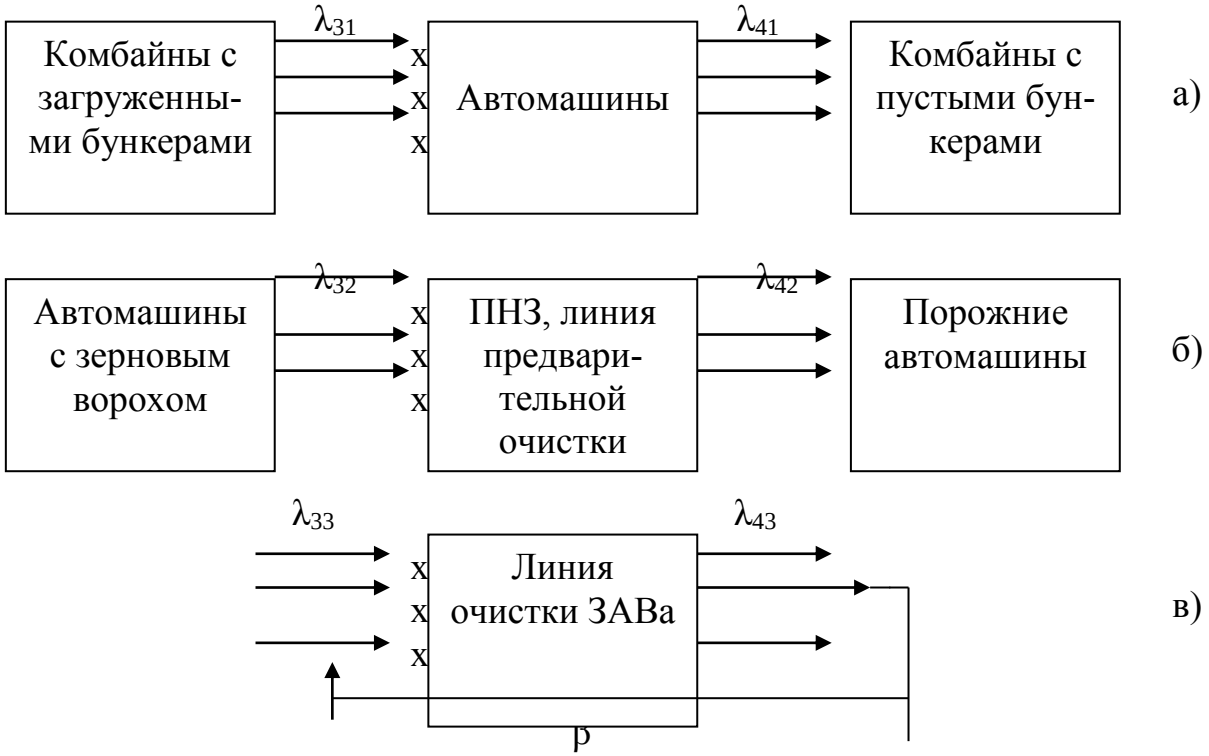


Рис.7.5

Устройство IV УТЗП

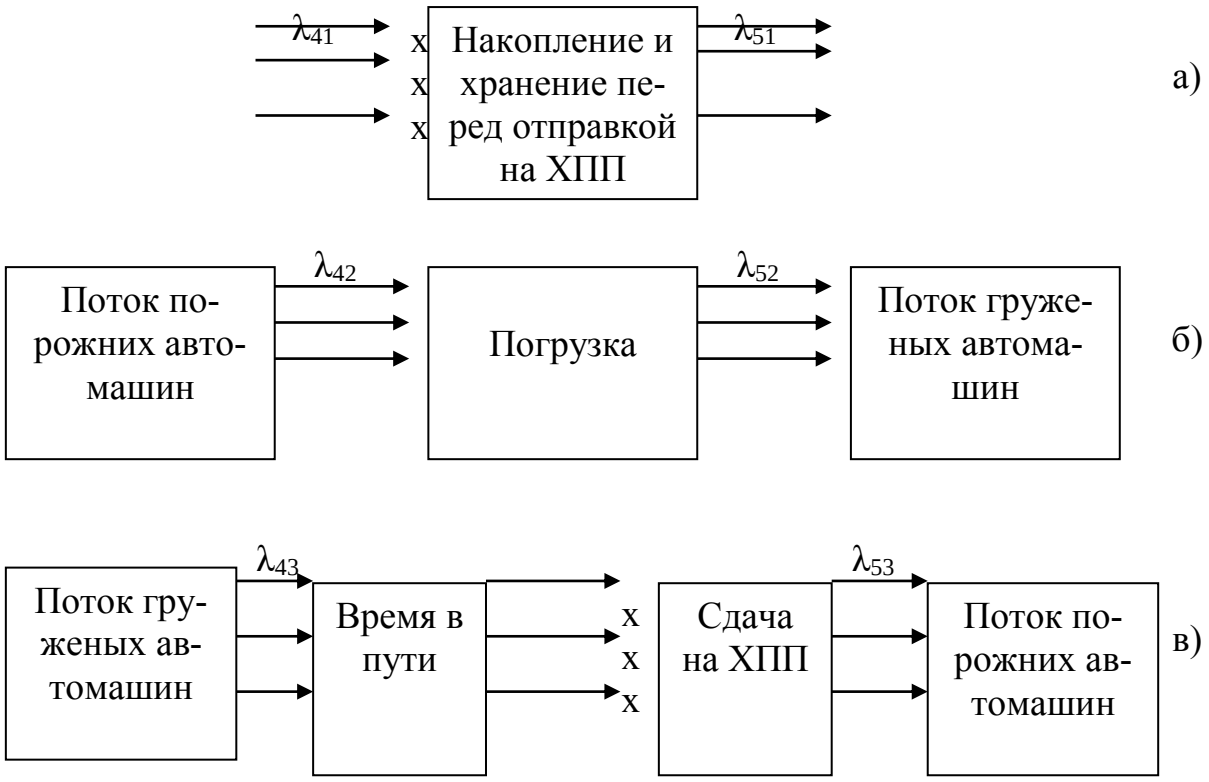


а – перевозка зерна от зерноуборочных комбайнов,
б – обработка машины на ПНЗ,
в – обработка зерна на ЗАВе

Рис.7.6

Блок-схема была переведена на язык символов GPSS. Исходные данные для моделирования были выбраны из оперативной отчетности Егорлыкского РАПО и вначале представлены в виде массивов, характеризующих свал массы в валки (FN¤SVAL), прямое комбайнирование без (FN¤PR) и с измельчением (FN¤PRI), сбор массы для стационара (FN¤STAC), перевозка зернового вороха от комбайнов на зерноочистительный комплекс (FN¤GS), предварительная очистка (FN¤OCHPI), первичная очистка (FN¤OCHP2), погрузка на пункте накопления зерна и перевозка (FN¤PIPE), сдача на хлебоприемный пункт (FN¤GS), уборка соломы по копенной технологии (FN¤GS), лущение (FN¤L), безотвальная вспашка (FN¤BOBP), вспашка отвальная (FN¤OBP), перевозка измельченной соломы (FN¤ОГС), скирдование соломы (FN¤CCP), перевозка массы на стационаре (FN¤PZS), обмолот на стационаре (FN¤OPS), обмолот с измельчением (FN¤OJSV1), обмолот без измельчения (FN¤OSV), а также сушка в валках и созревание массы.

Устройство V УТЗП



а – подготовка зерна к отправке,
б – погрузка зерна на ПНЗ,
в – сдача зерна государству

Рис.7.7

Блок – схема алгоритма моделирования УТЗП

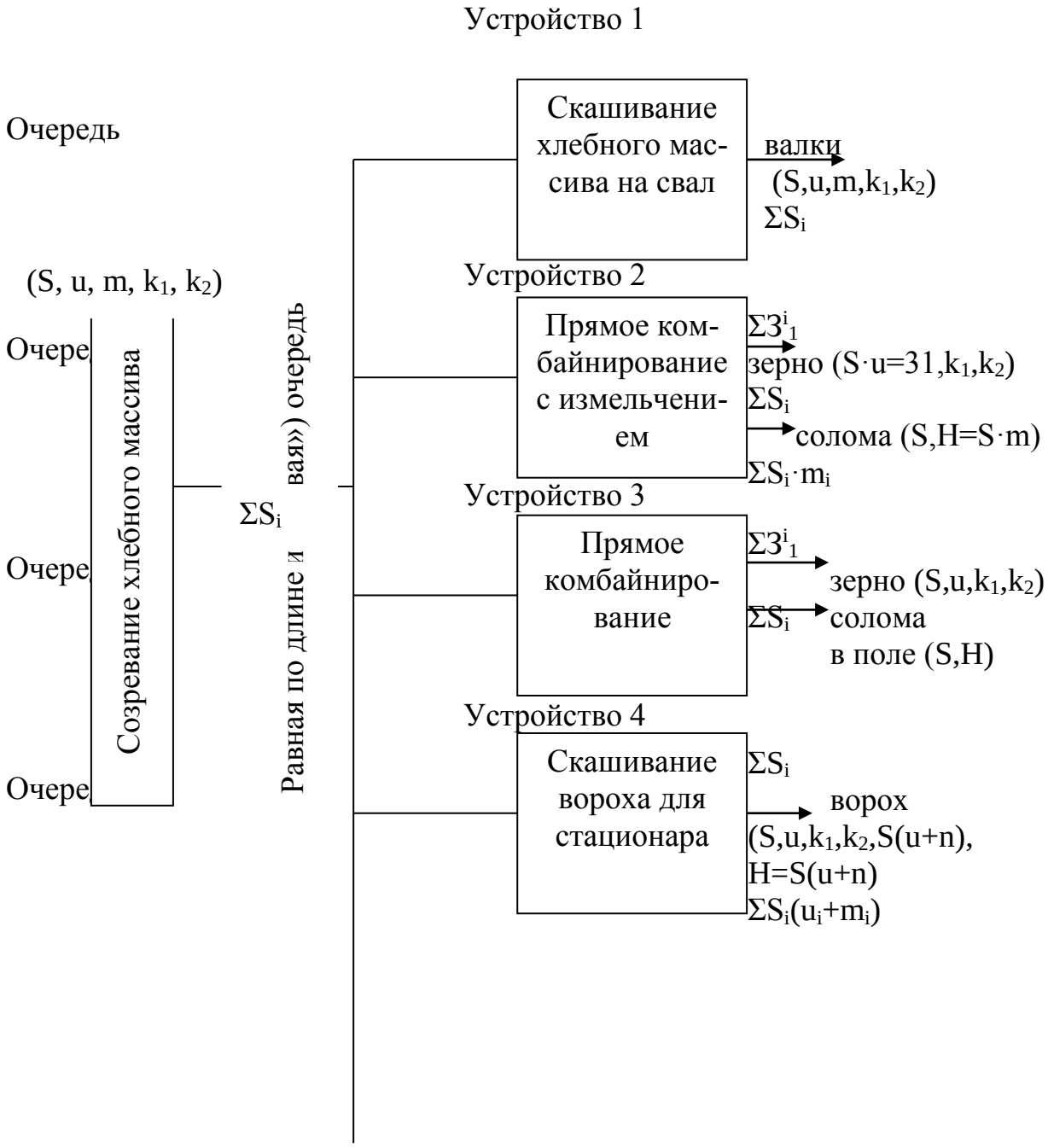


Рис.7.8

7.4. Выводы

7.4.1. Исследование режимов работы комплексов машин предлагается выполнять на модели, основанной на представлении процесса функционирования в виде абстрактного математического объекта – агрегата, имеющего входные, выходные и управляющие и конструктивные параметры, причем в агрегате происходит обслуживание «транкзанта» по методике Дж. Шрайбера.

7.4.2. Разработано форматированное описание процесса машиноиспользования на примере УТЗП, разработаны структуры устройств, входящих в обобщенную модель системы ЭМТП. Структура модели идентична процессу машиноиспользования в напряженный период ЭМТП.

7.4.3. Для решения практических задач надежности и эффективности технологических систем ЭМТП предлагается разработанная модель на основе системы моделирования дискретных систем GPSS Мичиганского университела. Данная система является обобщающей и включает: использование генераторов случайных чисел, разыгрывание случайной величины по выявленным эмпирическим или теоретическим законам распределения; встроенный таймер модельного времени, автоматизацию логических операций проверки очереди (заделов, запасов), продвижения таймера до ближайшего события, сбор стохастических данных о процессе, реализацию установленной дисциплины очереди.

7.4.4. Модель GPSS описывает ЭМТП как СеМО, имеющую соответствующие технологическим операциям фазы, между которыми по определенным технологией правилам циркулируют транкзакты, образуя входящие и выходящие потоки, которые описываются законами распределения. Модель состоит из устройств (блоков), соответствующих технологическим операциям. Пошаговое выполнение процедур моделирования символически изображается на схеме алгоритма в виде передачи управления от одних блоков другим. Конфигурация блок-схемы отражает направления, по которым движутся транкзакты, а блоки имитируют операции (фазы, посты) процесса.

7.4.5. Работа модели заключается в перемещении транкзактов, что позволяет использовать ее как универсальную для всех периодов машиноиспользования, позволяющую исследовать общие системные свойства: эффективность и надежность, а также согласовывать производительности операций (фаз) процесса, обосновывать уровни межоперационных запасов (заделов) выбирать метод резервирования.

8. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ МАШИНОИСПОЛЬЗОВАНИЯ

8.1. План и методика экспериментальных исследований

8.1.1. Сбор данных во время экспериментальных исследований, производственная апробация, экспериментальное внедрение проводились по плану НИР ВНИПТИМЭСХ и ВИМ в соответствии с заданиями ГКНТ и ВАСХНИЛ, впоследствии РАСХН.

Основная задача методики сбора исходных данных и планирования экспериментов состояла в обеспечении достоверности исследований, и была построена на теории вероятностей, теории планирования эксперимента. Требуемая доверительная вероятность – 0.95…0.90 при погрешности не белее 10%, что является общепризнанной нормой для исследований сложных систем, так как в данном случае безопасность трудовых ресурсов не затрагивается: отказ МТА не приводит к травмам, а влечет только материальные издержки. Экспериментальные исследования выполнялись в масштабах сельскохозяйственных предприятий и области на протяжении десятилетий (табл. 8.1).

Таблица 8.1

Реализация экспериментальных исследований и апробаций

№ п/п	Этап работ	Полученные результаты	Место выполнения работ	Сроки работ
1	2	3	4	5
1.	Сбор экспериментальных. данных по потокам отказов и восстановлений при посеве, вспашке, уборке и др.	Массивы данных об отказах и обслуживании, влиянии факторов производства для моделирования на ЕС ЭВМ	Пролетарский, Верхнедонской, Зерноградский, районы Ростовской области	1980 1981 1981 1984-1986, 1989-1994
2.	Производственный эксперимент по УЗТП	Данные о потоках входных, выходных параметров	Егорлыцкий район Ростовской обл.	1982-1983
3.	Производственная апробация системы УТЗП на ВУМС и ЕС ЭВМ	Закономерности УТЗП и данные по эффективности ЭМТП	Егорлыцкий район, Кагальницкий район	1983-1985 1985 1986
4.	Эксперимент по управл.	Массивы данных	ОПХ НПО	1990

	ЭМТП на базе IBM		«Дон»	1991

Продолжение табл.8.1

1	2	3	4	5
5.	Апробация методов управления ЭМТП	Доработка программ для IBM	ОПХ НПО «Дон»	1991
6.	Внедрение подсистемы управления на ЭВМ IBM	Проверка эффективности	ОПХ НПО «Дон»	1992
7.	Адаптация результатов исследований к рыночным условиям	Доработка программ, сбор данных,	К(Ф)Х Зерноградского АККОР	1992-1995
8.	Внедрение в новых условиях для новых ЭВМ	Проверка эффективности	К(Ф)Х	1994-1998

8.1.2. Основные методы сбора данных – хронометражные наблюдения по известным методикам. Необходимое количество повторностей (количество элементов в массивах, количество реализаций на ЭВМ) определялось методами теории вероятностей, на основании: закона больших чисел: центральной предельной теоремы, теоремы Чебышева

$$P(/x_n - a/ < \varepsilon) > 1 - \delta, \qquad \textbf{(8.1)}$$

обобщенной теоремы Чебышева и Маркова, следствий указанных теорем, а также теорем Бернулли и Пуассона, - с целью обеспечения достоверности информационного обеспечения моделей.

Был использован Байесовский подход. Задача была поставлена следующим образом /58/. Имеется полная группа несовместных гипотез $H_1, H_2, \ldots H_n$. Вероятности гипотез до опыта известны и равны соответственно $P(H_1), P(H_2), \ldots, P(H_n)$. Были проведены опыты, в которых наблюдалось некоторое событие A (возникновение потребности в обслуживании, восстановление и т.д.). Тогда вероятность гипотез изменяется в связи с этим событием, и может быть вычислена по формуле Байеса

$$P(H_i/A) = [P(Hi)*P(A/Hi)]/\Sigma P(Hi)*P(A/Hi\ ). \qquad \textbf{(8.2)}$$

Также воспользовались центральной предельной теоремой для одинаково распределенных слагаемых, ее следствием, тождеством Вальда /58/. При выявлении адекватности информационного обеспечения и результатов исследований в производственных условиях и на ЭВМ («машинный эксперимент») были использованы критерии Пирсона, Стьюдента, Фишера, Кохрена, Колмогорова, Хотеллинга, Бартлетта и другие, сообразно целям и задачам конкретных исследований. Данные заносились с клавиатуры ЭВМ. При необходимости выполня-

лись преобразования: арифметические (масштабирование), логические и др. При машинном эксперименте входящие потоки генерировались на основе экспериментальных данных с помощью генераторов заданных случайных законов распределений на базе точечных характеристик.

Массивы экспериментальных данных задавали в виде одномерного массива и в виде *n*-размерной матрицы в зависимости от конкретных условий исследований.

При анализе информационного обеспечения моделей были выполнены следующие статистические преобразования исходных данных: предварительный анализ данных, исключение случайных и систематических ошибок; проверка статистических гипотез; анализ таблиц сопряженности; регрессионный анализ; однофакторный дисперсионный анализ; многофакторный дисперсионный анализ; непараметрический анализ временных рядов; кластерный анализ, аппроксимация законами распределений и конкретными зависимостями. С этой целью были использованы критерии Стьюдента, Фишера, Хотеллинта, Бартлетта и др.

Все указанные исследования выполнялись на ЭВМ па американским исследовательским программам «SAS» и « SAP», пакетам прикладных программ для IBM («матлаб»), более ранние исследования обрабатывались, а эксперименты имитировались на ЕС ЭВМ 1035 по программам лаборатории вычислительной техники (ЛВТ) ВНИПТИМЭСХ, программируемом микрокалькуляторе МК-51 по программам соискателя.

8.1.3. Программы для машинных экспериментов были разработаны ЛВТ ВНИПТИМЭСХ по техническому заданию, алгоритмам и математическим моделям соискателя. Разработаны следующие программы:

- ♦ моделирование ТО и ремонта МТА в полевых условиях;
- ♦ моделирование ТО и ремонта в стационарных условиях;
- ♦ оптимизация сетевого графика ТО МТА;
- ♦ ресурсное имитационное (статистическое) моделирование на базе *R*-сети организационно-технического комплекса;
- ♦ имитационное моделирование на основе *K*-сети процесса на уровне комплекса МТА, сельхозпредприятия и региона;
- ♦ моделирование и оптимизация резервирования;
- ♦ моделирование и оптимизация уровня запасов;
- ♦ моделирование и оптимизация сроков службы;
- ♦ моделирование многофазовой системы массового обслуживания методами ТМО;
- ♦ системный анализ машиноиспользования на основе агрегатной модели имитационного моделирования.

Соискателем были разработаны и проверены в производственных условиях ОПХ НПО «Дон» следующие компьютерные программы для управления эксплуатацией МТП:

- ♦ управление УТК №1 и №2 ОПХ в 1990-1993 гг.;

- управления автотранспортным обслуживанием;
- управления ремонтным производством в ЦРМ;
- управления работами на машинных дворах;
- управлением технической и производственной эксплуатацией (этапы: постановки задачи, разработки математической модели, алгоритма моделирования и задания на программирование);
- программы имитации ТО и ремонта различных систем ЭМТП на МК-51, 52 в машинных кодах.

Методика исследований предусматривала выявление законов распределений, реализациями которых являются полученные экспериментальные данные. С применением ЭВМ проверка гипотез выполнена по критериям *t*-Стьюдента, *F*-Фишера, *T*-Хотеллинга и Бартлетта. По статистике Стьюдента проверяли гипотезу о равенстве средних значений двух нормальных распределений генеральных совокупностей при условии, что дисперсии неизвестны и неравны друг другу, а также в случае равенства последних. В первом случае использовали раздельную, а во втором – общую *t*-статистику. В этих случаях вычисляли двухсторонние значения уровня, при котором принимается конкурирующая гипотеза. Уровень значимости принимали равный 0,05 и 0,10. Достоверность опытов – не менее $p = 0.90$.

Статистика Фишера проверяла гипотезу о равенстве дисперсий двух нормальных выборок. Уровень значимости был принят равным 0,05. Достоверность не менее 0.95. Для проверки гипотезы о равенстве вектора средних одной *p*-мерной генеральной совокупности в предположении равенства ковариационных матриц. Критерий *T*-Хотеллинга имеет распределение Фишера с h и n_1+n_2-h-1 степенями свободы. Гипотезу отклоняли при значении $\boldsymbol{p}$ менее заданного уровня значимости.

При проверке гипотез о равенстве средних в $k \geq 3$ группах независимых нормально распределенных опытах при условии равенства дисперсий использовали *F*- критерий, имеющий *F*-распределение Фишера с k и $N-k$ степенями свободы (N – число элементов в опытном массиве). Проверку гипотезы о равенстве частей опытов в ячейках матрицы сопряженности выполнял по критерию χ^2.

С целью выявления взаимосвязей данных натурных и машинных экспериментов формировали виртуальную матрицу сопряженности. После её обработки на ЭВМ были получены показатели, характеризующие связи переменных, в частности: критерии независимости данных и связанные с ним меры; мультиколлинеарность; меры связи и зависимости, меры предсказания Сомера, критерий симметричности Мак-Немара для таблицы сопряженности признаков; критерий наличия линейного тренда, критерии независимости и меры связи для таблицы сопряженности данных, корреляция, ковариация и др. Также рассчитывали сглаженную по методу Мостеллера таблицу сопряженности признаков; вычисляли разности эмпирических и теоретических данных, разности стандартизированных остатков, остатки Фримана-Тьюкки, ожидаемые частоты в пред-

положении независимости аргументов, проценты от сумм по столбцам и строкам.

В однофакторном дисперсионном анализе проверяли гипотезы об отсутствии влияния рассматриваемых аргументов по критерию ***F***-Фишера. Гипотезу о равенстве групп опытных данных проверяли по ***t***-критерию.

Метод расчета доверительной вероятности и доверительного интервала сделан в соответствии с методикой, изложенной Е.С. Вентцель.

Анализ временных рядов включал в себя: предварительный, спектральный, кросс-спектральный, сглаживание, а также вычисление характеристик временного ряда и автокорреляционной функции. Инструментарий данного вида анализа состоял из однофакторного дисперсионного анализа, многофакторного дисперсионного анализа, корреляции и ковариации, экспоненциального сглаживания, сглаживания по законам Гаусса, Вейбулла, Пуассона, регрессии, использования методов ниаменьших квадратов и скользящего среднего /443, 444/.

Натурные эксперименты проводились в сельскохозяйственных предприятиях, районах и регионах (см. табл. 8.1).

8.1.4. Машинные эксперименты выполнены на имитационных моделях, когда входные параметры, управляющие воздействия, возмущения внешней среды генерировались на базе опытных данных по распределениям Гаусса, Пуассона, Вейбулла, экспоненциальному, Джонсона.

Адекватность моделей проверялась методом конкурирующих гипотез на основе опытных данных. Требования к доверительной вероятности – её значение должно быть не менее 0,80 при относительной погрешности исследований не более 15 %. Для увеличения достоверности машинного эксперимента была использована теория планирования эксперимента. Были использованы планы экспериментов, разработанные МГУ.

Результаты экспериментов обрабатывались с применением МНК. Закономерности описаны такими зависимостями, как полином Чебышева и вероятностными функциями. В отдельных случаях использованы алгебраические функции: показательные, степенные. Поиск экстремума выполнялся методами дихотомии, случайного поиска и крутого восхождения. Достоверность исследований характеризуется доверительной вероятностью, уровнем значимости и погрешностью.

Рассмотрим методику моделирования и обеспечения достоверности. Математическое моделирование технологических систем использования МТП машин к ним включает в себя математическое описание входящих процессов и объекта исследований с учетом декомпозиции и иерархии моделей. Анализ конкретных систем эксплуатационного обеспечения рекомендуется начинать с анализа входящего потока и рассмотрения всех состояний, в которых она может находиться.

Входящий поток требований на обслуживание (ремонт, ТО, операции технологического процесса производства сельскохозяйственной продукции)

может быть стационарным, нестационарным, ординарным, неординарным, с последействием или без него, детерминированным или стохастическим.

В практике сельскохозяйственного производства возможны два вида входящих потоков: регулярный и случайный.

8.1.5. Рассмотрим первый случай: требования поступают через равные промежутки времени, обслуживание производится так же; пост обслуживания - один. Это могут быть: процесс восстановления деталей на ремонтном предприятии, налаженный процесс транспортирования на близкие расстояния, работа средства механизации линии кормоцеха. Машина технологической линии на входе имеет поток с параметром λ, обслуживает с параметром μ. Коэффициент $\alpha = \lambda/\mu$ может быть больше, меньше или равным единице. Если она больше единицы, то образуется постоянно возрастающая очередь. В других случаях процесс обслуживания стабилизируется по следующей причине: при обслуживании очередь из n_1 требований в течение времени t_1 вновь поступит n_2 требований; причем, в силу регулярности,

$$t_{вх} = M[t_{вх}], \quad t_{об} = M[t_{об}], \tag{8.3}$$

$$\lambda = 1 / M[t_{вх}], \mu = 1 /M[t_{об}], \tag{8.4}$$

$$\alpha = l / \mu = M[t_{об}] / M[tоб] = t_{об}/t_{вх}, \tag{8.5}$$

$$n_2 = t_1/t_{вх},. \tag{8.6}$$

λ В общем случае

$$n[i] = t[i-1] / t_{вх} , \tag{8.7}$$

где $t_1 = n_1 * t_{об}, \ldots , t[i] = n[i-1] * t_{об},$

n_1 - первоначальная длина очереди.

Очередь исчезает в тот момент, когда интервал между поступлением требований становится больше времени обслуживания предыдущих требований. Прошедшее к этому моменту время можно вычислить по формуле для суммы членов арифметической прогрессии.

8.1.6. В рассматриваемых системах машиноиспользования, как правило, потоки имеют вероятностный характер. Входящий поток называют простейшим в случае его стационарности, ординарности и отсутствия последействия.

При сложении потока событий от $n = oo$ источников результирующий поток стремится к простейшему.

Два основных свойства простейшего потока состоят в том, что вероятность возникновения m событий за время t описывается законом Пуассона, а распределение временных интервалов между событиями является экспоненциальным /281/.

По данным наших исследований, простейшими являются потоки требований на выполнение ремонтно-обслуживающих работ в характерные периоды полевых работ: ранневесенний, весенний, весенне-летний, уборочный, послеуборочный, осенний, зимний.

Входящий поток может быть нестационарным с мгновенной интенсивностью *W[t]*. В этом случае вероятность появления ровно *m* требований за время *t* подчиняется закону Пуассона. Простейший поток является частным случаем потока Пальма; последний имеет ограниченное последействие. Чаще всего он наблюдается на выходе обслуживающих систем: если на вход поступает простейший поток, то на выходе будет иметь место поток Пальма. Если же из потока "выбрасывается" *k* требований подряд, а сохраняется *k+1* требование, то получается поток Эрланга *k*-го порядка. При неограниченном увеличении *k* нормированный поток Эрланга приближается к регулярному с интервалом λ^{-1} /281/.

Для моделирования машиноиспользования важным свойством потока Эрланга является то, что им можно заменить поток заявок, имеющий последействие. Например, требования на устранения отказов поступают в среднем через $T = 12$ ч при стандарте, равном шести часам. Тогда плотность потока $\lambda = 1/T = 0{,}083(3)$. Используя известную зависимость, находим значения **λ.** Следовательно, для расчетов можно использовать параметры потока Эрланга третьего порядка. Для проверки гипотезы о стационарности необходимо прежде всего знать среднее значение параметра потока отказов.

Например, во время хронометража на машинный двор сельхозпредприятия поступают требования в следующем порядке: с 8 час до 10 час - одна и с 10 до 12 - одна, с 12 до 14 - две, с 14 до 16 - три, с 16 до 18 - одна. Соответственно работало девять, девять, восемь, семь и девять машинно-тракторных агрегатов. По формуле для математического ожидания вычислили значения *λ[t]* по отмеченным интервалам. Они составили: 0,056; 0,125; 0,125; 0,214; 0,056. Для проверки гипотезы о стационарности можно использовать χ^2 критерий /58/

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^{\lambda} (m_i - np_i)^2/np_i, \qquad \textbf{(8.8)}$$

где λ - количество интервалов, в нашем примере $\boldsymbol{\lambda} = 5$,

λ[t] - среднее значение, $\lambda[t] = 1{,}8$; тогда $\chi^2 = 1{,}556$ /58/.

Известно, что число степеней свободы определяется как число интервалов минус два. По соответствующим таблицам с вероятностью 0,5 гипотеза о стационарности не опровергается. Математическое ожидание *M[λ]* используется для вычисления доверительных интервалов по известной методике, причем степени свободы $W_н$ и $W_в$ равны удвоенному значению количества наблюдений в том случае, если это количество задано. В противном случае $W_н = 2m = 2$; $W_н = 2m$ /281/.

Задавшись значением $\alpha = 0{,}1$, для $W_н = 20$ и $W_в = 18$ по таблицам χ^2 /58/ нашли: $\chi^2(20) = 10{,}85$; $\chi^2(18) = 28{,}87$.

Если при вычислениях воспользоваться "Сборником статистических таблиц" Д. Оуэна, то необходимо учесть, что в таблице критических значений χ^2 для распределения $f = w$ доверительная вероятность равна $1 - \alpha$.

Среднее значение $M[\lambda]$ определится как сумма математических ожиданий, а доверительный интервал - по формуле /58/

$$\frac{\chi^2_{1-\alpha/2}(W_н)}{2\sum_{j}^{N} T_j} \le \lambda \le \frac{\chi^2_{-\alpha/2}(W_в)}{2\sum_{j}^{N} T_j}. \qquad \textbf{(8.9)}$$

Подставляя вычисленные значения в формулу для нашего примера получим $1{,}09 \le \lambda \le 2{,}89$. Для рассматриваемого примера сумма Tj от j до N равна 0,105. Теоретические значения математических ожиданий по интервалам наблюдений соответственно равны: 1,89; 1,68; 1,68; 1,47 и 1,89. Доверительные границы при доверительной вероятности P_β равны: $0{,}06 \le \lambda_1 \le 0{,}939$; $0{,}06 \le \lambda_2 \le 0{,}21$ (рис. 8.1). Поскольку в данном примере все значения λ "накрываются" доверительным интервалом, гипотеза о стационарности принимается.

8.1.7. Для расчетов параметров систем использования МТА и комплексов машин к ним необходимо знать потоки отказов эксплуатируемого парка. Входящий поток рекомендуется формировать, воспользовавшись тождеством Вальда, на основании данных машиноиспытательных станций. Тождество устанавливает правила оперирования с суммами независимых случайных потоков от каждого МТА. Следствие данного тождества: возможность описания входящего потока требований от гипотетического парка на базе данным МИС с использованием отмеченного свойства экспоненциального распределения (рис. 8.2). Второе следствие: частные процессы эксплуатации МТП, технического обслуживания, восстановления работоспособного состояния в основном описываются известными методами теории массового обслуживания, которая является приложением марковских процессов.

Для этого исследуемый процесс разбивается на "посты обслуживания" или фазы (операции), в которых происходит "обслуживание" (ремонт, техобслуживание, загрузка машины, вспашка поля, посев и т.д.). Предмет труда представляется в виде потока заявок (требований) на обслуживание, который в общем виде носит случайный характер.

Если поток заявок описывается законом Пуассона, а их обслуживание - экспоненциальным законом, то говорят о случае с пуассоновским входящим потоком и экспоненциальном механизме обслуживания. Этот случай адекватно описывается аналитическими соотношениями теорий массового обслуживания и восстановления.

Верхняя и нижняя доверительные границы для математического ожидания количества транзактов

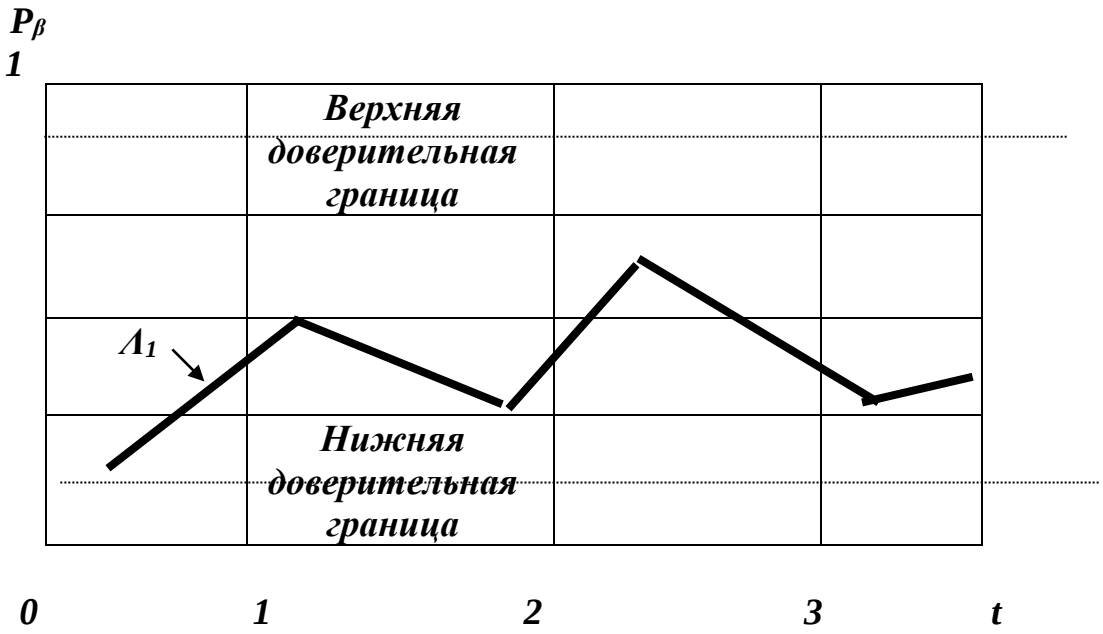
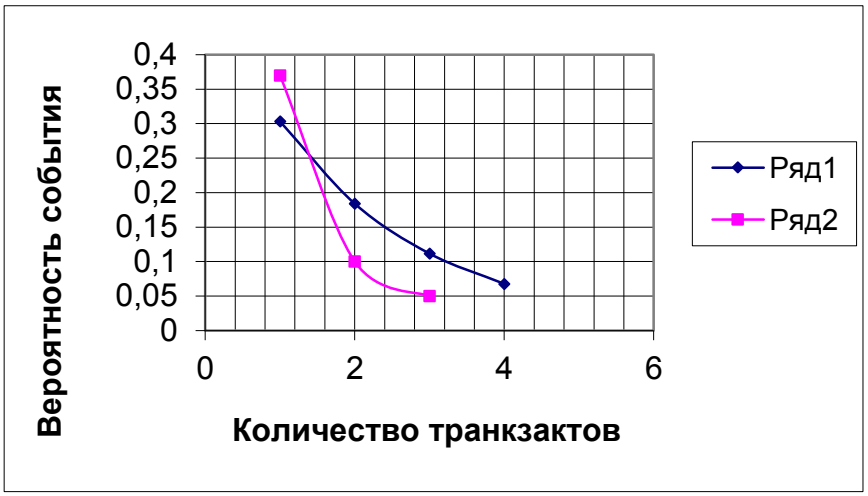


Рис. 8.1

Экспоненциальное распределение с параметром λ



1 – теоретические значения, 2 - экспериментальные

λ

λ Рис. 8.2

Рассмотрим методические основы моделирования технологических процессов, имеющих структуру систем массового обслуживания, в новых условиях хозяйствования: в условиях конкуренции и экономических взаимоотношений.

В соответствии с классификацией Кендалла, данные системы могут быть одно- и многопостовыми, разомкнутыми и замкнутыми, с ожиданием и без ожидания. Входящий поток может быть Пуассоновским, эрланговским, произвольной последовательностью независимых, но одинаковым образом распределенных случайных величин.

В ряде случаев (поток отказов - простейший, механизм обслуживания - экспоненциальный) приемлемы аналитические методы описания. Когда число обслуживаемых машин достаточно велико, распределение интервалов между поступлениями требований и продолжительностей обслуживания - экспоненциальное, система идентифицируется уравнениями для разомкнутой СМО. Для описания работы группы машин при отмеченных параметрах используется модель замкнутой системы.

Модели систем МО с последовательно расположенными постами (подсистемами обслуживания) применяются для описания операций с резервами (межоперационными заделами): если звенья зерноуборочных комбайнов не справляются своевременно с уборкой, может включаться в работу резерв.

Аналогично - на вспашке, севе и др. Варианты системы: разнотипные машины в обслуживающей системе, их различное количество в работе и резерве. Ремонтно-обслуживающие работы по сельхозмашинам при перегрузке штата машинного двора можно передать в ремонтную мастерскую, в этом случае обслуживающие посты будут разнотипными. Для системы с однотипными постами выходные параметры определяются по формулам Эрланга.

Например, в машинно-технологической станции (в форма ОАО, в агрокомбинате, агрофирме на базе нескольких хозяйств) за день возникает 96 отказов. Имеется 36 стационарных постов по устранению отказов в подразделениях машинно-технологической станции, 15 передвижных постов; оборудовано 6 постов при ЦРМ. Устраняются отказы в районной системе ТО и ремонта (типа МТС), либо в производственных подразделениях или на центральных усадьбах хозяйств, либо с помощью передвижных бригад; причем отказ устраняется передвижной бригадой при загрузке стационарных постов. Подобная схема обслуживания имеет место при системе дилеров.

8.1.8. В рассматриваемых системах машиноиспользования, как правило, потоки имеют вероятностный характер. Они описываются в основном методами статистического моделирования. Разработанные к настоящему времени программы моделирования написаны на процедурных языках. Однако их использование, как показал Т. Дж. Шрайбер, достаточно трудоемко в сравнении с системой моделирование GPSS. Предложенная Т. Дж. Шрайбером единая методика моделирования технологических процессов, представленных

в виде последовательности операций (СеМО) включает общие для всех вариантов моменты: использование генераторов случайных чисел; разыгрывание случайной величины по заданным эмпирическим или теоретическим законам распределениям; встроенный таймер модельного времени; автоматизация логических операций проверки очереди и др.; продвижение таймера до ближайшего события, сбор стохастических данных о процессе; реализация установленной дисциплины очереди, распечатка результатов.

Рекомендуется к использованию отечественный аналог GPSS - пакет прикладных программ для моделирования на ЭВМ сложных дискретных систем (ПМДС). Для решения практических задач надежности и эффективности исследования проводились на модели данного типа, описывающей СеМО, например, технологическую систему использования уборочной техники, причем фазы идентифицированы как агрегаты.

С применением имитационных моделей проведены машинные эксперименты (рис. 8.1).

Количество реализаций определено в соответствии с теорией вероятности (см. выше). Статистическая (имитационная, по методу Монте-Карло) математическая модель в системе ПМДС составляется из отдельных блоков – агрегатов - каждый из которых соответствует одной из технологических операций. Пошаговое выполнение процедур моделирования символически изображают на схеме алгоритма моделирования в виде передачи управления от одних блоков к другим; использована теория сложных систем.

Агрегаты имитируют операции (фазы, посты, каналы) обслуживания. Работа модели заключена в перемещении транкзактов по направлениям, указанным на блок-схеме, от блока к блоку. Результаты выдаются в виде массивов данных, распределенных по вероятностным законам.

Предпосылки применения для целей машинного эксперимента модели GPSS как универсальной, позволяющей исследовать надежность и устойчивость технологических систем по производству сельхозпродукции: впо периодам полевых работ функционируют многофазовые подсистемы, предмет труда обрабатывается более чем в одной фазе и может быть представлен в виде транзакта, фазы представляют собой операции, транспортные или технологические звенья и могут быть идентифицированы блоками модели GPSS. Основными моментами обеспечения данного вида экспериментов являются: адекватность эмпирических данных, адекватность модели, достаточное количество реализаций. Адекватность обработки данных обеспечено методикой их сбора во время хронометражных наблюдений и, дополнительно, использованием данных о надежности машин по результатам испытаний на МИС. Обобщение данных выполнено по отчетам МИС и ЦМИС во время работы в ВИМе. Адекватность модели проверена по результатам сравнения опытных и имитационных данных

Технологическая схема машинного эксперимента,
рекомендованная Н.П. Бусленко и использованная в работе

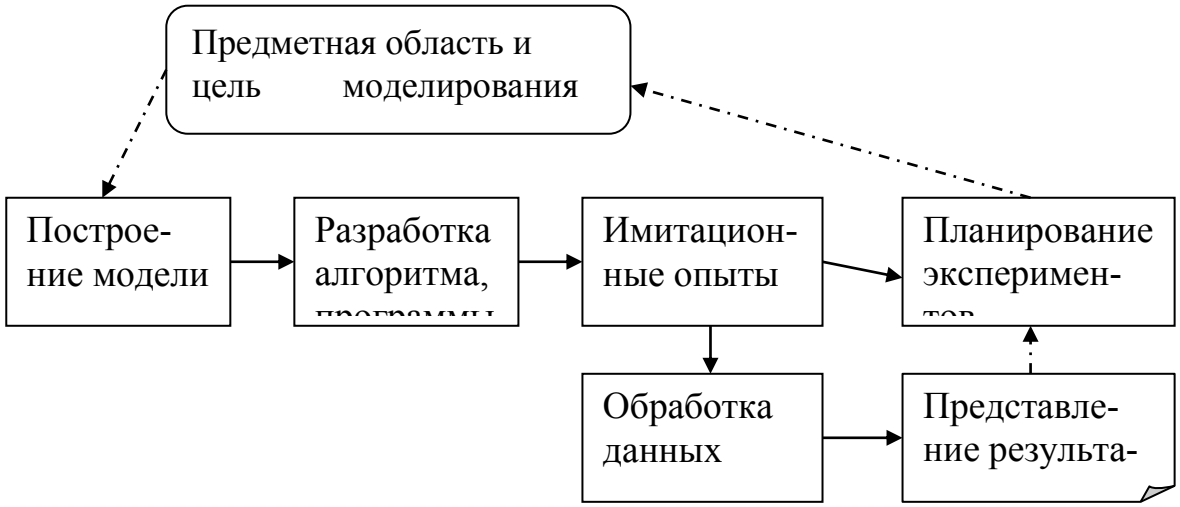


Рис.8.3

методом конкурирующих гипотез. Для сокращения количества машинных экспериментов использовали теорию планирования экспериментов, планы экспериментов, обоснованные в МГУ. Количество реализаций определено в соответствии с методикой /55/.

Полученные зависимости были описаны аналитически, основной способ – описание полиномом Чебышева

$$Y = A_0 = A_1 x + A_2 x^2 + A_3 x^3 + A_4 x^4 + \ldots \qquad (8.10$$

Доверительная вероятность результатов моделирования – 0.90-0.95 при погрешности 8-10 %.

8.2. Методы управление эффективностью и надежностью сложных систем на основе системного анализа

8.2.1. Управление эффективностью и надежностью может быть выполнено на основе применения системного анализа. Среди методов системного анализа значимое место занимают марковские процессы по следующим причинам: реальные процессы по своей физической сущности являются марковскими, так как каждому последующему событию предшествует предыдущее событие; случайный процесс машиноиспользования является дискретным; он функ-

ционирует во времени, а состояние машин изменяется под воздействием случайных факторов по стохастическим законам. Обширные эксперименты ряда авторов подтверждают случайный характер процессов машиноиспользования.

В соответствии с изложенным случайный процесс машиноиспользования протекает в системе с возможными состояниями $a_0, a_1, a_2, \ldots, a_i, \ldots, a_n$. Пусть в момент t_0 система находилась в состоянии a_1. Если условная вероятность $p_{ij}(t_0, \tau)$ того, что в момент времени $t_{1=} = t_0 + \tau$ система находится в состоянии a_i, зависит от того, в каком состоянии она была в момент t_0 и в какое состояние может перейти через момент τ, то дискретный процесс функционирования системы машиноиспользования будет марковским.

Он характеризуется: состоянием системы и графом её состояний (см. гл. 3), распределением начальных состояний; интенсивностью потока событий, переводящих систему из состояний в состояние.

В результате хронометражных наблюдений были установлены не только закономерности отмеченных потоков, определены их точечные характеристики, но и идентифицированы входящие, управляющие и выходные параметры (см. глава 9). Они адекватно описаны следующими законами распределения: экспоненциальным, Гаусса. Вейбулла, Пуассона, Джонсона.

Практически все потоки заявок описываются законом Вейбулла и Пуассона, а обслуживания – экспоненциальным (рис. 8.4). Распределение Гаусса более характерно для конструктивных параметров системы.

При использовании аналитических методов воспользовались точечными характеристиками, а при моделировании – всем массивом выборки, причем генерировали вышеуказанные законы распределения.

Как отмечалось выше, марковские процессы могут быть описаны аналитическими методами (это приложения теории марковских процессов к теории надежности и к системам массового обслуживания) и алгоритмически, статистическими моделями, реализуемыми на ЭВМ. Нами
были использованы такие методики статистического моделирования (другие его названия: имитационное моделирование, метод Монте-Карло), как моделирование по особым состояниям (К-сеть), моделирование ресурсов (назвали «R-сеть»), моделирование обслуживания «транкзактов» «агрегатами». Термины введены Н.П. Бусленко и Т. Шрайбером /509/.

Моделирование ресурсов близко по содержанию к моделированию уровней и переходов между ними, которым пользовались Дж. Форрестер и другие зарубежные исследователи, члены «Римского клуба», для моделирования больших систем /477…479/. Таким образом, данная методика в достаточной степени апробирована и известна своей адекватностью.

8.2.2. Рассмотрели процесс управления ЭМТП, который имеет две подсистемы: эксплуатации и управления (контроля). Вторая подсистема выполняет роль обратной отрицательной связи, она получает параметры выходящего потока и корректирует работу подсистемы эксплуатации, воздействую на закономерности переходов системы. Основные параметры подсистемы эксплуатации – данные о функциональных и параметрических отказах. После выявления

отказа начинается процесс восстановления системы. Интервал поступления данных исследовался в производственных условия Егорлыцкого района Ростовской области в производственных экспериментах в масштабах всего района, во время уборочно-транспортного и заготовительного процесса и во время производственной апробации и опытном внедрении подсистемы управления.

Законы распределения, использованные при аппроксимации опытных данных, и описывающие экспериментальные массивы данных

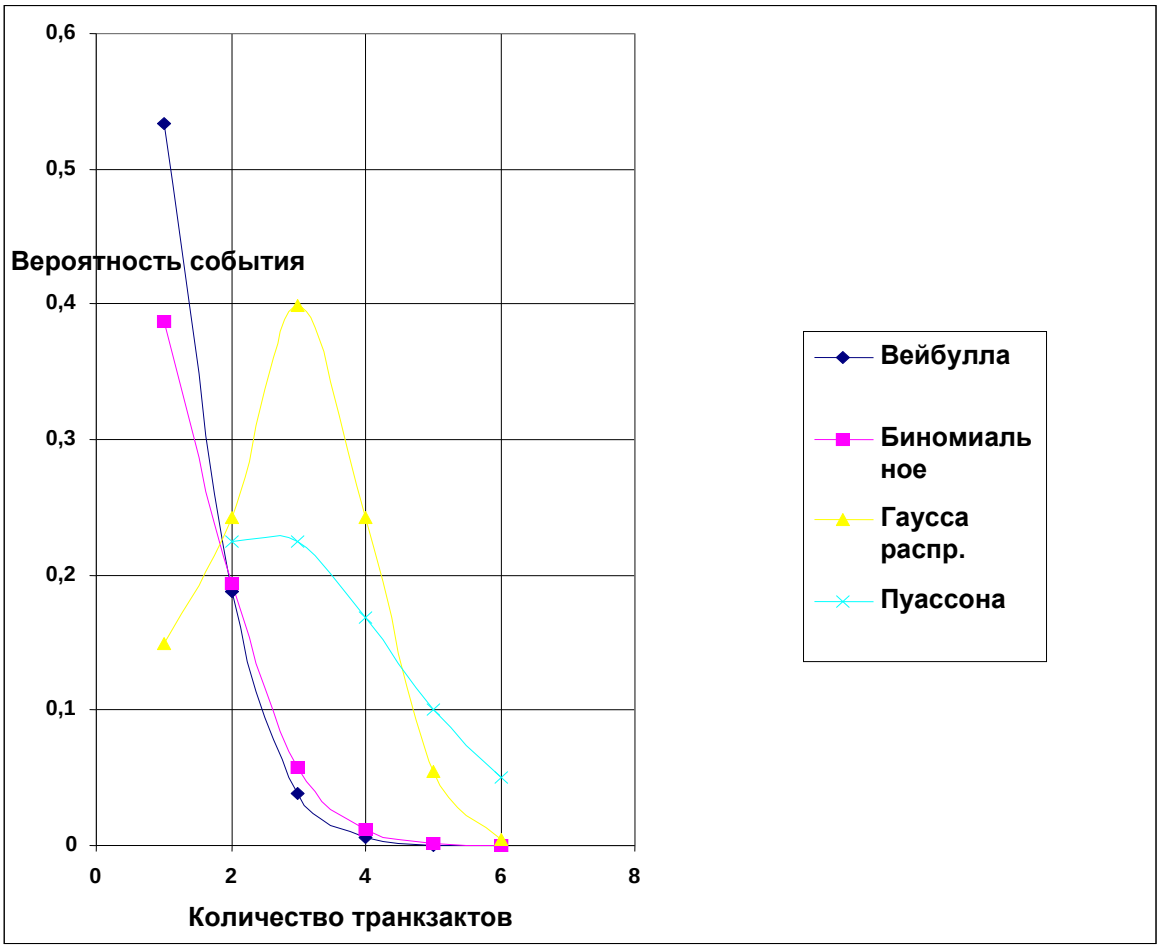


Рис. 8.4

Было установлено, что время безотказной работы отмеченных подсистем распределено по экспоненциальному закону с параметрами λ_1 и λ_2. Время восстановления для подсистем эксплуатации μ_1 и подсистемы управления μ_2 распределено по экспоненциальному закону. Ненадежность первой подсистемы – $K^{упр}(t)$.

В качестве показателя надежности использовали вероятность того, что в произвольный момент времени система ЭМТП в частности – УТЗП), является работоспособной и проработает безотказно в течение интервала времени *t*. Тогда

$$K^{упр}(t)=Кг*P(t) \qquad \textbf{(8.11)}$$

где *Кг* – коэффициент готовности;

P(t) - вероятность безотказной работы за время *t*.

Тогда вероятность безотказной работы за время *t* равно

$$P(t) = e^{-\lambda t} \qquad \textbf{(8.12)}$$

Ввели следующие обозначения:

0, 1 - работоспособное состояние; состояние отказа

$V_1(t)$ - случайный процесс функционирования подсистемы эксплуатации МТП;

$V_2(t)$ - случайный процесс функционирования подсистемы управления;

$\Psi(t)$ - случайный процесс, описывающий состояния системы в целом, причем $\Psi(t) = [V_1(t), V_2(t)]$

Всего возможны четыре состояния: *00, 01, 10, 11*. Для них вероятности имеют следующие значения: **(8.13)**

$$\begin{cases} P_{00}(t) = P*[V_1(t) = 0, V_2(t) = 0] \\ P_{10}t) = P*[V_1(t) = 1, V_2(t) = 0] \\ P_{01}(t) = P*[V_1(t) = 0, V_2(t) = 1] \\ P_{11}(t) = P*[V_1(t) = 1, V_2(t) = 1] \end{cases} \qquad \textbf{(8.14)}$$

В момент t_0 все подсистемы исправны: техника перед началом характерного периода полевых работ (в опыте – уборочном) отремонтирована, выполнены очередные ТО. Далее система с интенсивностями λ переходит из состояния в состояние, интенсивности вычислены на основе данных экспериментальных исследований и введены в программу для ЭВМ.

В соответствии с графом переходов (не приводится) записали систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} P`_{00}(t) = -(\lambda_1 + \lambda_2)*P_{00}(t) + \mu P_{10}(t); \\ P`_{10}(t) = -\mu P_{10}(t) + \lambda_1 P_{00}(t); \\ P`_{01}(t) = -\lambda_1 P_{01}(t) + \lambda_2 P_{00}(t); \\ P`_{11}(t) = \lambda_1 P_{01}(t). \end{cases} \qquad \textbf{(8.15)}$$

Начальные условия: $P_{00}(0) = 1;\ P_{10}(0) = 0;\ P_{01}(0) = 0;\ P_{11}(0) = 0.$

Просуммировав два последних уравнения, нашли

(8.16)

$$P_{00}(t) + P_{10}(t) = \lambda_2 \int P_{00}(t)\, dt$$

Воспользовавшись теоремой о сумме вероятностей, сделав подстановки, освободившись от первообразной и продифференцировав уравнение по *t*,
Решив полученное характеристическое уравнение, можно получить значения всех вероятностей (не приводятся – они подставлены в следующее далее выражение).

Подставляя в уравнение для коэффициента готовности, определенного стандартом,

$$K_г = \int \{P_{00}(t) + P_{01}(t)dt/\alpha + 1/\mu P_{10}(\alpha) + [1/\mu 1]P_{01}(\alpha) + [(\mu 1 + \mu)/\mu 1 \mu] * P_{11}(\alpha)\} \quad \textbf{(8.17)}$$

решения уравнения, можно получить

$$\begin{aligned}
&K_г = \{C_1(\exp\{(-(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)*0.5 + R)\alpha\} - 1)/[(-(\lambda_1 + \lambda_2 + \\
&+\mu)*0.5 + R] + C_2(\exp\{(-(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)*0.5 + R)*\alpha\} - 1)/\{(-(\lambda_1 + \lambda_2 \\
&+\mu)*0.5 + R) + \lambda_1 C_1(\exp\{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)*0.5 + R)\alpha\} - 1\}/\{(-(\lambda 1 + \lambda 2 \\
&+\mu)*0.5 + R)*(-(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)*0.5 + R + \lambda_2 C_2(\exp\{(-(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)*0.5 + R) - \\
&1)/\{(-(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)*0.5 + R)*\{(-(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)*0.5 + R) + \lambda_2 C_1(\exp\{-\lambda\alpha\} \\
&1)\lambda_2 C_2*(\exp\{-\lambda\alpha) - 1)/(-\{(-(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)*0.5 + R\{(-(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)*0.5 \\
&+R)]*\{\alpha + \lambda\mu - 1\{C1(\exp\{\{(-(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)*0.5 + R)*\alpha\} - e^{-\mu\alpha} + \\
&C2(\exp\{(\{(-(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)*0.5 + R))*\alpha*e^{-\mu\alpha}\}/\{(-(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)*0.5 \\
&+R) + \lambda 2 \mu 1[C1(\exp\{(-(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)*0.5 + R)*\alpha\} - \exp(-\lambda\alpha)/(/\{(-(\lambda_1 + \lambda_2 \\
&+\mu)*0.5 + R) *\alpha = C2(\exp\{/\{(-(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)*0.5 + R) *\alpha - \exp(-\lambda\alpha) - \\
&\exp(-\lambda\alpha)/\{(-(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)*0.5 + R) + \lambda 1 \lambda 2(\mu + \mu 1)/(\mu * \mu 1)[C_1(\exp\{(-(\lambda_1 \\
&+\lambda_2 + \mu)*0.5 + R)\alpha\} - 1)/[(-(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)*0.5 + R] \{(-(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)*0.5 \\
&+R)* \{(-(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)*0.5 + R) + C_1 \exp(-\alpha\lambda)/[\{(-(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)*0.5 \\
&+R)*\lambda + C_2(\exp\{(-(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)*0.5 + R)*\alpha - 1/\{(-(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)*0.5 + R)* \\
&\{(-(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)*0.5 + R) + C_2(\exp(-\alpha\lambda) - 1)/\{(-(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu)*0.5 + R)\}^{-1}
\end{aligned} \quad \textbf{(8.18)}$$

Значения надежности системы при наличии подсистемы управления, реализующей обратную связь, приведены на рисунке 8.5.

Изучая график, гистограммы, можно заметить, что увеличении интенсивности отказов с 0,05 до 0,00025 отказов в минуту вероятность отказа системы возрастает до 0,0244 (рис. 8.5) , а при снижении интенсивности отказов системы управления до 0,00025 отказа/мин возрастает вероятность отказа системы в целом (рис. 8.6). Соотношения вероятностей отказов при λ = 0,05, λ= 0,005 и λ= 0,0025 приведены на круговой диаграмме (рис. 8.7)

Можно также сделать вывод о том, что при уменьшении надежности подсистемы управления период между управляющими воздействиями должен быть короче.

Эксперимент показал, что при использовании ЭВМ указанный период составляет 1 день при вероятности 0.95; два дня при вероятности 0.90 и три дня при вероятности 0.7. Увеличение периода свыше пяти дней нерационально.

8.1.3. Также нами были рассмотрены методические основы управления параметрами эксплуатационного обеспечения машиноиспользования в новых условиях хозяйствования: в условиях конкуренции *{(-(λ1 +λ2 +μ)*0.5 +R* и экономических взаимоотношений между субъектами хозяйствования. В соответствии с классификацией Кендалла, системы обслуживания могут быть одно- и многопостовыми, разомкнутые и замкнутые, с ожиданием и без; однофазные, двухфазные и т.д. Входящий поток заявок может быть Пуассоновским (M), вырожденным ($Д$), распределения, с четным числом степеней свободы (K_n), эрланговским ($Э_n$), произвольной (G) последовательностью независимых, произвольным образом, но одинаково распределенных случайных величин G_J.

Анализ конкретных систем эксплуатационного обеспечения машиноиспользования рекомендуется начинать с анализа входящего потока и рассмотрения всех состояний, в которых она может находиться.

Входящий поток требований на обслуживание (ремонт, ТО, операции технологического процесса) может быть стационарным или нестационарным, ординарным или неординарным, с последействием или без него, детерминированным или стохастическим. Входящий поток называют простейшим в случае его стационарности, ординарности и отсутствия последействия. При сложении потока событий от $n \to \infty$ источников результирующий поток стремится к простейшему. Два основных свойства простейшего потока заключаются в том, что вероятность m событий (то есть возникновения m требований) за время τ описывается законом Пуассона, а распределение временных интервалов между событиями является экспоненциальным /281/

$$p_m(\tau) = (a_m / m!)* e^{-a}. \qquad \textbf{(8.19)}$$

По данным наших исследований, простейшими являются потоки требований на выполнение ремонтно-обслуживающих работ участком технической

эксплуатации в характерные периоды полевых работ: ранневесенний, весенний, весенне-летний, уборочный, послеуборочный, осенний, зимний.

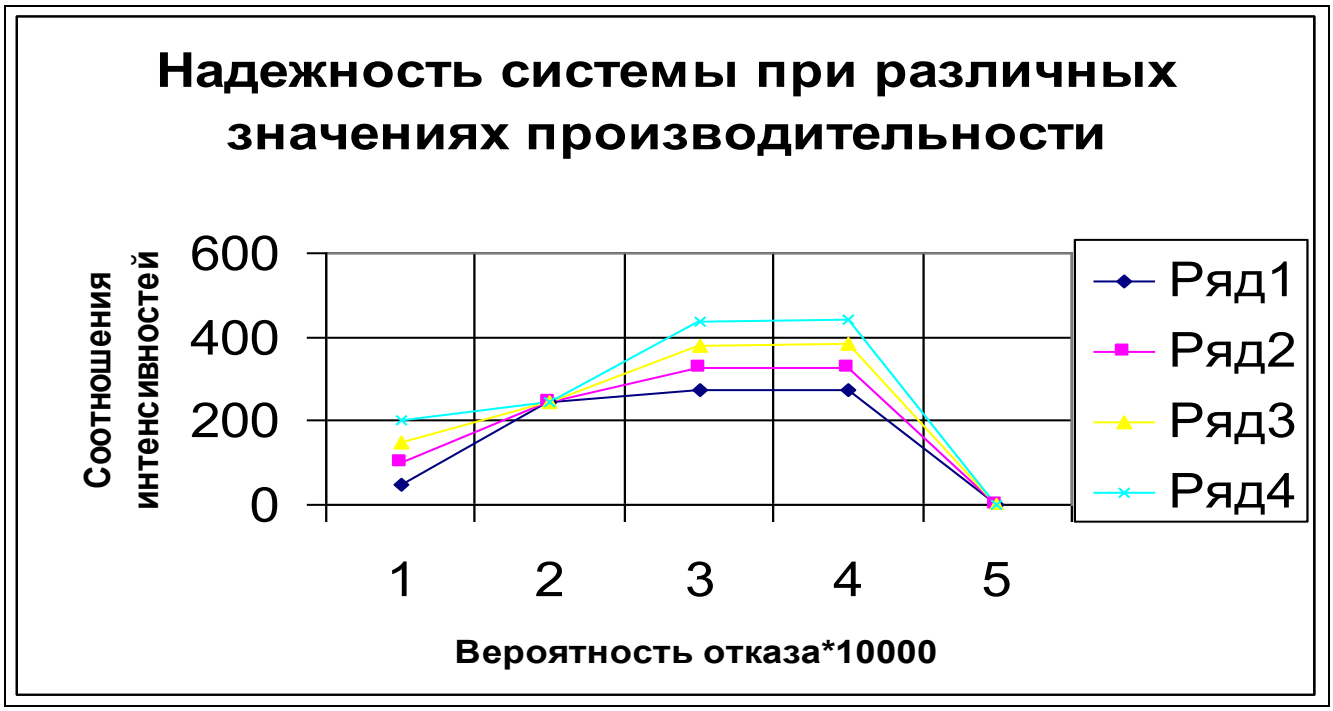


Рис. 8.5



Рис. 8.6

Соотношения вероятностей отказов при различных интенсивностях входящего потока

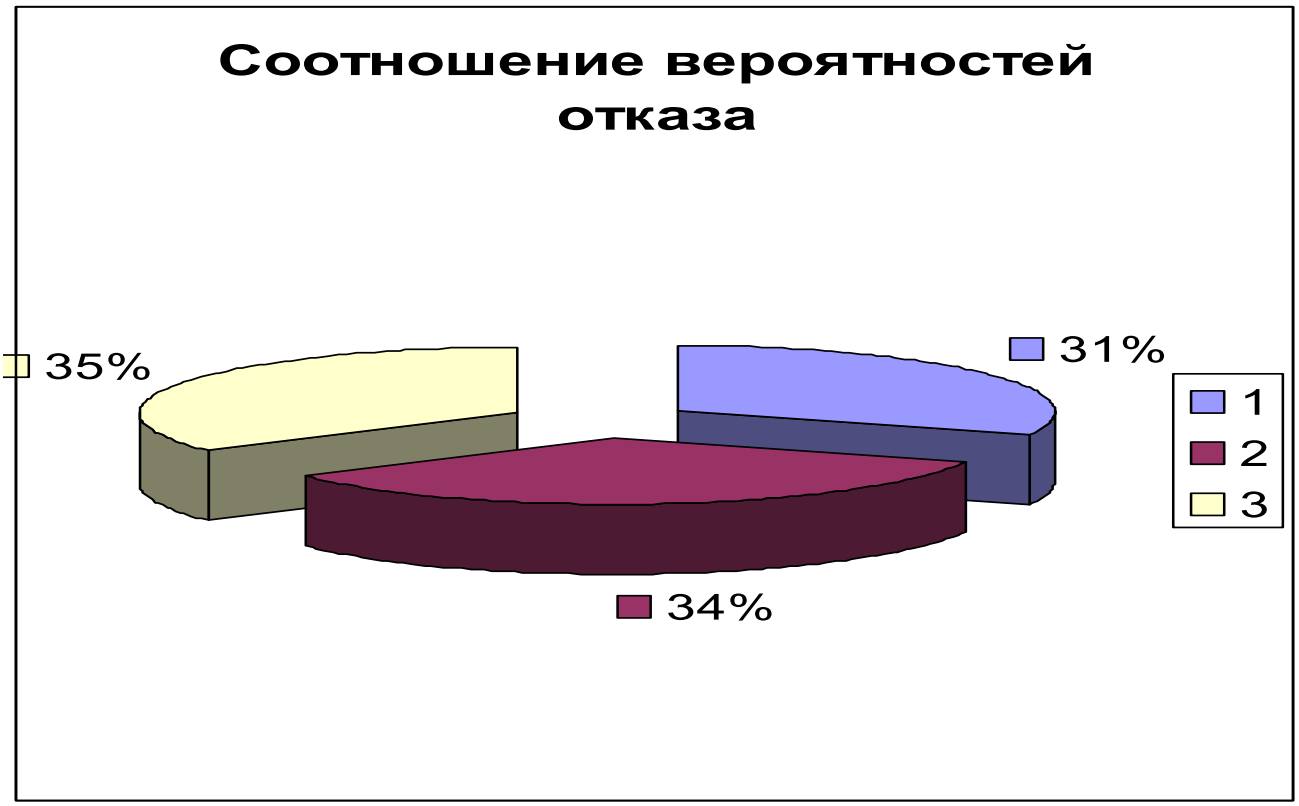


Рис. 8.7

Входящий поток может быть нестационарным с мгновенной интенсивностью $\omega(t)$ /281/

$$\omega(t) = \lim_{\Delta t \to 0} [m(t + \Delta t) - m(t)]/ \Delta t \qquad \textbf{(8.20)}$$

В этом случае вероятность появления ровно m требований за время τ подчиняется закону Пуассона с математическим ожиданием $\boldsymbol{t+\tau}$ /58/

$$a = \int_{t}^{t+\tau} \omega(t)\, dt\,. \qquad \textbf{(8.21)}$$

Простейший поток является частным случаем потока Пальма; последний имеет ограниченное последействие. Поток Пальма наблюдается, например, на выходе систем массового обслуживания с отказами: если на вход поступает простейший поток, то на выходе поток не обслуженных требований будет являться потоком Пальма. Если же из потока “выбрасывается” k требований подряд, а сохраняется $k+1$ требование, то получается поток Эрланга k-го порядка. При увеличении k нормированный поток Эрланга приближаемся к регулярному с интервалом λ^{-1}.

Важным свойством потока Эрланга является то, что им можно заменить поток заявок, имеющий последействие. Например, требования на устранение отказов поступают в среднем через T = 12 час при стандарте σ = 6 час. Тогда плотность потока $\lambda = 1/T$. Используя известную зависимость

$$k + 1 = 1/\sigma^2 \lambda^2. \qquad \textbf{(8.22)}$$

находим, что $k + 1 = 4$. Следовательно, для расчетов можно использовать поток Эрланга 3-го порядка.

Для проверки гипотезы о стационарности необходимо найти среднее значение параметра потока отказов по зависимости

$$\lambda(t) = \sum m_j (\Delta t)^* n^{-1} \Delta t^{-1} \qquad \textbf{(8.23)}$$

Например, во время хронометража на машинный двор поступали требования в следующем порядке: с 8 до 10 – одна; с 10 до 12 – две; с 12 до 14 – две; с 14 до 16 – три; с 16 до 18 – одна. Соответственно работало девять, восемь, семь и девять машинно-тракторных агрегатов. По формуле (8.23) вычислили значения λ(t) по отмеченным интервалам; они составили: 0,05(5); 0,125; 0,125; 0,214; 0,05(5).

Для проверки гипотезы о стационарности можно использовать критерии /26, 281/

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^{L} (\lambda_j - \lambda)^2 / \lambda , \qquad \textbf{(8.24)}$$

где j – количество интервалов, L = 5;

λ – среднее значение, λ = 1.8, $\rightarrow$ χ^2 = 1.555 /281/.

Число степеней свободы определяется как число интервалов минус два. Тогда, с вероятностью γ = 0,5 вероятность стационарности не опровергается (использованы табличные данные χ^2 в зависимости от доверительной вероятности $p(t)$ и числа степеней свободы).

Для вычисления доверительных интервалов необходимо найти среднее значение (равно $\lambda^*(t)$ = 0,115). Доверительный интервал определяют из соотношения /58/

$$[\chi^2_{1-\alpha/2} * (\omega_n)]/t_j < \lambda < [\chi^2_{1-\alpha/2} * (\omega_в)]/t_j \ . \qquad \textbf{(8.25)}$$

Подставляя вычисленные значения в формулу (8.14), получим 1,09 ≤ λ ≤ 2,89/ Значение параметра λ может быть пересчитано на время наблюдения за работой каждого МТА. В этом случае среднее значение $\lambda^*(t)$ определяется как сумма математических ожиданий, а доверительный интервал – из соотношения /58/

$$\textbf{(8.26)}$$

$$[\chi^2_{1-\alpha/2}(\omega_н)] \ / 2*\sum_j t_j < \lambda < [\chi^2_{1-\alpha/2}(\omega_в)] \ / 2*\sum_j t_j$$

Для рассматриваемого примера $t \ \Sigma t_j = 76$, $\lambda^*(t) = 0{,}10526$;

m_j – теоретическое число наблюдений по интервалам, равно соответственно: 1,89, 1,68, 1,68, 1,47 и 1,89; $\chi^2 = 2.539$; $\chi^2_{а/2\ (ωв)} = 939$; $0{,}06 < \lambda < 31.4$; $0{,}06 < \lambda < 0{,}21$. Поскольку все значения λ по интервалам (0,06; 0,125; 0,125; 0,21; 0,06) "накрываются" доверительным интервалом, гипотеза о стационарности может быть принята. Отмеченное исследование может быть выполнено на ЭВМ по стандартным программам с использованием критерия Колмогорова и Стьюдента.

Проверку гипотезы об ординарности для пуассоновского входящего потока можно выполнить по приведенной формуле. Например, для рассмотренного примера вероятность поступления в течение одной минуты равна /281/:

одного требования

$$p_1 = [\lambda 1]!/1! * e^{-\lambda 1} = 0.0008. \qquad \textbf{(8.27)}$$

- ни одного требования $p = e^{-\lambda} = 0{,}999$
- двух и более требований $p \geq 4*10^{-7}$

В силу значения $p < 1$ свойство ординарность практически соблюдается с вероятностью 0,999.

Рассмотрим случай, когда требования поступают через равные промежутки времени и обслуживание производится через равные промежутки времени, а пост обслуживания – один.

Это может быть процесс восстановления деталей на ремонтном предприятии, налаженный процесс транспортирования сельхозпродуктов на небольшое расстояние, работа одного из средств механизации технологической линии кормоцеха. Обозначим интенсивность поступления требований через λ, а интенсивность их обслуживания – μ. Тогда коэффициент использования $\alpha = \lambda \cdot \mu^{-1}$ может быть больше, равен или меньше единицы. В первом случае очередь бесконечно возрастает, во втором – стабилизируется. Это происходит по следующей причине. Пока обслуживается очередь из n-требований в течение времени t, вновь поступит n_1 требований

$$n_1 = 1/\Delta t_n = n^* \Delta t_{об}/\Delta t_n = n\alpha, \qquad \textbf{(8.28)}$$

в то же время при обслуживании поступивших требований n_1, вновь поступит n_2 требований

$$n_2 = t_{1/\Delta} t_n = n_1 * \Delta t_{об}/\Delta tn = n_1 * a = n\alpha^2, \qquad \textbf{(8.29)}$$

где $\Delta t_{об}$ – продолжительность обслуживания;

Δt_n – интервал между поступлениями требований.

$$\left.\begin{array}{l} \text{Если } \alpha < 1 \text{ то } \lim\limits_{\alpha \to \infty} n^*\alpha^2 = 0 \\ \text{В случае } \alpha > 1 \quad \lim\limits_{\alpha \to \infty} n^*\alpha^2 \to \infty \\ \text{Для } \alpha = 1 \lim\limits_{\alpha \to \infty} n^*\alpha^2 = n. \end{array}\right\} \qquad \textbf{(8.30)}$$

Очередь исчезает в тот момент, когда интервал между поступлением требований становится больше времени обслуживания предыдущих требований. Прошедшее к этому моменту время можно вычислить по формуле для суммы членов прогрессии

$$\begin{aligned} T &= n\,\Delta t_{об} + n_{i0} * \Delta t_{об} + \ldots\ldots\ldots + n_{ij} * \Delta t_{об} = \Delta t_{об} * (n + n_{10} + \ldots + n_{ij}) = \\ &= (1/\mu) * (n + n_{10}\,\alpha + \ldots = n_{ij}\,\alpha^m) = (n/\mu) * (1 + \alpha + a^2 + \ldots + \alpha^m) = \\ &= [n(1 - \alpha^{m+1})] / \mu\,(1 - \alpha). \end{aligned} \qquad \textbf{(8.31)}$$

Зависимость времени $T_{об}$ от отношения интенсивности поступления требований к интенсивности их восстановления носит экспоненциальный характер. При приближении отношения параметров снизу к единице время ожидания в очереди непропорционально возрастает, что увеличивает управляемость системы по данным параметрам, например. Снижением зоны обслуживания или увеличением числа постов. Неустойчивость системы приводит к тому, что незначительное изменение парметров обслуживающей системы значимо улучшает параметры обслуживаемой системы (рис. 8.8)

В реальных системах эксплуатации сельскохозяйственной техники характерные периоды значительно превышают продолжительность обслуживания требований, поэтому для ряда случаев применимы аналитические методы.

Наиболее простые случаи – системы Эрланга (поток отказов – простейший, обслуживание – по экспоненциальному закону, заявки при занятости постов обслуживания теряются). Они могут быть проанализированы не только на ЭВМ, но и на микрокалькуляторе МК-52. Система характеризуется параметрами $\mu(t_{об})$ и n.

Например, во время уборки зерновых колосовых культур за световой день (16 час.) может появиться в среднем 30 отказов. Для их устранения создано шесть передвижных постов, базирующихся на центральной усадьбе хозяйства. Среднее время устранения одного отказа $t_{обс} = 4$ часа.

Требуется определить параметры системы обслуживания при условии устранения всех отказов.

При отсутствии свободного передвижного поста заявка теряется (отказ устраняется в производственном подразделении), и инженерная служба не получает хозрасчетный доход.

Зависимость продолжительности обслуживания от соотношения интенсивностей входящего и выходящего потока заявок на обслуживание МТП

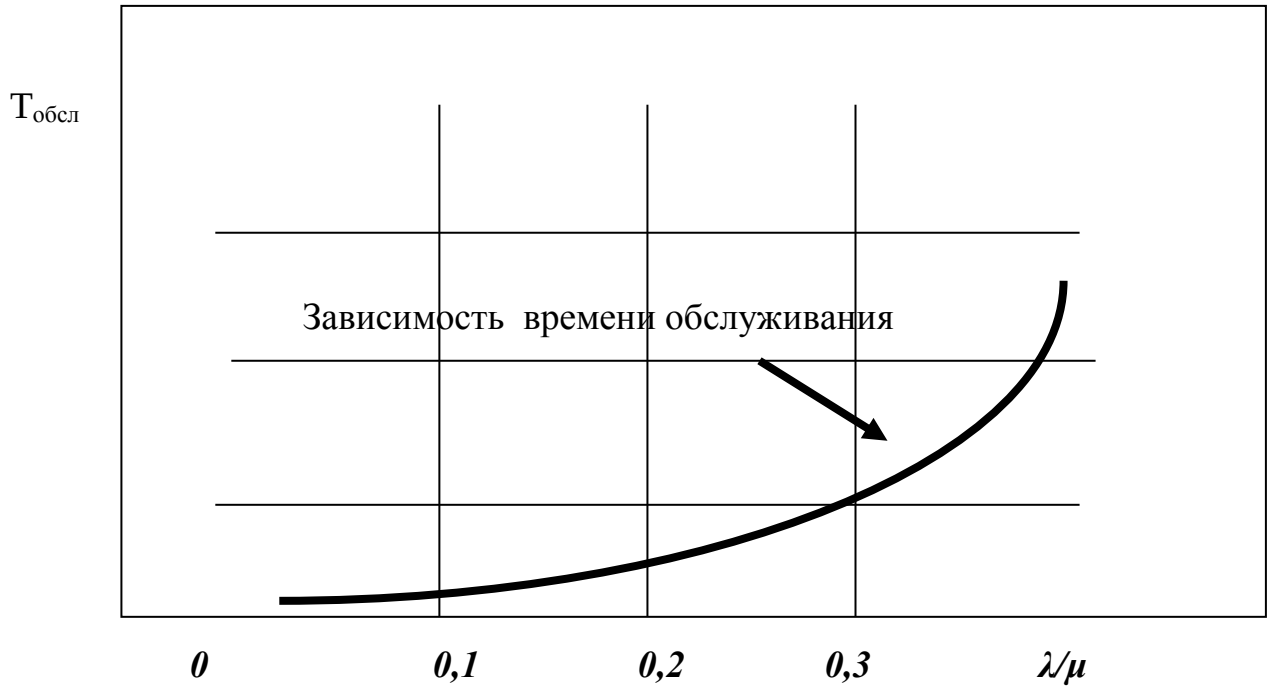


Рис. 8.8

Воспользовавшись данными расчетов при n = 6, $t_{обс}$ = 4 часа и λ = 30, установили, что вероятность отказа в обслуживании для инженерной службы составляет p = 0,362, то есть только 36% дохода в среднем она потеряет. Средняя загрузка передвижных постов составит 79,8 %, пропускная способность около 19 заявок за день.

Вывод: для увеличения доходов инженерной службы число постов следует увеличить до уровня, при котором вероятность потери заявки, допустим, будет менее 0,6 %. По данным вариантного расчета, необходимо иметь 15 передвижных постов, что вряд ли возможно. Альтернативный вариант – увеличение производительности постов, например, на 20 % (до 3,2 часа). В этом случае вероятность обслуживания возрастет до 74 %. Интересно отметить, что если 6 постов будут обслуживать вдвое меньший парк комбайнов, вероятность обслуживания при $t_{обс}$ = 4 часа возрастет до 90 % и вероятность потери заявок сократится в 3,6 раза (рис. 8.9). Расчет экономической целесообразности той или иной структуры системы можно выполнить по приведенным ранее критериям эффективности, в данном случае для системы с отказами.

Надежность обслуживающей системы при неустойчивости по управляющему параметру – производительности постов

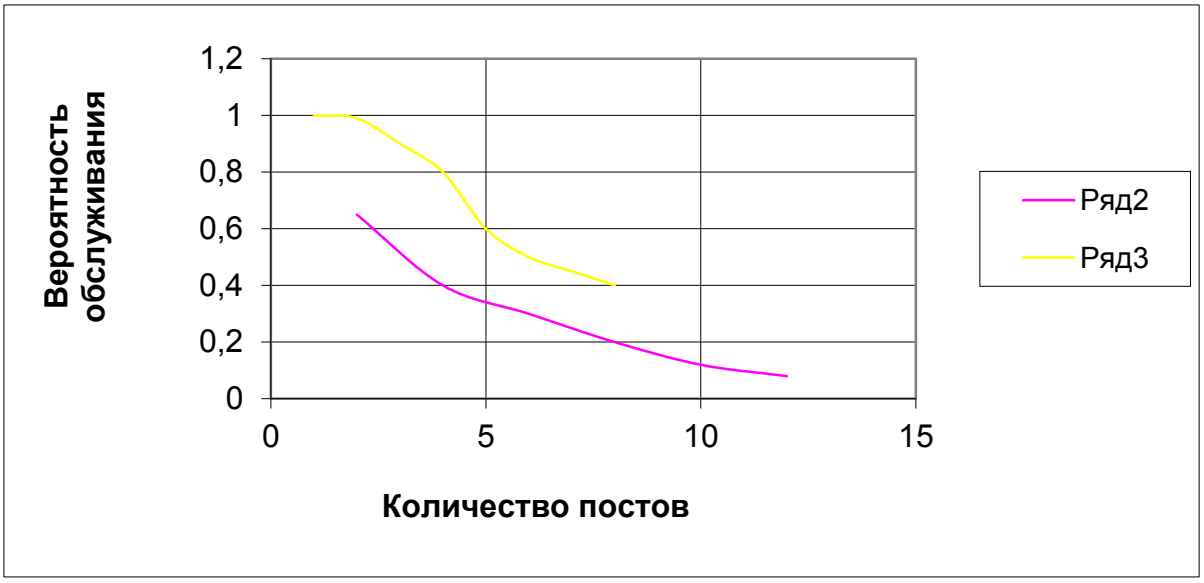


Рис. 8.9

Рассмотрим систему с отказами при применении ненадежных постов обслуживания. Выход из строя последних может происходить по техническим причинам, в том числе при переездах, из-за ошибок диспетчера или невыхода персонала на работу. В случае отказа поста обслуживания происходит и отказ в обслуживании. Используются следующие формулы (табл. приложения) для определения: вероятности того, что k постов находится в нерабочем состоянии в момент времени t;

♦ вероятности того, что объект не будет обслужен из-за занятости и неисправности постов;

♦ вероятности отказа в обслуживании из-за отказа поста во время обслуживания;

♦ суммарной вероятности отказа в обслуживании; вероятности того, что вновь поступившее требование будет обслужено;

♦ математического ожидания числа занятых постов обслуживания;

♦ математического ожидания числа постов, находящихся в нерабочем состоянии;

♦ математического ожидания числа исправных постов, не занятых обслуживание;

♦ коэффициента надежности системы.

Отказ постов обслуживающей системы чаще встречается в производственных операциях, например, при обслуживании сеялок загрузчиками.

Системы обслуживания с последовательно расположенными однотипными или разнотипными подсистемами обслуживания могут применяться для

описания операций с резервами. Если звенья зерноуборочных комбайнов не справляются со своевременной уборкой, может включаться в работу резерв, аналогично на пахоте, севе и др. Варианты системы: разнотипные машины в обслуживающей системе и их различное количество в работе и в резерве.

Например, ремонтно-обслуживающие работы по сельхозмашинам при перегрузке машинного двора можно передавать в ремонтную мастерскую, в этом случае обслуживающие посты будут разнотипными.

Для системы с однотипными постами выходные параметры определяются по формулам Эрланга. Отказы машинно-тракторных агрегатов в районной системе ТО и ремонта (типа МТС) устраняются в производственных подразделениях, на центральных усадьбах хозяйств и с помощью передвижных бригад, причем отказ устраняется передвижной бригадой при загрузке постов в подразделениях и т.д. Подобная схема обслуживания имеет место при системе дилеров.

Прообразом подобной системы являются межхозяйственные предприятия по механизации (МХПМ). Например, за день возникает 96 отказов, имеется n = 36 постов по устранению отказов в спецотделениях МХПМ, S_2 = 15 передвижных постов и оборудовано S_3 = 5 постов при ремонтных мастерских хозяйств.

Рассматриваем отказы II и III групп сложности со средним временем устранения в производственных условиях $t_{обс}$ = 8 час. Вероятность отказа поста обслуживания из-за недостатка запчастей или другим причинам равна n’ = 0,1. По формуле Эрланга определили, что из всего количества отказов около 26,9 % будет обслуживаться в МТМ, оставшиеся поступят на передвижные посты. Из-за ненадежности постов мастерских ими будет устранено только 26,9 % (1 – 0,1) = 31,89 отказов при загрузке N_3 = 35,43 поста, или 98,4 %. Так как свободного времени у них практически нет (около 1,6 %), то можно сделать вывод об их перегрузке.

По данным расчетов, передвижные посты обслужат 52% требований из числа поступивших; все три уровня будут практически полностью загружены работой ($К_з$ = 97,7…98,4 %). Обслуживание требований происходит следующим образом – в среднем в мастерских МТМ ежедневно устраняют 32 отказа, передвижные посты – 45 отказов, в ЦРМ – 19 отказов.

Целесообразно рассмотреть другие варианты и установить наиболее рациональный из них.

Аналогично выполняются расчеты для системы с последовательно расположенными постами обслуживания различной производительности.

В условиях конкурирования организаций технического сервиса целесообразно рассматривать ситуацию, когда слишком длительное обслуживание вызывает желание клиента обращаться к фирме-конкуренту. Постановка задачи состоит в следующем.

Интервалы времени между появлением требований распределены по экспоненциальному закону, система сервиса имеет несколько подсистем с производительностями, характеризующимися μ_1, μ_2 и т.д. Например, в систему агротехсервиса поступает в среднем 4 требования на запчасти за час, время переда-

чи сообщения составляет в среднем 30 мин. (μ_1 = 2), время доставки запчасти один час (μ_2 = 1). Вероятность обслуживания составит в соответствии с теоремой полной вероятности

$$p_{обс} = 1 - p_{отк} \qquad \textbf{(8.33)}$$

Конкурирующая система при прочих равных параметрах имеет $\mu_2 = 4$, соответственно $p_{обс}$ = 0,278. Система в сравнении с конкурентом имеет почти столько же шансов удовлетворить требованиям клиента (примерно в 4,5 %), однако может выиграть в издержках за счет сокращения производительности второй подсистемы в два раза.

Аналогично можно рассчитать параметры системы с тремя подсистемами различной производительности, расположенными последовательно /281/.

Например, во время заготовки силосных культур, в среднем заготавливается силосной массы за неделю в объеме, достаточном для заполнения пяти хранилищ. Имеются три различных гусеничных трактора, первый из них уплотняет одну траншею в неделю, второй – две и третий – три (μ_1 = 1, μ_2 = 2, μ_3 = 3). Требуется определить эффективность кормозаготовки. Рассчитаем вероятность того, что все тракторы загружены в момент t_i . Она составит $p_{отк}$ = 0,01. Вероятность того, что вся масса будет своевременно уплотнена $p_{обс} = 1 - p_{отк}$ = 0,99. В случае, если $\mu_2 = \mu_3$, вероятность отказа равна $p_{отк}$ = 0,02. Если же $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$, то $p_{отк}$ = 0,14. Следовательно, можно каждый третий трактор заменить на менее мощный, стоимость которого меньше на 250-270 тыс. рублей (текущие цены).

Возможны случаи, когда требование (предмет труда, заявка на ремонт и т.д.) последовательно обрабатывается в двух и более фазах (операциях технологической системы), причем, если обслуживание не будет своевременно выполнено, требование теряется (имеет место отказ в обслуживании). Под потерей требования условно может пониматься простой на какой-либо операции, приводящий к снижению пропускной способности системы (функциональному отказу). Зависимости для расчета вероятностей отказа трехоперационного технологического процесса приведены в табл. приложения. Например, имеется технологическая линия, включающая транспортер-питатель, и измельчитель-дробилка, питатель, масса подается порциями, распределение времени между моментами подачи – экспоненциальное с λ = 1 порции/мин, механизм обслуживания на каждой операции характеризуется соответственно μ_1 = 1 и μ_2 = 1. В случае, если следующая порция подается в момент, когда предыдущая не обработана, происходит технологический отказ. Вероятность последнего, по данным расчета (см. табл.), составит $p_{отк}$ = 0,625.

Вывод: согласованная по производительности традиционными методами расчета линия даст значительные сбои при стохастическом входящем потоке.

Рассмотрели системы, в которых требования на обслуживание при занятости постов становятся в очередь. Для многофазных систем это идентично об-

разованию межоперационных или межфазных заделов (запасов), так как поступающие требования вначале обрабатываются (обслуживаются) в первой фазе, затем становятся в очередь и/или обслуживаются во второй фазе и т.д. Если требование попадает в буфер и становится в очередь, производительность системы снижается за счет параметрического отказа, так как могут наблюдаться и очереди, и простои фаз. Допущения относительно характера потоков требований и механизмов обслуживания те же, что и в моделях раздела.

Вначале рассмотрим системы с одним постом обработки (обслуживания) требования в каждой фазе для разомкнутой системы (см. рис.8.7), то есть когда обслуженные требования в систему не возвращаются. Требования обслуживаются по мере поступления. В системе может находиться одно, два и т.д., требований.

Используя мнемоническое правило, запишем /26, 58, 281/

$$\begin{cases} p_0(t)/dt - \lambda * p_0(t) + \mu * p_1(t), \\ \dots\ \dots\ \dots \quad \dots\ \dots\ \dots \quad \dots\ \dots\ \dots \\ dp_n(t)/dt = \lambda * p_{n-1} - (\lambda + \mu) * p_n(t) + \mu p_{n+1}(t). \end{cases} \qquad \textbf{(8.33)}$$

Для однопостовой системы

$$dp_n(t) / dt = 0, \qquad \textbf{(8.34)}$$

следовательно

$$\begin{cases} -\lambda p_0(t) + \mu * p_1(t) = 0, \\ \dots\ \dots\ \dots\ \dots\ \dots\ \dots \\ \lambda * p_{n-1}(t) - (\lambda + \mu) * p_n(t) + \mu * p_{n+1}(t) = 0. \end{cases} \qquad \textbf{(8.35)}$$

Могут быть варианты: однофазные и многофазные системы. В первом случае имеется один или n постов обслуживания. Например, на центральном машинном дворе работает пять рабочих (n = 5). В среднем за день необходимо обслужить десять (2…10) требований (выдать или принять технику, провести техобслуживание при хранении, устранить отказ и т.д.). Обслуживаемый парк машин характеризуется тем, что выход из строя одной машины не зависит от состояния другой. В среднем за день при полной 1…100 %-загрузке один рабочий выполняет μ_2 = 2,5 требования. Тогда вероятность простоя всех работников одновременно составит p_c = 0,013, вероятность того, что все работники занятые p_n = 0,554. Продолжительность ожидания, требования в очереди составляет $t_{ож}$ = 1,55 часа при ее численности около 11 машин, ожидающих обслуживания. С вероятностью 96-97 % требование начнет выполняться в день его поступления.

Рассмотрим второй пример. В среднем в сельскохозяйственное предприятие поступает в полгода μ_2 = 20 новых сельхозмашин, для хранения которых в транспортном состоянии имеется n = 5 мест под навесом. Одна машина прохо-

дит досборку, предэксплуатационное обслуживание и обкатку в течение шести (μ_2 = 0,2) недель. Определить, достаточно ли мест под навесом, как загружен слесарь-ремонтник и другие параметры системы.

При расчете по формулам (см. прил.) определили вероятность того, что:

- под навесом нет ни одной сельхозмашины p_0 = 0,013;
- все места под навесом заняты p_n = 0,555;
- среднее время ожидания начала сборки $T_{ож}$ = 19,8 суток;
- среднее число необслуживаемых сельхозмашин $M_{ож}$ = 11,0;
- среднее число сельхозмашин, поступивших в хозяйство, но не подготовленных к эксплуатации M_c = 12,5;
- в среднем 20 % площади под навесом свободно;
- не более чем в 7,4 % случаев поступившая новая сельхозмашина будет разгружена не под навес.

Если поступающие требования обслуживаются в двух фазах (подсистемах, операциях), в каждой из которых может находиться не более одного требования, также можно по аналитическим зависимостям рассчитать показатели системы.

Например, поступающие на въезд в элеватор автомашины сначала исследуются (берутся на анализ пробы зерна), затем взвешиваются, причем λ = 20 автомашин/час, μ_1 = 40 (исследование), μ_2 = 25 (взвешивание). Рассчитали (см. табл. Приложения) следующие показатели:

- вероятность отсутствия автомашин на въезде на элеватор p_{ao} = 0,10;
- всего автомашин в среднем на въезде в элеватор $M_{ож}$ = 5,0;
- средняя длина очереди на исследование $M_{ис}$ = 1,0;
- средняя длина очереди у весовой $M_{вес}$ = 4,0;
- в среднем будет простаивать около 40 % времени лаборант, берущий на анализ пробы зерна и около 10 % - весовая;
- очередь у въезда может достигнуть 20 автомашин с вероятностью не более 0,1 %.

На основании расчетов можно сделать не только экономическую оценку варианта, но и предусмотреть: место для стоянки 20 автомашин, расширение числа весовых.

Замкнутые системы имеют место в этом случае, когда обслуживаются МТА посевного и кормодобывающего звена, пахотного отряда, уборочного комплекса, отряда химизации и т.д., отказ одной машины влияет на параметр входящего потока λ из-за относительно небольшого числа объектов обслуживания. Обслуженная машина возвращается на место своей работы.

Для замкнутой однопостовой и многопостовой однофазной системы известны формулы для расчета практически всех, ранее указанных параметров /281/.

Например, для обслуживания десяти (m = 10) зерноуборочных комбайнов 'ДОН-1500" имеется три специально оборудованных мастерских на базе автомобиля. Время обслуживания характеризуется математическим ожиданием μ =

5 машин/сутки. В среднем выходит из строя при двухсменной работе один (λ = 1) зерноуборочный комбайн, то есть наработка на отказ составляет 20 часов в среднем, что соответствует данным МИС.

Произведя вычисления по приведенной формуле, установили следующее. В течение суток рабочие мастерской будут отдыхать в среднем 1,1 час, в то же время в очереди на обслуживание будет находиться в среднем μ_1 = 1,6 % зерноуборочных машин.

8.3. Методы исследования режимов работы и структуры организационных систем

8.3.1. Постановка задачи: для сельскохозяйственного административного района требуется определить потребность в тракторах и сельскохозяйственных машинах (по видам, маркам, модификациям). Известны: план производства продукции до конца пятилетки и на перспективу; районная планировка размещения и развития производительных сил, планы рационального размещения производственных и общественных зданий, жилых массивов, землепользования, электрификации, водоснабжения, а также трудовые, материальные ресурсы и финансовые возможности. Имеются данные о составе МТП в настоящее время и предшествующие годы, об объемах механизированных работ, о расходовании топливо-смазочных материалов, о реальном выполнении планов производства продукции растениеводства и животноводства.

Основная методологическая посылка к разработке методов решения задач перспективного планирования и прогнозирования – системный подход. Последний по определению В.Н. Садовского выражает процессуальный, методологический, рефлексивный аспект системных исследований и представляет собой эксплицитное выражение процедур определения объектов как систем и способов их специфически системного исследования (в данном случае – предсказания и планирования). Вначале системный подход конкретизировался в эмпирическом и интуитивном описании объекта исследований – организационно-технического комплекса, структур управления, механизмов функционирования. За основу проведенных исследований принята идея системности и понятие системы. Под системой понимали эмерджентную совокупность взаимосвязанных системообразующим фактором элементов, выступающих как совокупность, ориентированная на достижении одной или нескольких идентичных или смежных целей сельскохозяйственного производства. Было выявлено многообразие связей и взаимоотношений, а для уборочно-транспортных и заготовительных работ – сформирована целесообразная система. Она базируется на технологии производства и системно обоснованной структуре механизма функционирования.

Элементы рассматриваемой системы не являются “отдельными”, а приводятся в связи с учетом их места (в составе уборочно-транспортных комплексов, посевных звеньев и др.). Элементы анализируются как относительно неделимые, то есть целостные в рамках решения поставленных задач. Свойства

объекта, как эмерджентной системы, определяются не только и не столько свойствами его отдельных элементов, сколько свойствами его структуры, нетривиальными интегративными связями элементов и их совокупностей.

По указанным причинам поставленная задача планирования и прогнозирования состава машинно-тракторного парка неотделима от анализа условий его эксплуатации и анализа внешних условий. Сложность поставленных задач заключается и в разработке способов соединения, синтеза в теоретико-эмпирическом знании отдельных представлений о системном объекте исследований, в качестве которого выступает машинно-тракторный парк.

Таким образом, методология системного подхода обуславливает выполнение прогнозирования и перспективного планирования потребности в сельскохозяйственной технике и автотранспорте не в виде формальных процедур интеграции, аддитивного суммирования свойств каждой отдельно взятой сельскохозяйственной машины или трактора (к примеру, по принципу – 10 идентичных агрегатов на базе тракторов ДТ-75М выполняют в 10 раз больший объем работ, чем один такой же агрегат), или в виде формальной экспраполяции временных рядов факторов – показателей использования МТП, но на основе системных представлений и конкретно научных знаний о системе использования ЭМТП. Следовательно, требуется обосновать МТП во взаимосвязи с организацией и технологией его использования, то есть фактически потребность в различных ОТК.

Конкретно-научные знания представляются как теоретические концепции, модели, и эмпирические системные конструкции.

В качестве теоретических системных концепций для решения поставленных задач следует использовать такие методы системотехники и исследования операций, как теория графов (оптимизация технологических процессов, технических комплексов, задач размещение стационарных средств механизации и т.п.), потоки в сетях, целочисленное программирование и комбинаторика (ситуационное управление, задачи о кратчайшем пути, многопродуктивные потоки), теория массового обслуживания (ремонт, техническое обслуживание, стохастические элементы со стационарным, ординарным и без последствия входящим потоком заказов на автотранспортное обслуживание, управляющие воздействия), теория полезности (ситуационное управление), теория игр и имитационное моделирование (создание моделей организационно-технических комплексов и системы в целом), системный анализ для решения деловых и промышленных проблем.

К эмпирическим системным данным относятся сведения о работе техники в составе УТК, посевных звеньев, эмпирические модели зерноуборочных комбайнов, жаток, волокуш, машинно-тракторных агрегатов, регрессионные корреляционные уравнения и матрицы, результаты обработки экспертных оценок и временных рядов признаков системы или ее элементов.

8.3.2. Важнейшая черта исследований по разработке системы УТЗП в РАПО – прогнозирование и планирование развития системы в будущем. В дан-

ном случае наиболее важно знать потребность в МТП и ОТК, как наиболее значимой по затратам средств части системы.

Известно более ста методов прогнозирования. По существу они сводятся к экстраполяции, экспертным оценкам, морфологическому расчленению и моделированию.

Прогнозирование на основе экстраполяций основывается на переносе событий и состояний, имевшим место в недалеком прошлом, на будущее. В статистической задаче экспраполяции прогнозирование главного фактора y сводится к выбору таких параметров $x_1, x_2, \ldots x_p$ регрессии, которые находятся в пределах генеральной совокупности исследуемой области /73/

$$y - Y = a_1(x_1 - X_1) = a_2(x_2 - X_2) + \ldots + a_p(x_p - X_p) \qquad (8.36)$$

где Y– среднее значение y;

$\underline{X}$– среднее значение параметров x;

P – число параметров.

Линию, наиболее соответствующую экспериментальным данным, подбирают методом наименьших квадратов. Разновидность - прогнозирование параметра по критериям подобия $\lambda = \lambda x_p$. В этом случае применяется аппроксимация λ различными элементарными функциями; в общем виде решение задачи сводится к определению параметров a и b уравнения /72/

$$y = a +- b*z, \qquad (8.37)$$

а прогнозируемый фактор выбирается в пределах /73/

$$\begin{aligned} x &= (\lambda min + \lambda max)(a +- bz) \\ x &= (\lambda min - \lambda max)(a +- b\sqrt{z} +- c) \\ x &= (\lambda min \ldots . \lambda max)(a +- bz^3) \end{aligned} \qquad (8.38)$$

В динамической задаче экстраполяции анализируются признаки по их динамическим рядам, которые аппроксимируются различными способами, например

$$y = a_0 +- a_1\tau +- a_2\tau +- \ldots . +- a_n\tau \qquad (8.39)$$

либо “эволюционной” матрицей /73/

$$\begin{matrix} a_1(t_0)a_1(t_1)a_1(t_2)a_1(t_3)\ a_1(t_4)\ldots a_1(t_m) \\ a_2(t_0)a_2(t_1)a_2(t_2)a_2(t_3)\ a_2(t_4)\ldots a_2(t_m) \\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots \\ a_n(t_0)a_n(t_1)a_n(t_2)a_n(t_3)\ a_n(t_4)\ldots a_n(t_m) \end{matrix} \qquad (8.40)$$

Основное сомнение в возможностях этого метода заключается в правомерности переноса ретроспективных тенденций на будущее, что актуально в отношении вопроса планирования потребности в МТП, так как существующее положение дел требует принципиального изменения подхода к насыщению техникой сельского хозяйства. Действительно, дальнейшее насыщение колхозов и совхозов техникой не приводит к увеличению производства зерна, мяса, молока и других сельхозпродуктов, а приводит лишь к уменьшению коэффициента использования МТП.

В.Г. Гношинский и Г.Н. Флиорент аргументировано показали крайнее несоответствие метода экстраполяции логике будущих событий в развитии новой техники. Область метода экстраполяции ограничена прогнозированием эволюционных ситуаций и процессов, медленно изменяющихся во времени. Следовательно, прогнозировать потребность в МТП методом экстраполяций означает движение в фарватере сложившихся тенденций и условий, без стремления к преобразованию сложившейся неблагоприятной ситуации.

Экспертный метод приемлем для уяснения состояния вопроса и существующих тенденций при его более строгом применении. Альтернатива этому методу – монографические исследования (аналитический обзор исследований).

Морфологический метод основан на разделении проблемы на “цели” прогнозирования, каждой из которой присваивается определенный “вес”. Расчленение производится до тех пор, пока становится возможным конкретное решение задач, вытекающих из целей прогнозирования (например, система “ПАТТЕРН”). Однако вес целей определяется по методу "Дельфы", что сообщает морфологическому расчленению все недостатки метода экспертных оценок. В данном случае определить "веса" подцелей прогнозирования и планирования МТП можно весьма ориентировочно. Моделирование включает разновидности: логическое, информационное, аналоги, игры, математическое и пр.

Математическое моделирование является наиболее общим и строгим методом планирования и прогнозирования МТП, в особенности метод системного динамического моделирования /225, 477/.

Пользуясь терминологией В.А. Лисичкина /223/, будем называть прогнозирование краткосрочным (2-4 года), среднесрочным (4-10 лет), долгосрочным (5-19 лет). В данном случае решается задача краткосрочного (планирование режимов работы) и среднесрочного (прогнозирование структур).

8.3.3. Задача планирования сводится к установлению пропорций между производством продукции на различных видах операции и ИТО, обеспечивающих бесперебойную работу всех элементов системы, соблюдение агротехнических сроков и параметров обработки зерна и НЧУ, максимальный сбор урожая зерновых колосовых, оптимальные уровни заделов и запасов предмета труда, сырья, материалов для ТО, ремонта; вид и уровни резервирования. В состав НТО входит МТП.

В соответствии с принятой классификацией АПО, модели задач планирования относятся к множествам IV, V, VI и определяются соотношением

(8.41)

$$(\forall\{АПО \in [68, 3000]\} a_1 \subseteq Z \subseteq a_2$$

Таким образом, модели планирования МТП должны учитывать вероятностные условия и факторы УТЗП, учитывать физическую сущность процесса. Вместе с тем, поскольку нижняя граница временного интервала планирования МТП имеет значение t = 68 час. На первом этапе планирования (на текущий сезон) приемлемы и расчетные методы, учитывающие изменяющиеся условия в виде точечных оценок их распределения.

Последовательность планирования должна включать сбор и анализ исходных данных, расчет потребности в технике по модели технологического процесса, анализ результатов расчета, выбор наиболее эффективного варианта, сопоставление с местными условиями (рис. 8.10).

Перспективное планирование (прогнозирование) МТП включает задачи выбора оптимального . технологического комплекса машин с учетом перспективных технологий, возделывания, конкретных природно-климатических условий, развития конструкций машин, организации и технологии их использования. При этом с точки зрения системного подхода, более правильным будет обоснование потребности в ОТК (УТК, ЗРК, ПНЗ) (рис. 8.10).

8.3.4. Перспективное планирование комплекса средств механизации и технологических комплексов машин должны проводиться из условия обеспечения проведения полевых и других работ по оптимальным технологиям не только в одном узком классе, но и во всем интервале встречающихся в зоне условий.

Задача выбора перспективных технологических процессов и комплексов машин, выполняющие их в производственных условиях, требует значительных затрат средств и времени. Поэтому для предварительного прогнозирования необходимо использовать методы математического моделирования сельскохозяйственных процессов на ЭВМ.

Комбинаторная задача выбора, для конкретной производственной ситуации, из всех возможных технологических вариантов наиболее рациональных, формируется в терминах теории графов. Но для обоснования технологических комплексов машин необходимо учитывать все возможные значения параметров внешних условий представленных законами распределений и дать вероятностную оценку эффективного использования рациональных комплексов.

Распределение вероятностей рациональных технологических комплексов машин и учет особенностей производства позволят осуществить принятие окончательного решения по выбору одного или нескольких видов рациональных комплексов машин (при небольших дополнениях марочного состава к наиболее эффективно используемому для данных условий технологическому комплексу машин).

Последовательность прогнозирования
структуры машиноиспользования



Рис. 8.10

Методика прогнозирования потребности в МТП

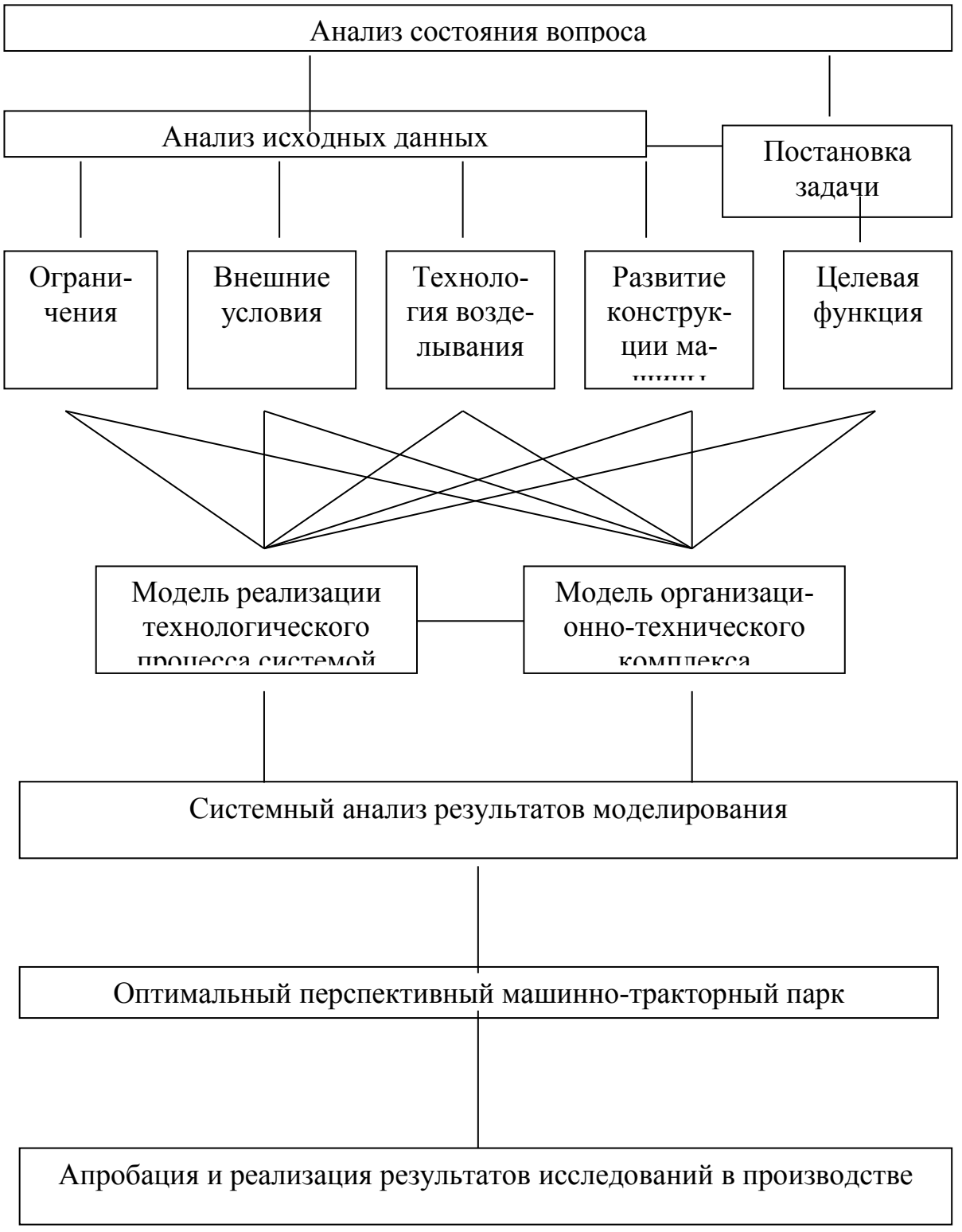


Рис. 8.11

Статистические характеристики функционирования рациональных технологических комплексов машин – производительность, затраты труда и средств и др., изменение которых обусловлено вероятностной природой внешних условий, могут быть определены с помощью метода Монте-Карло. Изменение статистических характеристик, например, уборочных процессов, используемых путем варьирования случайных значений параметров – урожайности культур, соломистости, влажности, размеров полей, расстояний перевозок. Задавая параметры внешних условий случайными значениями в области существования представляющих их статистических моделей, можно полностью управлять процессом, выбора оптимальных комплексов и средств механизации.

8.4. Методы решения задач оперативного обслуживанияс организационных систем

8.4.1. Под методом обычно понимается совокупность приемов или операций практического или теоретического освоения действительности, подчиненных решению конкретной задачи. В качестве метода могут выступать: система операций при работе на определенном оборудовании, приемы научного исследования и изложения материала и пр. Основное содержание научного метода составляют прежде всего научные теории, проведенные практикой: любая такая теория по существу выступает в функции метода при построении других теорий в данной области знания, определяющего содержание и последовательность экспериментальной деятельности. Формируясь в качестве теоретического результата прошлого исследования, метод выступает как исходный пункт и условие последующих исследований.

Методы науки об использовании, управлении работой машин и технических систем в сельском хозяйстве могут быть условно классифицированы по различным признакам. Действительно, известны методы эксперимента, обработки эмпирических данных, методы построения научных теорий и их проверки, методы изложения научных результатов, а также количественные, качественные, детерминированные, вероятностные, системные и др.

В данном случае рассматриваются обоснованные теоретические положения, которые могут быть положены в основу теоретических разработок об оперативном обслуживании управляющими воздействиями УТЗП на всех уровнях.

Методическая основа таких исследований – системный подход, который ориентирует указанные исследования на раскрытие естественных объективных технических, социальных, экономических зависимостей, выявление способов разрешения системопорождающих противоречий.

Это первый по важности метод, которым необходимо руководствоваться

при решении задач оперативного обслуживания на всех уровнях, он описан ранее, в главе 1.

Сущность системного подхода к разработке подсистемы оперативного управления УТЗП состоит в выделении структур управления, необходимых и достаточных для реализации целей управления в условиях действия ограничений на трудовые и материальные ресурсы.

Системный подход реализуется применением метода моделирования функционирования УТЗР и его элементов для того, чтобы выявить теоретические исходы различных управленческих решений и выбрать наилучший. Моделирование ситуаций позволяет, использовать ЭВМ, прогнозировать развитие УТЗР и тем самым предотвратить непроизводительные расходы средства затраты труда. Известны различные методы моделирования, которые классифицируют как детерминированные и вероятностные. В данном случае объект исследований имеет вероятностную природу; наибольшее влияние имеют погодные факторы, так как они приводят к функциональным отказам системы УТЗП, то есть прекращаются операции (свал, подбор, обмолот, перевозка зерна, лущение, скирдование и др.).

Функциональные отказы системы являются вынужденными, так как вызываются нарушением регламентированных условий производства.

При решении задач оперативного управления, погодные условия можно учесть в случае, если моделирование процесса осуществляется на ЭВМ. Как показывает опыт, имеется реальная возможность расчета различных вариантов ситуаций и выбора наилучшего в конце рабочего дня, причем план может быть “на завтра” и “на послезавтра”.

Большую трудность представляет учет собственных отказов системы УТЗР, вызванных изменением состояния ее элементов и нарушением функциональных связей между ними (отказы технических средств: зерноуборочных комбайнов, машинно-тракторных агрегатов, транспортных средств, зерноочистительно-сушильного оборудования, погрузочно-разгрузочных средств и др.; нарушения графика вывоза зерна на ХПП, рассогласование производительностей звеньев: по подбору, обмолоту валков и уборки НЧУ; на уборке НЧУ и лущения; по обмолоту хлебной массы и транспортных звеньев; по перевозке зерна на ток и ЗСК; по ЗСК и вывозке зерна на ХПП), а также несоответствие потребности в ремонтно-обслуживающих воздействиях возможностям их удовлетворения и др. Согласованность элементов по производительностям обеспечивается структурой и составом технических средств. На стадии проектирования системы предусматриваются возможность оперативного ТО, ремонта, а также культурно-бытового, идеологического обеспечения, стимулирования и оплаты труда.

По указанным причинам при решении задач оперативного управления следует учитывать:

а) производительности технологических элементов (ЗСК, УТК, ПНЗ, АТК и др.), а также вспомогательных подсистем определяются их структурой и закладываются на стадии проектирования системы УТЗР;

б) в регламентированных условиях УТЗП отклонения производительностей элементов и подсистем находятся в пределах погрешности технологических расчетов и управления.

Допустимая погрешность управления может являться компромиссным решением между затратами на повышение его точности и ущербом от погрешности:

$$F = tC_1 + \delta C_2 \rightarrow min \qquad (8.42)$$

где F – целевая функция;

t, δ – соответственно точность расчетов и погрешность решений;

c_1 и c_2 – соответственно затраты на обеспечение точности расчетов и ущерб от погрешности принятых решений.

Точность расчетов зависит от качества исходных данных и адекватности используемой модели. Анализ диспетчерских данных показывает, что точность исходной информации по работе УТК, ЗСК и др. составляет от 94 до 99 %, а точность данных о поступлении зерна не менее 99,7 % (за исключением случаев преднамеренного искажения отчетности). Дальнейшее уточнение данных о работе УТК, ЗСК и других производственных элементов требует изменения техники замеров показателей, усложнения системы сбора и обработки данных.

Погрешности принятия решения определяются, в свою очередь, точностью расчетов и погрешностями: подсистемы анализа, подсистемы выработки управляющих воздействий, подсистемы передачи данных.

Рассмотрим экстремальный случай, когда погрешность принятия решения соответствует погрешности его исполнения (наиболее жесткий режим работы) с точки зрения требований к системе управления.

Из специальных исследований, выполненных в лаборатории механизации уборки зерновых колосовых культур ВНИПТИМЭСХ В.А. Жуковым и др. известно, что производительность определяющей машины УТЗП – зерноуборочного комбайна из-за влияния ряда факторов колеблется, причем коэффициент вариации составляет около 10 %.

Предположим, что погрешность выработки управленческих решений не должна быть больше погрешности его реализации. Тогда адекватность модели (погрешность и доверительная вероятность результатов моделирования) определяется ошибкой реализации решения и погрешностями исходных данных, моделирования. В данном случае она составит ≤ 16 %.

Возможны два метода получения моделей задач оперативного управления: вероятностный и детерминированный.

Вероятностный метод учитывает стохастичность процесса и позволяет получить более точный результат; выявить точечные оценки параметров распределений выходных показателей. Реализация вероятностных моделей требует применения ЭВМ.

Детерминированные модели не учитывают вероятностных факторов, однако, влияние последних может быть устранено введением ограничений на

функционирование производственных элементов и подсистем. Указанные ограничения также должны быть учтены при их проектировании. Из опыта построения вероятностных моделей имитационным методом известна их адекватность: они описывают процесс с доверительной вероятностью 0,90...0,95 при погрешности 5...8 %. Следовательно, если влияние случайных факторов на УТЗП будет сведено до указанных значений в процессе разработки устойчивых структур УТЗР, можно ограничиться детерминированными моделями, рассчитываемыми на персональных ЭВМ.

Применение указанных персональных ЭВМ в Егорлыцком районе моделей позволяет решить задачи управления в заданных пределах, при $\Delta \leq 10$ %.

Под задачами оперативного обслуживания понимали: оперативное управление технологическим процессом или его отдельными параметрами, оперативное управление ремонтно-обслуживающими воздействиями и автотранспортом.

Начальные условия задачи в этом случае состоят в следующем. Имеется n объектов обслуживания (пунктов накопления зерна, работающих МТА, оборудования ППОЗ и др.) и k обслуживающих объектов (автотранспортных отрядов, агрегатов техобслуживания, ремонтных мастерских и пр.). Поток заявок на обслуживание носит стохастический характер. Объекты обслуживания работают посменно. Для разработки почасового графика работы обслуживающих объектов в течение дня проводится сбор заявок, которые ночью обрабатываются с целью принятия проекта плана работы “на завтра” и “на послезавтра”, причем заявка включает в себя всю информацию, необходимую для ее обслуживания.

Ограничения. Принимаются только заявки, имеющие все необходимое для их исполнения информацию с ограничением по объему работ. Последнее для АТК означает следующее: заявка на перевозку зерна должна быть достаточной для работы АТК в течение смены. Ограничения для обслуживаемых объектов могут состоять (для подсистемы автотранспортного обслуживания УТЗП) в том, что АТК комплектуется из машин одной марки, а работа АТК планируется для вывоза зерна не менее одного ПНЗ. При этом на ПНЗ посылается один автоотряд (исключение – догрузка отряда объемом работ до номинального попутно).

Решение задачи состоит: в создании аналитических зависимостей или имитационных моделей, описывающих производственные связи, материальные и информационные потоки; описании графа возможных ситуаций (рис.8.12).

Всевозможные ситуации рассматриваются с применением средств вычислительной техники. В диалоговом режиме или путем оптимизации вырабатывается проект плана “на завтра”, “на послезавтра” и др.

За основу моделей при ситуационном управлении целесообразно принять технологические зависимости следующего вида. Для производственных элементов организационно-экономическая сущность задачи заключается в расчете их потребности для выполнения УТЗР в установленные сроки. Этот расчет служит основой для осуществления планирования и регулирования УТЗР, текущей подготовки производства, для расчетов потребности в материальных и

трудовых ресурсах, а также является связующим звеном между оперативно-производственным и технико-экономичес-ким планированием, разработкой по известной методике бизнес-планом развития предприятия или его отрасли.

Устойчивость процесса обеспечивается соблюдением расчетных параметров. Расчет выполняется делением объема работ по каждому типу машин на их фактическую среднюю выработку за смену и за сутки, а также делением общего объема работ на сменную и суточную выработку ОТК

$$\left.\begin{aligned} n_i &= Q_i W_i^{-1} t_{\alpha,} \\ \mathrm{N_i} &= \mathrm{Q_i W_i^{-1} t_\alpha} \end{aligned}\right\} \qquad (8.43)$$

где n_i – потребность в машине i-й марки (1 – зерноуборочный комбайн; 2 – жатки; 3 – автотранспорт; 4 – лущильный агрегат; 5 – пахотный агрегат; 6 – стоговоз; 7 – фронтальный погрузчик; 8 – волокуша; 9 – скирдообразователь; 10 – транспортные средства для перевозки НЧУ; 11 – средства ТО; 12 – средства ремонта; 13 – приспособления; 14 – ЗСК; 15 – погрузчики зерна; 16 – открытые и закрытые хранилища для зерна, зерноотходов, НЧУ; 17 – транспорт для перевозок рабочих; 18 – прочие);

Q_i – плановые задания по производству зерна, НЧУ и объемы работ по операциям (1 – уборочная площадь, всего; j – уборочная площадь по j-й культуре; 1jk – уборочная площадь по j-й культуре k-й урожайности; 2 – план сдачи зерна государству; 3 – план заготовки НЧУ; 4 – план валового производства зерна; 5 – план засыпки семенного фонда; 6 – план производства фуражного зерна; 7 – задание на сверхплановое производство зерна; 8 – производство зерна для натуральной оплаты; 9 – задание на уборку прямым комбайнированием; 10 – объем работ по раздельной уборке; 11 – объем перевозок зерна на плече поле–ток; 12 – объем работ по уборке НЧУ; 13 – объем скирдования; 14 – объем перевозок НЧУ; 15 – объем очистки зерна на ЗСК; 16 – объем очистки и сушки зерна на ЗСК; 17 – объем хранения; 18 – объем погрузочно-разгрузочных работ; 19 – объем перевозок на плече ПНЗ–ХПП; 20 – объем работ на мехтоке; 21 – площадь лущения; 22 – объем работ по опашке полей, разбивке загонов; 23 – объем работ по ТО; 24 – объем работ по ремонту; 25 – объем работ по перевозке рабочих; 26 – объем работ по учету продукции; 27 – объем работ по идеологическому обеспечению; 28 – промежуточные объемы работ между операциями; 29 – дневные объемы работ; 30 – сменные объемы работ);

Влияние отдельных подсистем вводится уравнениями вида

$$\alpha = f(x_i), \qquad (8.44)$$

где x_i – показатели подсистем;

4 – количество звеньев ТО;

Z – количество мастеров-наладчиков; обеспеченность запчастями по их видам, наличие средств ТО и ремонта; расстояния до ЦРМ, райсельхозтехники; наличие и оперативность управленческой, диспетчерской связи; продолжитель-

ности передачи сообщений; время доставки запчастей, узлов, агрегатов и ТСМ; количество и характеристики звеньев по заправке ТСМ; показатели качества инженерного обслуживания по эксплуатационной настройке и организации использования техники; количество и мобильность передвижных столовых; условия отдела механизаторов, водителей и вспомогательных рабочих; продолжительности обеденных и межсменных перерывов; продолжительность смены; квалификация; эффективность стимулирования труда; действенность социалистического соревнования; качество автотранспортного обслуживания и др.

t – регламентированный период выполнения работ по видам (агросрок, цикл управления и пр.);

W_i – производительность по маркам машин (1 – зерноуборочные комбайны; 2 – жатки; 3 – автотранспорт; 4 – лущильные агрегаты; 5 – пахотный агрегат; 6 – стоговоз; 7 – фронтальный погрузчик; 8 – волокуша; 9 – скирдообразователь; 10 – транспортер для перевозки НЧУ; 11 – средства ТО; 12 – средства ремонта; 13 – приспособления; 14 – ЗСК; 15 – погрузчик зерна; 16 – открытые и закрытые хранилища; 17 – транспорт для перевозки рабочих; 18 – прочие).

α – совокупность поправочных коэффициентов; учитывающих организационные, технические, технологические, конструктивные, погодные и др. условия.

8.5. Оперативное обслуживание управляющими воздействиями автотранспортных систем

Начальные условия: имеется n пунктов накопления зерна (ПНЗ) и k автотранспортных отрядов (АТК). Поток зерна на ПНЗ носит стохастический характер (рис. 8.13). АТК распределяются ежедневно в начале первой смены, а работает, как и ХПП, в три смены. Первая смена – от 7.30 до 15.00; вторая – от 15.30 до 23.30; третья – от 23.30 до 7.00. Для разработки почасового графика работы АТК необходимо распределить отряды по ПНЗ. Информация о наличии на ПНЗ зерна поступает в центр управления перевозками утром ежедневно, а также прогнозируется в ходе планирования УТЗП и разработки его плана-графика. Полученные данные по объему зерна, пригодного к перевозкам, является одновременно и заявкой на перевозки. В заявке указывают номер ПНЗ и объем зерна к перевозке.

Ограничения: принимаются только те заявки, в которых заказанный объем перевозок достаточен для перевозки автоотряда.

Автоотряд комплектуется из машин одной марки, а его работа планируется для вывоза зерна из ПНЗ одного или нескольких хозяйств, причем на ПНЗ посылается один отряд (исключение – догрузка отряда объемом работ до номинального).

Решение задачи. Производственную программу по эксплуатации АТК рассчитаем, исходя из его производственной мощности и производительности. Расчеты ведут по каждому отряду, а затем суммируют по АТК.

Вначале необходимо рассчитать среднесписочное количество автомобилей и автопоездов. Оно рассчитывается по формуле

$$A=A_1+A_2-A_3\,, \qquad (8.45)$$

где A_1 – количество автомашин на началок;
A_2 – количество прибывших автомашин;
A_3 – количество выбывших автомашин.

Граф возможных ситуаций (на примере УТЗП)

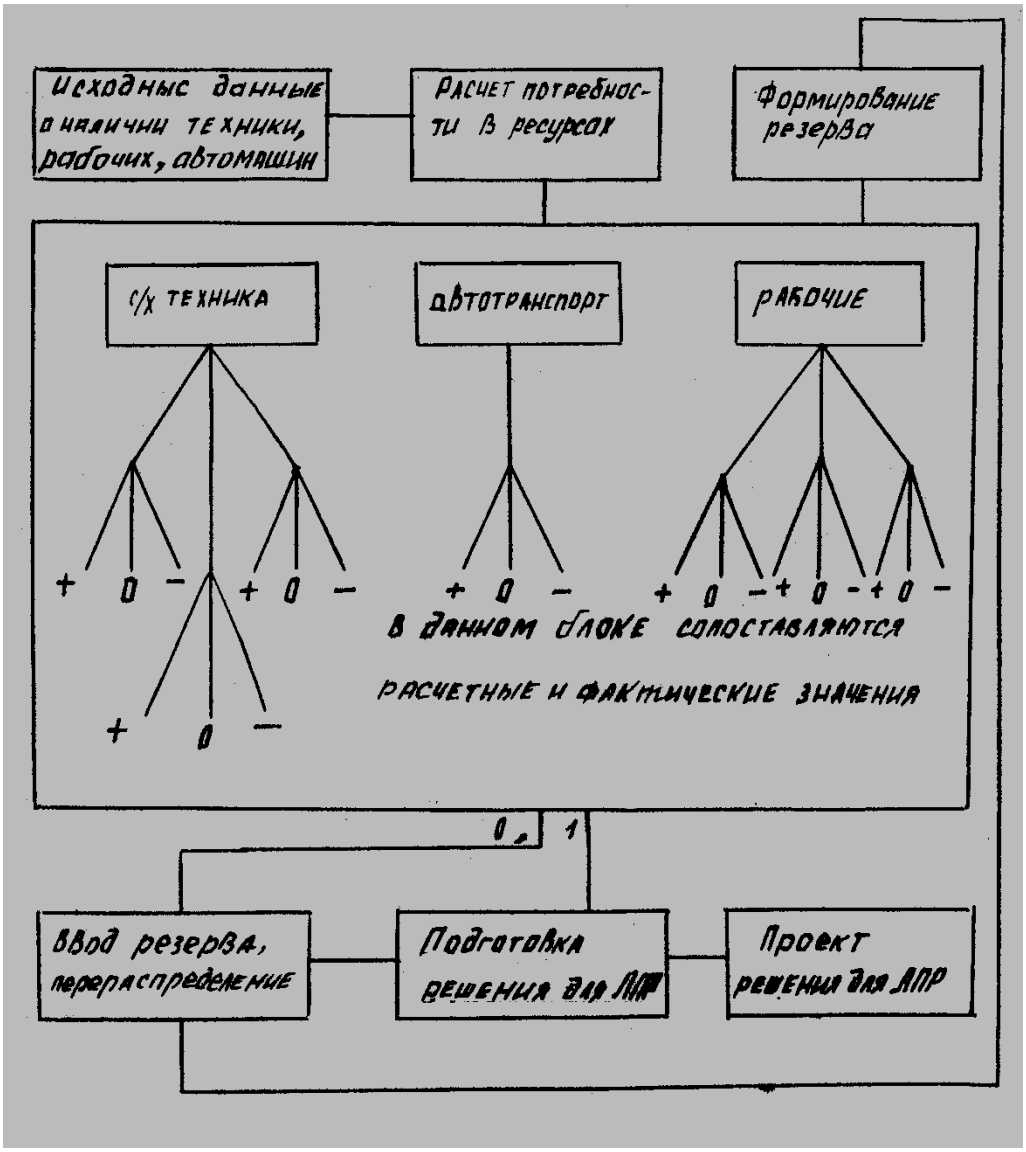


Рис.8.12

Затем вычисляем среднесписочное количество автомашин на планируемый период

$$A_1 = \left[A \cdot \Delta + A_2 D_1 - A_3 D_3\right] D^{-1} \qquad (8.46)$$

где D – продолжительность планируемого периода;

D_1 – число дней пребывания автомашин в автоотряде за планируемый период;

D_2 – количество дней недоработки автомобилями, выбывшими в планируемом периоде.

Суточная производительность автоотряда определялась по формуле (ГОСТ 20738-75)

$$Q = qT_H \cdot V_T \cdot \beta \cdot \gamma_C \cdot A_1 q(t_{er} + t_{np}\beta \cdot V_T)^{-1} \alpha_1 \alpha_2 \qquad (8.47)$$

где $T_н$ – время в наряде, $T_н = 7$ час.;

V_m – среднетехническая скорость (табл. 8.2);

β – коэффициент использования пробега, β = 0,5;

γ_c – статический коэффициент использования грузоподъемности;

l_{ez} – расстояние ездки с грузом, км;

$t_{пр}$ – продолжительность погрузочно-разгрузочных работ, час.;

q – грузоподъемность в кг;

α_1 – коэффициент использования отряда (с учетом организационных и др. простоев);

α_2 – коэффициент технического использования автомобиля (ГОСТ 20738-75)

$$\alpha_2 = \frac{\sigma^2 \sum_{r=1}^{m} \left[P_r\left(2\frac{t_{cp} \cdot T}{\sigma^2}\right) - P_r\left(2\frac{t_{cp}(T)}{\sigma^2}\right)\right]}{t_{cp}^2 \cdot \left(1 - \frac{\sigma^2}{t_{cp}^2} \sum_{r=1}^{m} P_r\left(2\frac{t_{cp}T}{\sigma^2} + \frac{t_0 - t_b}{\sigma^2}\right) P_n\left(2\frac{t_{cp} \cdot T}{\sigma^2}\right) + \frac{t_b}{t_{cp}}\right)} \qquad (8.48)$$

где $t_{ср}$ – средняя наработка автомашины до отказа;

σ^2 – дисперсия наработки автомашины до отказа;

Pr(x) – табулированная функция;

m – целое число, ближайшее к отношению $\sigma^2 kt^2_{ср}$;

τ – продолжительность выполнения задания по перевозке зерна (при расчете коэффициента технического использования принимают $\tau = 0$);

T – периодичность технического обслуживания автомашин в час;

t_0 – средняя продолжительность технического обслуживания машин в час;

t_b – средняя продолжительность ТО и устранения отказов.

Таблица 8.2

Характеристики автомашин

Марка автомашины	Марка прицепа	Грузоподъемность, кг	Коэффициент использования грузоподъемности
ЗИЛ 133	-	8000	0,60
ЗИЛ-130	-	5000	0,81
ЗИЛ-ММЗ-554	-	5500	0,77
ЗИЛ ММЗ-554	ГКБ-819	10500	1,00
ЗИЛ-130ВІ	Одаз-885	7500	1,00
КамАЗ-55102	ГКБ-8527	14000	1,00
КамАЗ-5320	ГКБ-8350	16000	1,00
ГАЗ-53Б	-	3500	1,40
КАЗ-608	-	7500	1,00

Для средних условий перевозки зерна из хозяйств на ХПП $\alpha_1 = 0{,}95$ и $\alpha_2 = 0{,}85$. С учетом времени в наряде, среднетехнической скорости, коэффициенте использования пробега и грузоподъемности при A_1=1 формула (8.48) преобразуется к следующему виду

$$Q = 20q(l + 22{,}5t_{погр.разгр})^{-1}, \qquad (8.49)$$

$$Q = 18q(l + 20t_{погр.разгр})^{-1}.$$

Формула (8.49) – для автомашин без прицепов, а (8.50) – для автопоездов, $T_н$ = 10 час.; $T_н$ = 7 час для формулы (8.49) и (8.50) принимают вид

$$Q = 14q(l + 22{,}5t_{погрюразгр} \qquad (8.51)$$

$$Q = 12{,}6(l + 20t_{погр.разгр}) \qquad (8.52)$$

Пример потока заявок на обслуживание

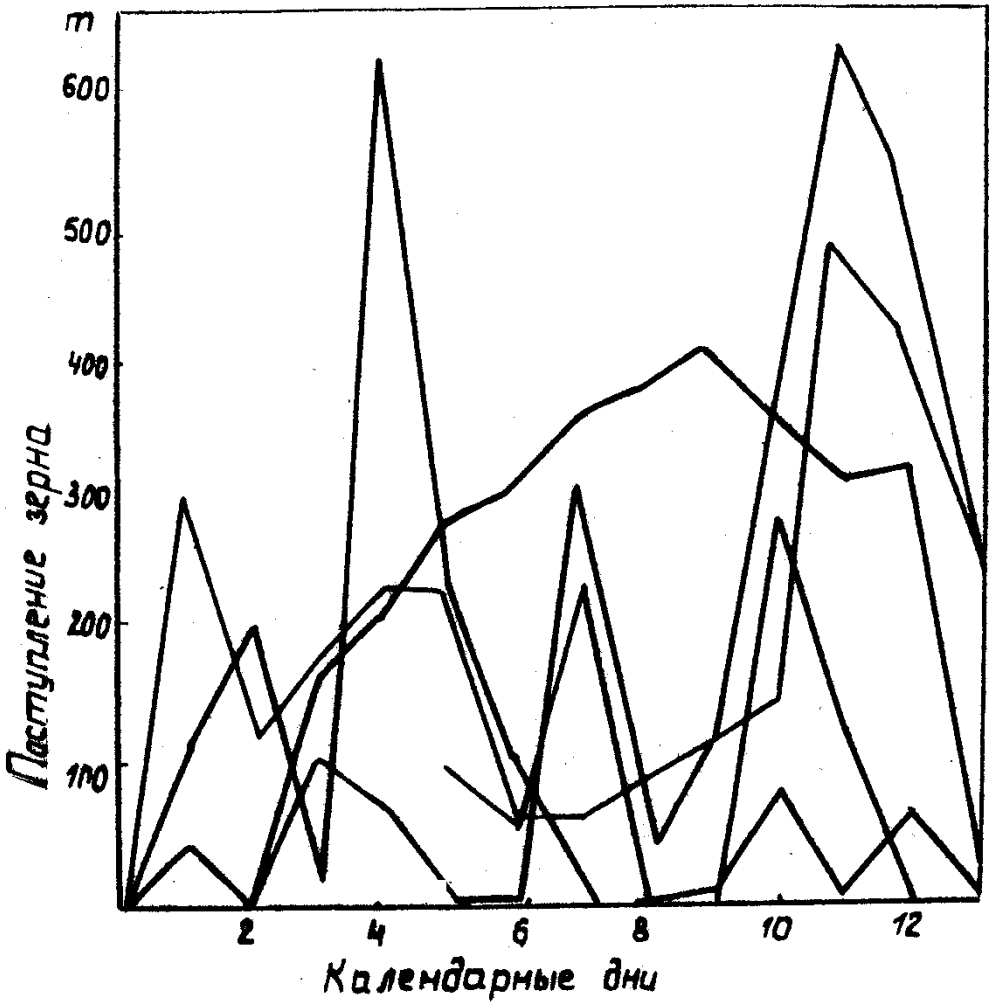


Рис.8.13

Рассмотрим ситуации при наличии зерна на 1-м, 2-х и 3-х ПНЗ при обслуживании двумя отрядами.

Варианты: 000; 001; 010; 011; 100; 101; 110; 111.

0 – нет груза; 1 – есть зерна на работу отряда в течение смены.

Варианты распределения АТК для случая наличия зерна на одном току показаны на рис.8.13.

В соответствии с технологией УТЗП и управления, группы или совокупности данных об оперативном состоянии УТЗП перемещаются в двух взаимно противоположных направлениях. От объектов управления (УТК, ЗСК, ПНЗ, АТК, ХПП) поступает информация об объемах и качестве выполненных работ, потребности в ресурсах в начале в периферийные центры управления, а затем, после передачи и обработки, в штаб РАПО. Обработка информации, в соответствии с технологией управления, предусматривает формирование информационной модели, под которой понимали необходимую и достаточную для обеспечения эффективного управления УТЗП смену технически экономических показателей. Последняя переоборудуется во внутримашинное информационное обеспечение, то есть объединяются в массивы и переносятся на машинные носители.

На основании выполненного нами анализа диспетчерской информации и учетной документации РАПО, а также исследований структуры и взаимодействия объектов УТЗП в состав информационной модели ввели данные о технике, трудовых ресурсах, внешних условиях, производительность по каждому УТК, ЗСК, АТО, ПНЗ и ХПП, комплексный план уборки, показатели обслуживающих подсистем, а в структуру информационного обеспечения – потоки информации, средства формализации данных, входные массивы, информационный фонд.

Полученная информация о процессе отрабатывалась по определенному алгоритму. Алгоритм обработки задан технологией управления, которая включает, в частности, сравнивание реальных и прогнозируемых показателей об УТЗП.

Оптимизация показателей УТЗП предусматривает полное использование технических возможностей машин. На математических моделях опробовали альтернативные варианты ситуаций УТЗП и выбрали лучшие из них. Погодные условия, вероятностные показатели УТЗП требуют оперативного прогноза, поэтому разработали математические модели для оперативного автоматизированного управления уборкой в РАПО.

Алгоритм модели был основан на расчете суточного объема выполнения работ, последовательность которых задается технологией УТЗП. В первые дни ведется скашивание хлебостоя на свал как комбайнами, так и навесными жатками; затем валки подбирают и убирают хлеба напрямую.

Производительность агрегатов ($W_{ж}$ и $W_{к}$) на этих операциях, как известно, зависит от ширины захвата, скорости, хлебостоя, полеглости и других факторов

$$W_{ж} = Ш\{(1+0{,}33П)[1+0{,}065(V_{x}-20)]\} \qquad (8.53)$$

$$W_{K} = \begin{cases} \{(1+0{,}33П)[1+0{,}55(И-15)][1+1{,}2(С-0{,}8)]\times[1+0{,}004(в-10)^{2}][1+0{,}025(S-5)^{0{,}5}]\}^{-1}, \\ a=1 \\ K\{[1+0{,}55(И-15)][1+1{,}2(С-0{,}8)][1+0{,}025(S-5)^{-0{,}5}]\}, a=0 \end{cases} \qquad (8.54)$$

где $П$ – полеглость;

$С$ – соломистость;

– скорость перемещения;

$Ш$ – ширина захвата.

По соотношениям, полученным во ВНИПТИМЭСХ академиком Э.И. Липковичем, ведется расчет производительности зерноочистительных и сушильных комплексов и агрегатов по уборке незерновой части урожая.

Производительность транспортных отрядов в соответствии с ГОСТ определяется по формуле

$$W_a = T_M V_T \gamma_д \gamma_c \left(l_{er} t_{пр} \beta V_T\right)^{-1} \cdot A_{cc} q \alpha \qquad (8.54)$$

$$\alpha = \prod_{K=1}^{m} \frac{\sigma^2}{t^2} \sum_{i=1}^{m} \left[P_r(0) - P_r\left(2\frac{t_{ср} T}{\sigma^2}\right)\right]\left[1 - \frac{\sigma}{t_{ср}^2} \sum_{1}^{m} P_r\left(2\frac{t_{ср} T}{\sigma^2} + \frac{t_T - t_в}{\sigma^2}\right) P_п P_П \left(\frac{t_{ср} T}{\sigma} + \frac{t_в}{t_{ср}}\right)\right]$$

где W_a – производительность отряда;

$V_н$ – время работы в наряде;

V_m –техническая скорость;

$\gamma_д$, γ_c – динамический,статический коэффициент;

T – периодичность ТО;

$l_{ег}$ – плечо ездки с грузом;

$t_{пр}$ – продолжительность ездки с грузом;

$t_в$ – средняя продолжительность ТР;

$t_{ср}$ – средняя наработка на отказ;

$A_{сс}$ – средняя продолжительность ТР;

$A_{сс}$ – списочный состав;

α – коэффициент технического использования;

m – количество машин в автоколонне.

Структура разработанной модели районного УТЗП включает исходную информацию, прогноз на уборку, расчет контрольных показателей работы машин, формирование всех видов комплексов, определение потребности в материально-техническом обеспечении, расчет технико-экономических показателей процесса.

Выходной материал модели – уточненный план-график УТЗП в сельхозпредприятиях и в целом по району.Реализуется модель следующим образом. Вначале вводятся справочные данные о хозяйстве и районе, сведения о наличии техники, биологические характеристики урожая, текущие сведения о ходе уборки. Выполняется расчет производительности техники как функции пропускной способности, погодных условий, биологических характеристик зерна, хлебной массы и др. по формулам вычисляется количество дней массового

скашивания на свал, продолжительность обмолота. Затем рассчитываются операции очистки зерна ЗСК, сбора измельченной и неизмельченной соломы, лущение стерни.Одновременно накапливаются массивы суточных планов-графиков УТЗП и экономических показателей. По окончании расчетов и оптимизации результаты готовы к использованию.

Варианты распределения АТК

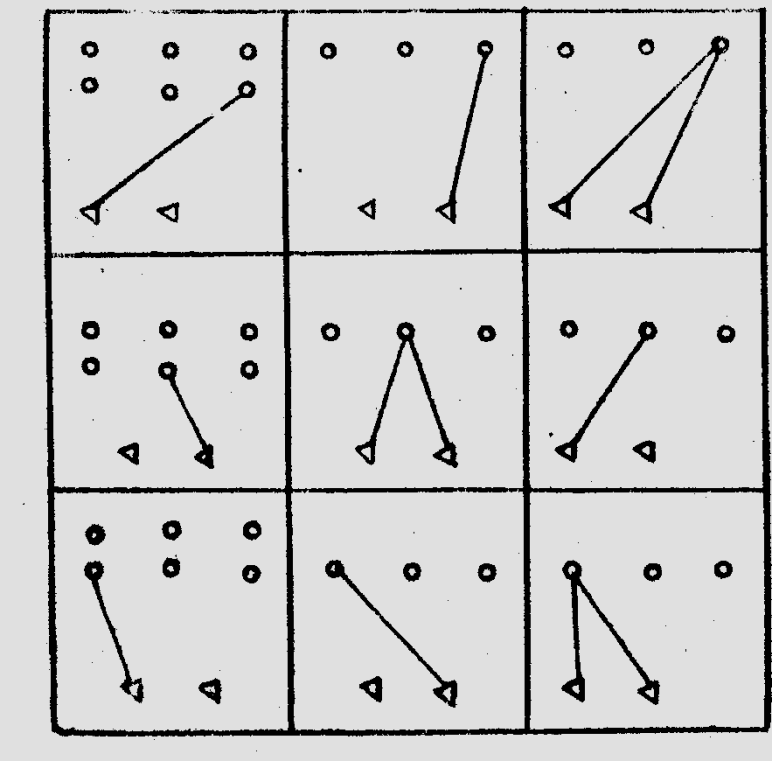


Рис.8.14

На основании приведенных математических моделей во ВНИПТИМЭСХ Л.М. Сергеевой и В.Л. Штейн были разработаны программы для ситуационного оперативного управления УТЗП, в том числе расчета суточного плана-графика, оптимизации маршрутов движения АТО и перемещений УТК (в том числе резервных), расчета часового графика перевозок зерна на ХПП по принципу “на завтра” и “на послезавтра”, а также обоснованию плана ремонтно-обслуживающих воздействий.

В соответствии с технологией управления и УТЗП, информационным, математическим и техническим обеспечением была разработана структура управления машиноиспользованием в напряженный период, реализованная в Егорлыцком районе (рис.8.15).

На основе моделей оптимизировали УТЗП в Егорлыкском РАПО Ростовской области (в этом РАПО в предыдущие годы уже была внедрена комплексная система УТЗП).

Эффективность разработанного информационного, математического и технического обеспечения АСУ УТЗП в РАПО оказалась значимой.

8.6. Оперативное управление ремонтно-обслуживающими Воздействиями на организационную систему

8.4.1. Основной задачей оперативного управления ремонтно-техническим обслуживанием является расчет количества ТО, ремонтов на планируемый период и соответствующие ИТО их выполнения. ИТО включает численность персонала, используемые средства ТО и ремонта.

Трудоемкость и расписание ТО машин планируется по их наработке. Наработка машин выбирается из результатов предыдущих расчетов, например, суточных планов-графиков УТЗР. Дальнейшие исследования выполнили следующим образом.

Выявили методику расчета объемов РОР.

Методика расчета объемов ремонтно-обслуживающих работ в местах сосредоточения спроса (ОТК, хозяйствах) предусматривает определение объемов работ по техническому обслуживанию и устранению отказов машинно-тракторного парка бригад по средневзвешенным величинам. В основе методики – материалы рекомендаций по техническому обслуживанию машинно-тракторного парка на пунктах технического обслуживания в колхозах и совхозах, разработанные ГОСНИТИ.

Средневзвешенная величина периодичности ТО и трудоемкости в целом по парку тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин бригады определяется по известным формулам.

На основании средневзвешенной величины трудоемкости каждого вида обслуживания определяется общая трудоемкость технического обслуживания по видам *j* ТО (8.56)

$$T_{пол.j} = T_{срj} \cdot Z_{пол.j}$$

за осенне-зимний период

$$T_{зj} = T_{срj} \cdot Z_{зj} \qquad (8.57)$$

Трудоемкость технического обслуживания находится из приведенных выражений суммированием.

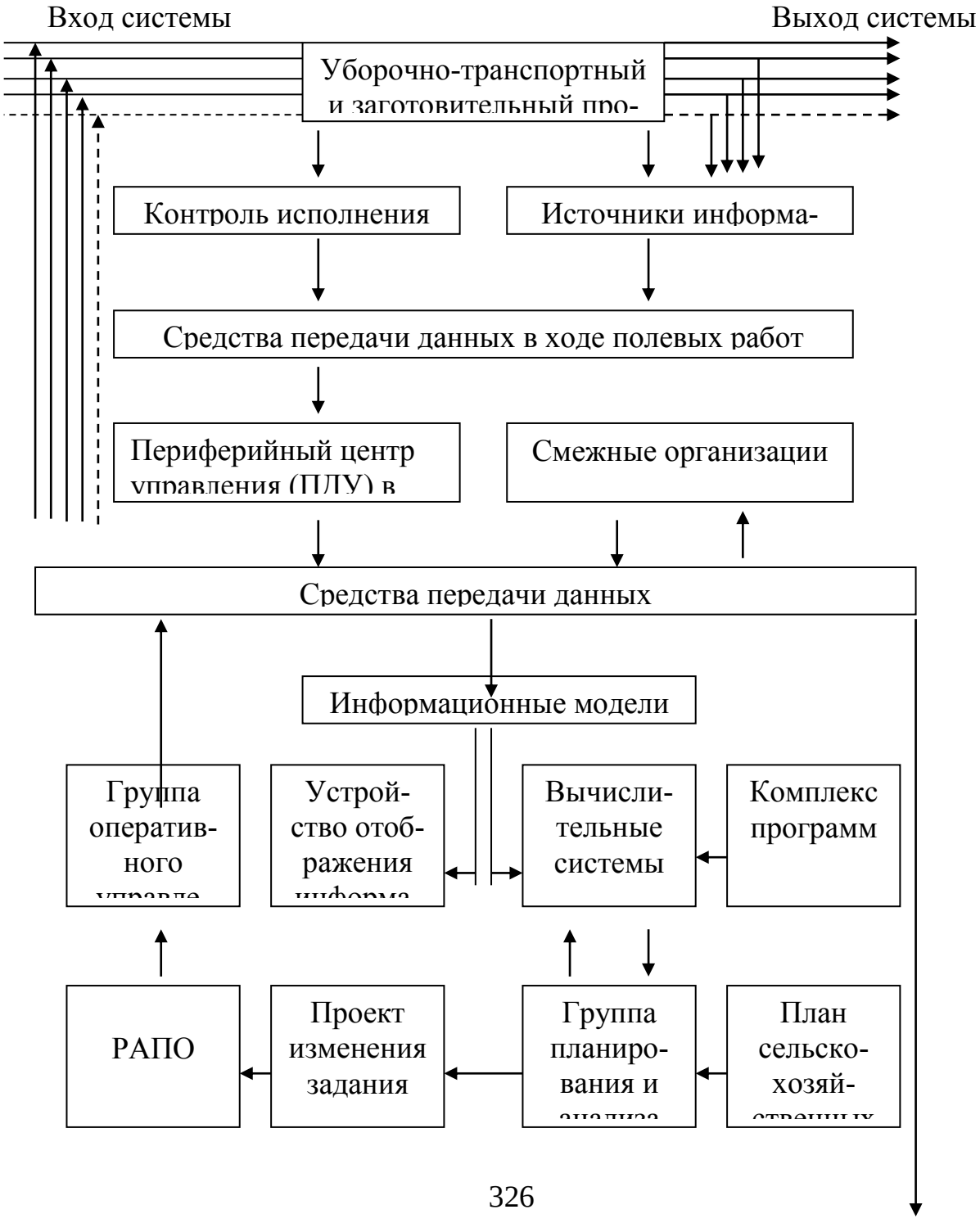
На основании производственных расчетов определяется количество рабочих специализированного звена по выполнению технического обслуживания тракторов и самоходных с.-х. машин:

по видам обслуживания

$$P_{пол.j} = T_{пол.j} \cdot \Phi^{-1}$$
$$P_{зj} = T_{зj} \cdot \Phi^{-1} \qquad (8.58)$$

где Φ – фонд рабочего времени одного исполнителя, который определяется по известной формуле.

Структура системы «АСУ – урожай» на уровне административного района



Областная система управления

Рис.8.14

Затем рассчитываются показатели процесса ТО. Среднее количество заявок на техническое обслуживание

$$\lambda = Д^{-1}\sum_{1}^{j} Z_j, \tag{8.59}$$

средняя продолжительность выполнения технического обслуживания

$$\mu = T_c\left[\sum_{1}^{j} Z_j\right]^{-1}, \tag{8.60}$$

среднее количество простаивающих постов /58/

$$N = \sum_{R=0}^{p-1} \frac{(P-R)m!\alpha^R}{R!(\overline{m}-R)!}\varphi_0, \tag{8.61}$$

среднее количество машин в очереди на техническое обслуживание /281/

$$m = \sum_{R=1}^{p} \frac{\alpha^R \cdot m!}{R!(\overline{m}-R)!}\varphi_0, \tag{8.62}$$

вероятность того, что все посты свободны /281/

$$\varphi^0 = \left[\sum_{R=0}^{p} \frac{m!}{R!(m-R)!}\alpha^R + \sum_{R=P+1}^{m} \frac{m!\alpha^R}{P^{R-P}P!(\overline{m}-R)}\right] \tag{8.63}$$

где P – количество рабочих;
m – количество тракторов и комбайнов.

12.1.1 Эффективность процесса технического обслуживания определяется: $K_{пр}$ – коэффициентом загрузки

$$K_{пр} = Np^{-1}, \tag{8.64}$$

приведенными затратами на выполнение ТО и издержками от простоев обслуживаемых машин

$$F = p \cdot J_1 + Mq \tag{8.65}$$

где q – ущерб от простоя условного МТА, руб./час.;

J_1 – приведенная стоимость человеко-часа мастера-наладчика.

Алгоритм вычислений приведен на рис.8.16.

8.6.3. Управление резервированием при случайном спросе является частной задачей управления ремонтно-обслуживающими воздействиями Р. Барлоу и Ф. Прошан рассматривали резервирование как способ управления надежностью технических систем. Общая постановка задачи в трактовке отмеченных авторов имеет вид: для модели “А” (нагруженное резервирование) и модели “Б” (то же что и “А”, но без определенных ограничений) резервирование означает включение n_i+1 элементов i-го типа.

12.1.1.1.1
$$R(n) = \prod_{i=1}^{k} R_i(n_i) \qquad (8.66)$$

12.1.1.1.2

12.1.1.1.3

где $R_i(n_i)$ – вероятность безотказной работы подсистемы из элементов i-го типа.

Как отмечали выше, проблема обеспечения надежности МТП методе резервирования обусловлена низкой эксплуатационной надежностью сельскохозяйственной техники. При стихийно сложившемся резерве запасных частей в сельхозпредприятиях отказавшая деталь не всегда имеет замену, из-за чего растут простои МТА. В тоже время часть средств оказываются замороженными из-за запаса невостребованных деталей. Отказы машин можно рассматривать как случайный спрос на запчасти, который может пополняться различными способами: перед характерным периодом полевых работ, периодически, но достижению минимального уровня и др. Задача состоит в том, чтобы при потоке заявок на запчасти для периода времени t_0 минимизировать риск нехватки деталей i-го типа, создавая вначале периода резерв стоимостью W_0. Затраты на приобретение запчастей складываются из стоимости S каждой детали $h \in N$. Вероятность выхода из строя n деталей равна $p(n)$. Если произошел отказ, машина простаивает из-за отсутствия i-й запчасти, причиняется взыскиваемый с хозрасчетного участка инженерной службы убыток U. Если запас превышает спрос, вложенные в избыточное количество деталей средства не используются. Следователь но, математическая модель должна отражать данное противоречие и позволять находить компромисс между убытками $\boldsymbol{U}$ и затратами $\boldsymbol{S}$, как известно, упомянутая модель имеет вид

12.1.1.1.4
$$F = S_i \sum_{i=1}^{N} (N-n)\, p(n) + U \sum_{n=N+1}^{\infty} (n-N)\, p(n), \qquad (8.67)$$

Данная функция является унимодальной, так как, если $x_1<x_{op}t$ и $x_2<x_{op}t$, то $x_1<x_2$, для ее оптимизации может быть использован распространенный метод решения подобных задач (метод дихотомии) для чего подсчитывается значение функции для *N+1, N-1*

Алгоритм решения задачи оперативного управления ремонтно-обслуживающими воздействиями на сложную систему

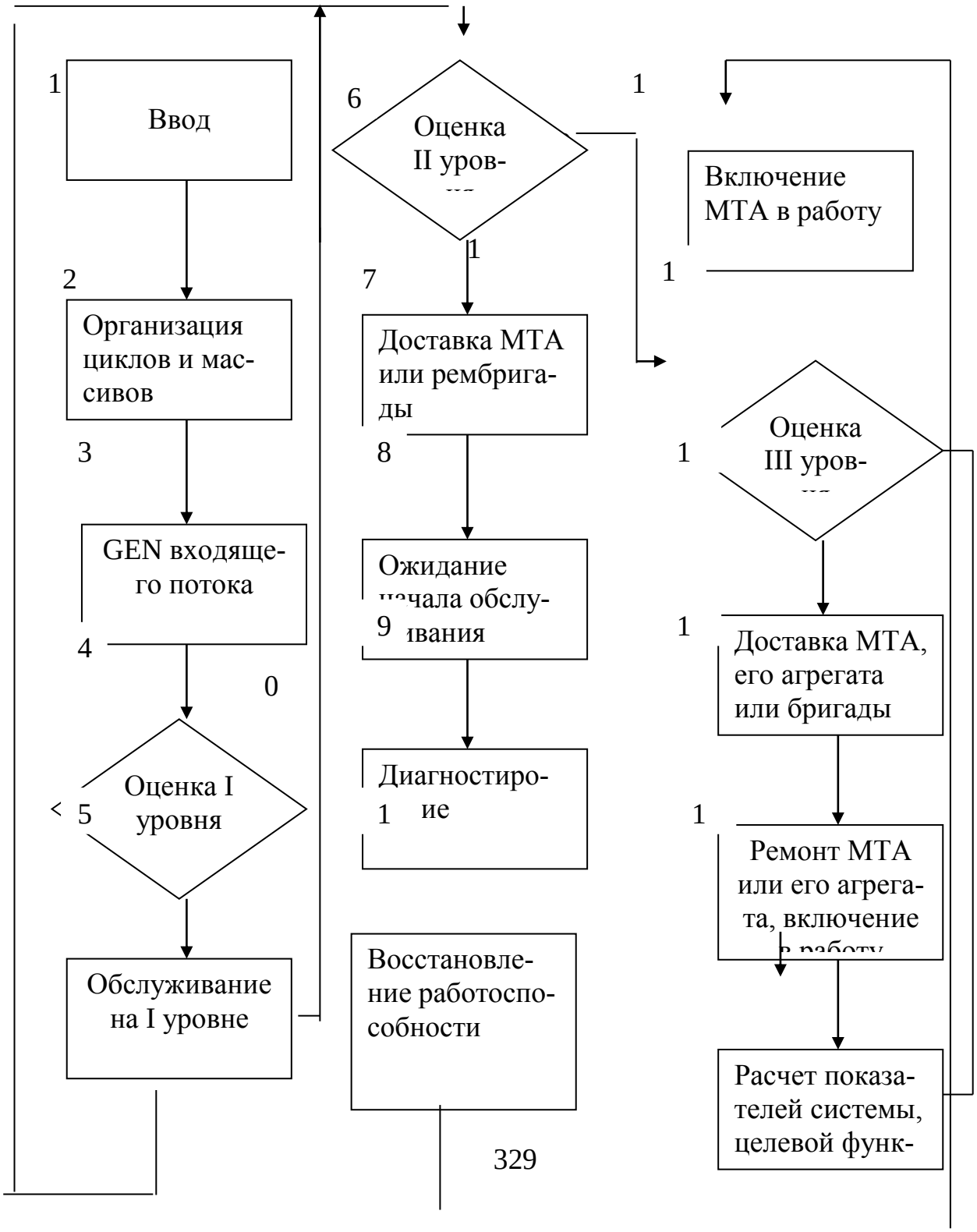


Рис.8.1

$$F(N+1) = F(N) + (S+U)\sum_{i=0}^{\infty} p(n) - U$$
$$F(N-1) > F(N) < F(N+1) \qquad (8.68)$$

Условие минимальности функции

$$F(N-1) = F(N) - (S+U)\sum_{i=0}^{n-1} p(n) + U \qquad (8.69)$$

с учетом (8.67, 8.68, 8.69)

$$\sum_{i=0}^{N-1} p(n) < \frac{U}{S+U} < \sum_{i=0}^{N} p(n) \qquad (8.70)$$

8.6.4. Управление техническим обслуживанием – частная задача управления работоспособным состоянием МТА. Был рассмотрен процесс технического обслуживания, в том числе при хранении, машинно-тракторного парка арендного коллектива специализированным персоналом. В иерархии математических моделей управления надежностью МТП сельхозпредприятий она относится к программе “контроль нарядов”; позволяет также контролировать хозрасчетный доход и сглаживать колебания загрузки персонала и зарплаты при переходе на аренду. Вербальное описание процесса состоит в следующем: имеется парк тракторов и сельскохозяйственных машин арендаторов, а также данные: о наработке и расходе топлива от последнего ремонта; о наработке от последнего ТО и на планируемый период. Работу специализированного персонала оплачивают арендаторы с помощью чеков (векселей) по фактическим затратам в соответствии с договором. Требуется установить режим работы специализированного персонала, обеспечивающий рентабельность, соответствующий труду заработок.

Решение задачи состояло в следующем. Вначале устанавливается соответствие между множествами X_1^i и X_2^i , где X_1^i – множество планируемых наработок до ТО по *i*-му техническому средству, X_2^i – множество значений периодичности ТО по i-му техническому средству. Затем выбирается из множества X_1^i U X_2^i перечень планируемых к выполнению ТО и определяется объем работ, поступление денежных средств, загрузка и режим работы персонала.

Формируются исходные данные: матрица вероятности состояний, распределение моментов возникновения потребности в ТО (λ_k), матрица функций доходов $(R_{ij}(t,\alpha))$. Объект управления описывается как функция пребывания процесса в состояние e_i; последняя распределена по экспоненциальному закону, зависящему от номера состояния i и параметра α. Затем, как известно, из исследований различных авторов, определяется доход за период, затраты за период, отношение затрат в виде функции дохода

$$A(\alpha_1 ... \alpha_N) = \sum_{k=1}^{N} p_k(d_k) n_k, \tag{8.71}$$

$$B(\alpha_1 ... \alpha_N) = \sum_{k=1}^{N} \frac{\Pi_k}{\lambda_k(\alpha_k)}, \tag{8.72}$$

$$D = \frac{A(\alpha_1 ... \alpha_N)}{B(\alpha_1 ... \alpha_N)}, \tag{8.73}$$

где D – средний доход за период пребывания в состоянии ρ;

ρ_k – стационарные вероятности распределения состояний цепи Маркова с вероятностями перехода Π_j;

$\alpha_1 ... \alpha_N$ – управление в состояниях $1 ... N$.

8.7. Выводы

8.7.1. Методика исследований предусматривала проверку адекватности модели, причем была задана доверительная вероятность $p_в$ = 0,90 при погрешности опыта ≤ 10 %.

Исследования на статистических моделях (машинные эксперименты) были выполнены по методике планирования эксперимента разработанных МГУ, причем проводили не пассивный, а последовательный поиск оптимума методами дихотании, Фибаначчи, крутого восхождения. При построении полиномиальной модели, начиная с первой степени, то есть опыты проводили сериями, переходили от простых планов опытов (двухуровневых, дробных) к сложным (полным многоуровневым, Бокса-Бенкина; последующие серии дополняли предыдущие с целью уменьшения погрешности по методике композиционного планирования Адлера. Примененная целенаправленная реализация статистических алгоритмов по определенным планам, известным из решения задач ядерной экспериментальной физики, позволила повысить надежность и достоверность результатов. Данная методика основана на работах Дж. Тьюкки и метода «буметрен» Б. Эфрона. Альтернативные варианты СеМО по показателям

надежности было предложено выбирать путем применения оценок Эзари, Прошана, ушинова, Литвака (нижняя наилучшая граница), что позволило использовать принципы стохастического детерминизма и гарантированного результата.

8.7.2. При статистических исследованиях закономерностей был использован Батесовский подход для оценки альтернативных гипотез и тождество Вальда, что позволило воспользоваться данными государственных испытаний техники на МИС для формирования дополнительных массивов информационного обеспечения.

Проверка адекватности и аппроксимация, оценка дисперсионного анализа и опытных данных выполнялись по критериям Пиреона, Стьюдента, Фишера, Кохрена, Колмагонова, Хоттелпинга, Бартлетта на ЭВМ по программам «SAS», «SAP» (США) и их аналогам. Принимаем уровень значимости $\alpha_1 = 0{,}05$ и $\alpha_2 = 0{,}10$ при достоверности $p = 0{,}90$. Критерий Т-Котеллинга имел распределение Фишера с h и $h_1+h_2 - h\text{-}1$ степенями свободы, гипотезу отклоняли при $p < 0{,}90$.

Проверка гипотезы о равенстве частей опыта в ячейках матрицы сопряженности пополнили по критерию x^2.

8.7.3. Для выявления взаимосвязей и закономерностей формировали виртиульную матрицу сопряженности; связи исследовали по критериям независимости данных и связанных с ним мер; мультиколлинарности, мерам связи и зависимости, мерам предсказания Сомера, критерию симметричности Мак-Немара, критерий наличия линейного тренда, критерии незавиимости и мер связи таблиц сопряженности, ковариация, корреляция и др., при необходимости рассчитывалась таблица Моебеллера, вычисляли остатки Фримана-Тьюкка. Гипотезу о равенстве групп проверяли по *t*-критерию. Анализ временных рядов включал в себя: предварительный, спектральный, кросс-спектральный, сглаживание, вычисление характеристик временного ряда и автокорреляционной функции. Инструментарий анализа включал дисперсионный анализ, сглаживание по законам Гаусса, Вейбулла, Гупссона, Джонсона и др. Натурные эксперименты проводились на протяжении десятилетия. Это позволило получить результаты с погрешностью до 15 % при доверительной вероятности не менее 0,80.

8.7.4. В результате исследований по принятой методике достоверно установлено, что генерация входящего потока по закону Пуассона обеспечивает гарантированный результат, так как при других законах распределения показатели эффективности и надежности будут выше; замена экспериментального механизма подсистемы обслуживания на экспериментальный также снижает расчетные показатели надежности в пределах ошибки инженерных расчетов.

Опытным путем установлено, что закономерности подсистемы обслуживания СХП имеют вид законов Вейбулла, Пуассона и экспоненциального распределения, что позволяет использовать аналитические методы ТМО. Продолжительность безотказной работы МТА и подсистем в целом распределено по экспоненциальному закону, в качестве показателя надежности целесообразно использовать вероятность параметрических и функциональных отказов, которые рассчитаны по зависимостям, полученным методами ТМО на основе графа состояний.

Для процессов восстановления и ТО в СХП юга России характерны Пуассоновские входящие потоки и экспоненциаьные механизмы обслуживания, тогда как производственная эксплуатация (потоки материалов, транспортных единиц, распределение производительностей технических средств, производственных условий) описываются распределениями Вейбулла, Гаусса.

8.7.5. Процесс ЭМТП, имеющий подсистемы эксплуатации и управления (контроля технического состояния) при увеличении интенсивности отказов снижает надежность по экспоненте, а при снижении интенсивности отказов подсистемы управления возрастает безотказность всей системы. Физический смысл данного явления объясняется известной теоремой о сложении энтропий двух взаимосвязанных подсистем.

При уменьшении значений надежности процесса эксплуатации период между управляющими воздействиями должен быть короче. В реальных системах по данным опыта он равен 1-3 дня, причем вероятность получения заданного результата равна 0,95 при одном дне, 0,90 – при двух днях и 0,70 – при трех. Увеличение периода свыше пяти дней нерационально.

8.7.6. Установлено, что ЭМТП в условиях конкуренции подчинена закону Пуассона; если для регулярного потока заявок на обслуживание МТА очередь исчезает, когда интервал между поступлениями требований становится больше времени обслуживания предыдущих требований, что при случайном законе очередь в этот момент не исчезает; энтропия такой системы больше. Время ожидания обслуживания при увеличении интенсивности восстановления (для экспоненциального механизма) также сокращается по экспоненте, что показано на примере ЦРМ и МТР. Показатели надежности и эффективности ЭМТП по данным расчетов неустойчивы по производительности. К примеру, увеличение числа постов с 6 до 15 может быть эквивалентно увеличению производительности каждого поста на 20 %.

Для управления необходимо использоватьп араметры, в области существования которых реальная система ЭМТП неустойчива, т.е. незначительное

изменение параметра вызывает значимое изменение целевой функции, что соответствует принципу Ляпунова. Также выявлены закономерности влияния ненадежности подсистем обслуживания: это повышает энтропии системы ЭМТП в целом. Экспериментально доказана несостоятельность детерминированного расчета подсистемы обслуживания, дающая вероятность отказа $p_{отк} = 0{,}625$ при согласованности по средней производительности. Также установлена на примерах ЭМТП в рыночных условиях возможность расчета показателей надежности систем обслуживания МТП различных типов (замкнутая, разомкнутая, одно и многопостовая, с ожиданием, с параметрическими отказами в очередь, многофазовые и др. системы) методиками ТМО.

8.7.7. Исследование методов обоснования режимов и структур ЭМТП по обоснованному в работе плану необходимо выполнять методами системного анализа, причем распределение вероятностей режимов работы подсистем позволяет по критериям эффективности выбрать режим и структуру. Наиболе приемлемым является системный подход с исследованиями на математических моделях, имеющих входные, управляющие, конструктивные (надежность машин) и выходные параметры. Модели должны быть стохастическими, а при исследованиях целесообразно использовать системный анализ.

Значимыми параметрами являются (для системы УТЗП): производительности ЗСК, УТК, ПНЗ; структуры обслуживающих подсистем и надежность системы управления (см. п.8.7.5). В условиях регламентации УТЗП в рамках холдинга отклонения производительностей производственных элементов и подсистем по данным эксперимента удается удержать в пределах прогнозируемых параметров с допустимой для больших систем погрешностью 10-15 %, причем допустимая погрешность является компромиссом между затратами на повышение точности управления и ущербом от погрешности УТЗП (унимодальная кривая). За основу моделей УТЗП приняты технологические зависимости, разработанные во ВНИПТИМЭСХ, граф возможных ситуаций. Адекватность использованных моделей оцененена доверительной вероятностью $\rho_{\beta} = 0{,}90\text{-}0{,}95$ при $\Delta = 5\text{-}8$ %.

Устойчивость процесса обеспечивается оптимальными запасами зерна по предложенным формулам (8.43).

8.7.8. Оперативное управление обслуживанием управляющими воздействиями автотранспортных отрядов рекомендуется осуществлять по ГОСТ 20738-75, закономерностях потока заявок на обслуживание, вариантах распределениях машин, технологических зависимтсхят ВНИПТИМЭСХ. Введение обратной отрицательной связи в составе остатков и ЭВМ, оснащенных матема-

тической моделью, включающей отмеченные выше моменты, позволяет получить значимую эффективность управления УТЗП на примере Егорлыкского РАПО. Предложена структура управления, прошедшая производственную апробацию (рис.8.15).

8.7.9. Оперативное управление ремонтно-обслуживающими воздействиями целесообразно основывать на методах системного анализа, использовав математическую модель и ЭВМ. Формирование входящего потока в соответствии с тождеством Вальда и по методу «бутетрен» расчет по обоснованным к применению зависимостям, решение системного противоречия между убытками от простоев обслуживаемой подсистемы и затратами на обслуживающую подсистему позволяет управлять работоспособность МТА, что показано при производственной апробации. Управление рекомендуется выполнять, воздействуя на вероятности состояний и вероятности переходов системными методами, последством обратной отрицательной связи.

9. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НАДЕЖНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВПНИЯ СЛОЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ

9.1. Исследование основных вопросов функционирования организационной системы технической эксплуатации

9.1.1. В диссертации были рассмотрены вопросы: обоснования номенклатуры и норм неполнокомплектного резервирования, уровня запасных частей; надёжности и эффективности обслуживания МТА; оптимизации сроков службы и времени замены тракторов и сложных сельхозмашин.

С распространением вычислительной техники на предприятиях сельского хозяйства алгоритмы и программы решения задач эффективности и надежности ЭМТП могут быть использованы для конкретных условий. Проводить оптимизацию для средних условий или «типичных» хозяйств в условиях рынка нецелесообразно по следующим причинам:

- ♦ формы собственности сельхозпредприятий и методы их работы разнообразны (в отличие от плановой экономики). Собственник сам решает, какие машины приобретать, по какой цене и что производить, какие методы эксплуатации использовать;
- ♦ условия функционирования системы ЭМТП регионов и районов в условиях рынка разнообразны;
- ♦ в СХП используется различный состав МТП и по изношенности, и по виду машин: отечественная или импортная; потоки отказов по данным паркам различаются, поэтому требуется адаптация результатов исследований на коммерческих условиях;
- ♦ рыночные цены и условия оплаты труда изменяются существенно, поэтому результаты оптимизации по стоимостным критериям, представлявшие интерес при существовании СССР, быстро устаревают и практической ценности не представляют;
- ♦ сельхозтоваропроизводители имеют свободу выбора и альтернативу, поэтому предлагаемые разработки только расширяют альтернативы, но не диктуют методы и средства эксплуатации.

По отмеченным причинам приведенные ниже зависимости носят иллюстративный характер, они предназначены для решения научных задач, а не для практики СХП. Графики и таблицы, аналитические зависимости раскрывают закономерности и явления, но не являются руководством к использованию в конкретном предприятии, так как описывают закономерности в общем виде, а не данном СХП. Отдельные расчеты для примера выполнены на конкретных опытных данных, полученных при экспериментальных исследованиях и производственной апробации.

9.1.2. Своевременность ремонта и ТО зависят от наличия потребовав-

шихся запасных частей в поле, на пункте технического обслуживания, на складе хозяйства или в центральной ремонтной мастерской. Хранение всех необходимых запасных частей у мест работы агрегатов экономически нецелесообразно. В свою очередь, централизованное снабжение из районного склада снижает общую потребность в резервном фонде, но увеличивает продолжительность доставки частей к отказавшим машинам. Следовательно, необходимо найти компромиссное решение оптимальное по критерию эффективности и учитывающее потери из-за продолжительности поставки запчастей, а также затраты на создание и хранение резервного фонда. Ранее (гл. 5) поставлена задача оптимизации норм и номенклатуры резервирования элементов машин на различных уровнях: 1 – поле; 2 – пункт технического обслуживания (ПТО); 3 – центральный склад хозяйства; 4 – склады АО «Райсельхозтехника».

Рассмотрели технологию снабжения запасными частями и ремонтными материалами. Во времени t процесс восстановления протекает следующим образом. В момент t' возникает отказ машины. Вначале за время τ_0 устанавливается причина отказа. Затем принимается решение путем сопоставления потребности и наличия в запасных частях (τ_p), передается сообщение о потребности в недостающих ресурсах (запасных частях или ремонтных материалах), на одном из уровней подбираются детали, которые доставляются и устанавливаются на машину. Технология непланового текущего ремонта включает диагностирование, выполнение ремонта трактористом-машинистом или передачу сообщения о потребности в ресурсах на последующие уровни, подбор запасных частей и ремонтных материалов, их доставка к месту работы машины, задержку обслуживания в связи с ожиданием слесарей или по другим причинам, ремонт, установка запасных частей.

Процесс восстановления машин можно рассматривать как последовательную смену его состояний во времени $Z_i(t)$. Применительно к исследуемому процессу можно выделить два типа состояний: обычные и особые, совпадающие с моментами поступления заявок и их прохождением при обслуживании. Координаты $Z_i(t)$ в эти моменты времени изменяются скачком, а между особыми состояниями изменение $Z_i(t)$ происходит плавно и непрерывно.

Процесс также определяется заявками на запасы. Заявки образуют поток: последовательность чередования моментов их появления во времени. С точки зрения обслуживания заявки не являются равноправными и

характеризуются моментом возникновения, (t_i) трудоемкостью, потребностью в i-х запасных частях и ремонтных материалах (i-х ресурсах).

Более удобно рассматривать вместо t_i случайные величины l_i, являющиеся периодами времени между моментами поступления заявок t_i. Совокупность случайных величин l_i обычно задается функцией плотности вероятностей $f(Z_1 \dots Z_i \dots Z_k)$ или совместной функцией распределения /58/

$$F(Z_1 \dots Z_i \dots Z_k)=p(l_1< Z_1 \dots l_i< Z_i \dots l_k< Z_k) \qquad (9.1)$$

Вид и оценки функции плотности вероятностей были установлены на основании экспериментальных данных.Управление выходными показателями процесса можно осуществлять, меняя номенклатуру и нормы резервирования элементов машин на различных уровнях на модели. Так, можно весь резерв сосредоточить на уровне района. Но в этом случае продолжительность периода времени от момента возникновения заявки до момента ее доставки будет значительной. Сосредоточение всего резерва в полевых условиях ведет к замораживанию средств в запасных частях. Таким образом, поставленная задача сводится к оптимальному управлению ресурсами, а в качестве управляющих параметров используются номенклатура и нормы резервирования. Для решения такой задачи следует, прежде всего, разработать модель исследуемого процесса. Очевидно, что необходимо иметь математическую модель, а не физическую. Для формализации и описания подобных процессов используются приложения марковских процессов (теория массового обслуживания) и имитационное моделирование.

В терминах теории массового обслуживания процесс обеспечения запасными частями и ремонтными материалами является замкнутой, полнодоступной, многофазной системой без прироста, с потерями и ожиданием, с *n* постами обслуживания и неоднородным входящим потоком. Свойства многофазности системы и неоднородности входящего потока не позволяют воспользоваться удобными для расчетов соотношениями теории массового обслуживания и использование методов статистического моделирования.

Было бы удобно, с точки зрения использования машинного времени, построить моделирующий алгоритм, идея которого состоит в последовательном воспроизведении истории отдельных заявок в порядке поступления их в систему: алгоритм обращается к сведению о других заявках лишь в том случае, если это необходимо для решения вопроса о дальнейшем порядке обслуживания данной заявки. Отличительной особенностью такого алгоритма и, в известной мере, недостатком является весьма сложная логическая структура. Описанный принцип иногда называют принципом последовательной проводки заявок, алгоритм приведен в разделе 5.3.

Информационное обеспечение модели включало стандарты функций плотности вероятностей (ф.п.в.) и математические ожидания ф.п.в. следующих продолжительностей: подбора и установки запасной детали механизатором, прохождения сообщения о потребности в запасных частях, перевозки запасной детали из склада, расположенного на поле; доставки запасной детали из склада бригады, отделения, хозяйства или из райцентра, установки запасных деталей (звеном ТО, дежурящим в поле; выездной бригадой хозяйства: и др.). Кроме того, вводятся параметры, характеризующие приведенные стоимости: содержания складов, подбора перевозок и доставок запасных частей, установок запасных частей на машину (по каждому виду отказа) и др.

Управление процессом доставки запасных частей осуществлялось изменением номенклатуры запасных частей на уровне поля и стационарного пунк-

та. При этом из всех возможных сочетаний запасных частей выбиралось оптимальное по стоимостному критерию.

$$П = \sum_{1}^{i} f_i \qquad (9.2)$$

где f_i – составляющие целевой функции (i = 1 – ущерб от простоя машин по техническим причинам;

i = 2 – ущерб от простоя звена ТО и замораживания средств в запасных частях;

i = 3 – на создание и содержание склада в поле;

i = 4 – затраты на установку деталей;

i = 5 – стоимость переездов звена ТО по полю;

i = 6 – стоимость доставки деталей.

В соответствии с изложенным, задача была запланирована на ЭВМ с целью проверки ее адекватности; а также выявления практической ценности при решении производственных вопросов управления инженерно-техническим обеспечением; обоснования номенклатуры и норм резервирования элементов машин. Задача решается на ЭВМ применительно к возникающим ситуациям для конкретного хозяйства при управлении эксплуатацией МТП. С этой целью может быть разработан АРМ «Инженер», в состав моделей которого может быть включена рассмотренная программа.

Экспериментальные данные получили на основании обработки результатов пассивного производственного эксперимента (см. р. 8.1). Хронометраж процесса велся известными методами наблюдений.

Статистическая обработка результатов пассивного эксперимента показала, что распределение времени передачи сообщения о появлении требования и скорости доставки подчинялись нормальному закону, распределение времени переездов – закону Вейбулла, а механизм обслуживания– экспоненциальному закону (табл. 9.1). Требования классифицировали по необходимому для их удовлетворения оборудованию.

Вероятность согласия подобранных характеристик входящего потока и механизма обслуживания рассматриваемой системы с аппроксимирующими законами находилась в пределах $P(\chi^2)$ = 0,3 - 0,90, $P(L)$ = (0,4 - 0,5) (см. табл. 9.1). Расчет стоимостных показателей выполнили согласно известным методикам. Описанный процесс имитировался по разработанной программе на ЭВМ. Относительная ошибка рассчитанных выходных показателей системы составила 7 % по результатам проверки соответствия процесса-модели процессу-оригиналу.

9.1.3. Анализ результатов исследований статистической модели изучаемого процесса показал следующее, что модель решает задачи выбора оборудования, уровней резервирования для конкретных условий сельскохозяйственного предприятия.

Исходя из интенсивности поступления заявок и использования различных видов оборудования при обслуживании машин на территории участка технической эксплуатации, а также из стоимости обслуживания с помощью

передвижного и стационарного оборудования, перемещений машин и оборудования, могут быть рассчитаны показатели обслуживания для условий СХП, а также обосновано техническое задание по составу и базе агрегатов ТО, параметрам стационарной базы и её структуре для фермеров и СХП в форме ОАО, ООО, СПК по коммерческому договору.

Сравнивая результаты моделирования и хронометражных наблюдений, пришли к выводу о возможности использования данной методики для обоснования агрегата для комплексной механизации труда ремонтно-обслуживающих рабочих, что подтверждено разработкой технического задания (1982 г.), по которому был изготовлен агрегат ТО (1983 г.), прошедший государственные испытания на Северо-Кавказской МИС (1984-1985 гг.).

Таблица 9.1

Показатели статистической обработки результатов эксперимента

Показатели процесса обслуживания группы машин	Статистические характеристики			
	оценка средней арифметической	оценка стандарта	закон распределения	вероятность соответст. по Пирсону
Продолжительность интервала между требованиями, мин	67,2	68,4	экспонен.	0,60
Обслуживание требования механизатором-водителем, мин	15,2	10,0	то же	0,80
Время передачи сообщения о появлении требования, мин	4,8	2,1	нормальный	0,80
Время переезда агрегата, мин.				
.	15,9	19,7	Вейбулла	0,90
Скорость доставки, км/ч	7,8	5,1	Вейбулла	0,70
	16,1	3,6	нормальный	0,80
	26,0	18,8		0,95
Время выполнения работ (по результатам хронометражных наблюдений)	22,8	16,5	экспонен.	0,95
	11,3	9,0	.	0,70
	11,8	11,6	то же	0,90
	34,6	28,8	то же	0,70

	17,6	16,7	то же	0,70
	121,6	195,6	то же	0,80
	5,9	7,0	то же	0,30

Агрегат используется в ОПХ МИС и МИС по настоящее время – свыше пятнадцати лет. Заказы на него поступали не только от СХП, но и фермеров.

Оптимизация технического обеспечения выполнена с применением ЭВМ по разработанным моделям (см. глава 5-7). Для проверки соответствия модели процессу технического обслуживания и эксплуатационного ремонта машин провели моделирование конкретных процессов обслуживания зерноуборочных комбайнов в ОПХ Экспериментальное» НПО «Дон», ОПХ «Манычское» и ТОО «Мир». Соискатель во время экспериментов работал в звеньях технического обслуживания и ремонта зерноуборочных комплексов (УТК) на протяжении трех уборочных сезонов, в звене технического обслуживания пахотных агрегатов (один сезон), комбайнером (три сезона), в звене технического обслуживания посевного комплекса (два сезона). Соискатель пять лет работал трактористом и комбайнером в крестьянском хозяйстве, испытывал при этом новую технику в сотрудничестве с МИС, и при этом также изучал: потоки отказов; потребность в запчастях; работах по заправке ГСМ; связь урожайности, засоренности и отказов; взаимодействие уборочных и транспортных машин. Соискатель организовывал, будучи заместителем директора совхоза, работу МТА и налаживал систему технического обслуживания и ремонта. Апробация модели выполнялась также в ОПХ «Экспериментальное» где во время производственной апробации моделей соискатель был постановщиком, разработчиком программ для ЭВМ и организовывал апробацию, работая математиком-программистом. На протяжении многих лет велся хронометраж отказов машин комплексов и звеньев, фиксировалась наработка, возникающие неисправности, потребность в ремонте, техническом обслуживании, запчастях. Хронометрировался процесс обслуживания в соответствии с методикой, принятой в агрогруппе ВНИПТИМЭСХ и МИС.

Например, в УТК ОПХ ВНИПТИМЭСХ среднее количество заявок составила за час 0,16, а интенсивность обслуживания –3,44 заявки/час, в УТК ОПХ «Манычский» - соответственно 0,17 и 5,73.

Исследования и оптимизацию структуры базы для обслуживания группы машин проводили для рабочего времени смены, то есть их рассматривали процесс технического обслуживания машин, выполнявшегося по регламенту в межсменное время, и ремонт в любое время.

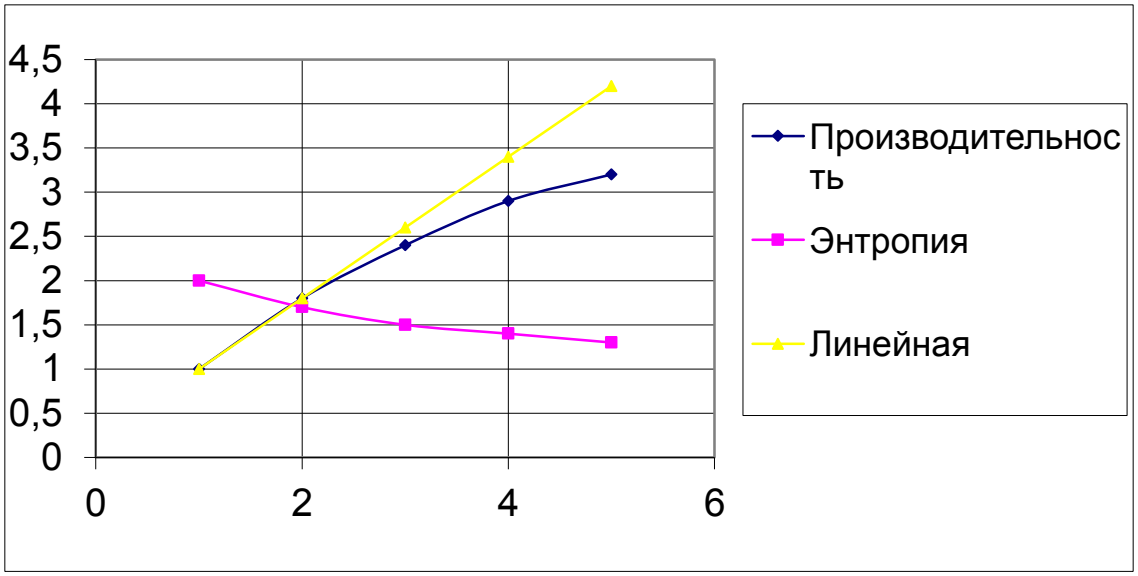
Сравнение коэффициентов простоя показало, что погрешность моделирования составляет 3,6…6,2 % и находится в пределах ошибки информационного обеспечения моделей (δ= 8 %), следовательно, использование модели для исследования возможно.

Сравнение коэффициентов готовности, полученных при машинном эксперименте и производственном опыте, составили соответственно 0,65 и 0,69; 0,70 и 0,73; 0,68 и 0,72. Абсолютная ошибка составила 0,04; 0,03 и 0,04.; относительная – 5,8 %; 4,2 % и 5,6 %.

9.1.5. При реализации программы по разработанному алгоритму осуществлялся перебор вариантов при заданном минимальном количестве обслуживаемых машин m_{min} в группе, рассчитывались и выводились на печать показатели процесса для случаев $n = m_{нач}, ..., m_{max}$, затем n увеличилось на единицу и расчет повторялся, и т.д. до $m_{нач} = m_{max}$. После этого последовательно увеличивали мощность каждого поста обслуживания соответственно производительности зерна из двух, трех, четырех и пяти рабочих и производили расчет в описанной последовательности.

Зависимость изменения мощности поста обслуживания (в процентах от производительности поста при $b = 1$) от количества рабочих получена в результате обработки экспериментальных данных (рис. 9.1). Увеличение производительности постов – наиболее мощный управляющий фактор, так как система по нему неустойчива. Однако, как показывает опыт, производительность поста не прямо пропорциональна количеству рабочих. Зависимость расположена ниже прямой прямо пропорциональной зависимости (рис. 9.1).

Мощность поста обслуживания в зависимости от количества рабочих и энтропия системы



– – - линия прямо пропорциональной зависимости

Рис. 9.1

9.1.6. Рассмотрели процесс обслуживания группы комбайнов, агрегатов КСС-2,6+Т-150К и Т-150К+СЗ-3,6 ремонтно-обслуживающим звеном при условии оснащения рабочих необходимым техническим оборудованием. Анализ результатов моделирования, проведенный на примере обслуживания группы кормоуборочных машин, показал следующее. Рассмотрев изменение коэффициентов простоя постов обслуживания, простоя в ремонте и простоя в оче-

реди заметили, что закономерности носят сложный характер. С увеличением числа постов коэффициент простоя постов резко увеличивается, это один из существенных факторов управления согласно ранее сделанному выводу об устойчивости. Коэффициент простоя в очереди вначале снижается резко (это отрезок, на котором можно им управлять), затем переходит почти в прямую, параллельную оси абсцисс, ассипмтотически к ней приближаясь.

Закономерности изменения загрузки системы

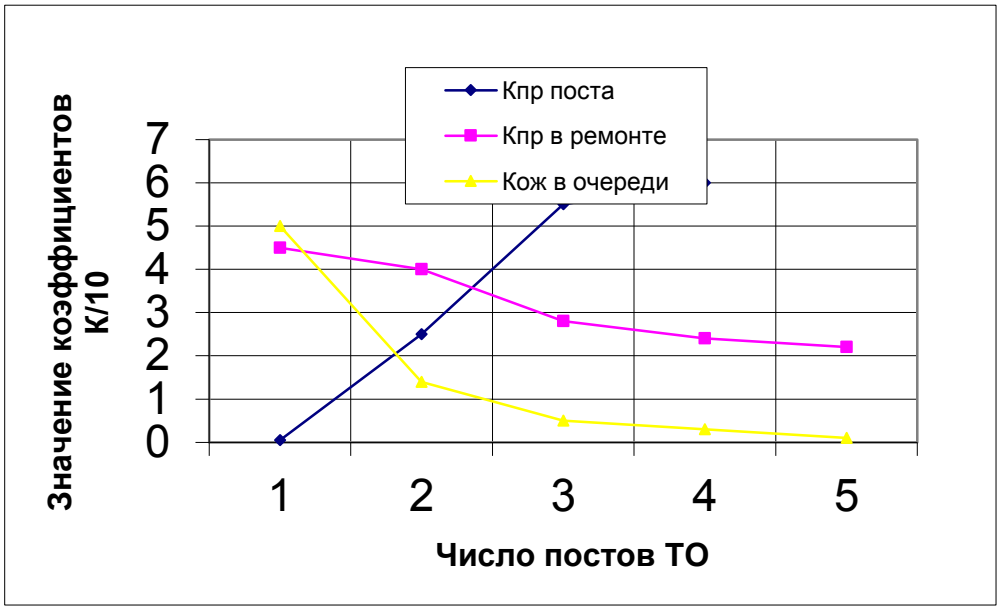
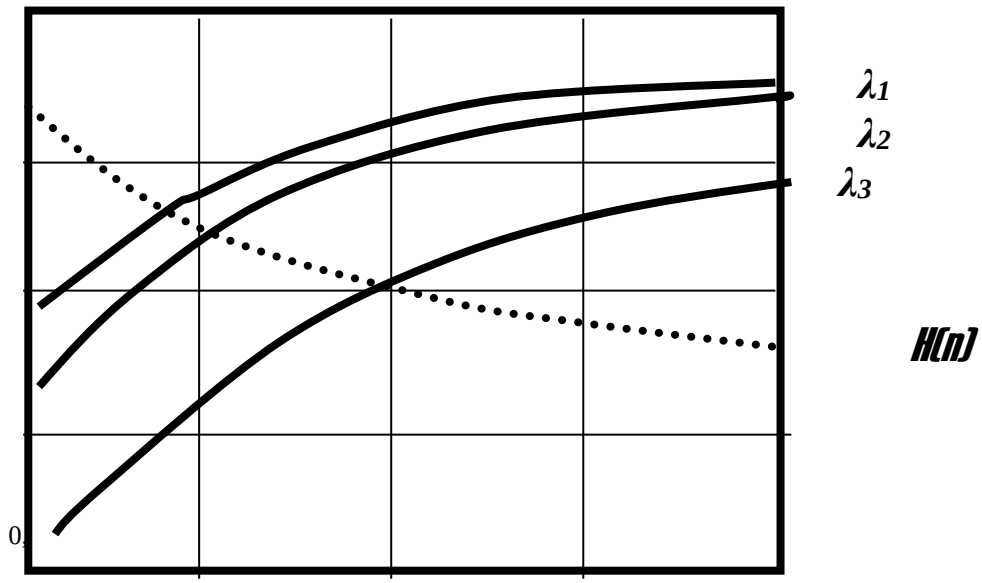


Рис.9.2

Производительность поста W и энтропия H в зависимости от интенсивности потока заявок λ и мощности технического оснащения



0 100% 150% 200% Мощность поста

$\lambda_1>\lambda_2>\lambda_3$, H(n) - энтропия

Это связано с практическим исчезновением очереди при некотором значении числа постов. Начиная с этого момента, МТА простаивают только в ремонте (рис. 9.2). Также исследована и иллюстрирована зависимость производительности поста W энтропия $H(n)$ от интенсивности потока заявок λ и мощности технического оснащения (рис.9.3). Математическое ожидание количества простаивающих агрегатов при увеличении общего количества постов n снижается сначала интенсивно, затем, начиная с четырех, почти не изменяется

Рис.9.3

Это объяснялось тем, что в данном случае, начиная с четырех постов обслуживания, среднее число машин в очереди $M_{оч}$ близко к нулю и их простои обусловлены продолжительностью обслуживания. Одновременно расчет число незанятых постов (рис. 9.4).

Закономерности изменения количества МТА в очереди $M_{оч}$ и в системе ТО $M_{пр}$ и изменении количества обслуживающих постов

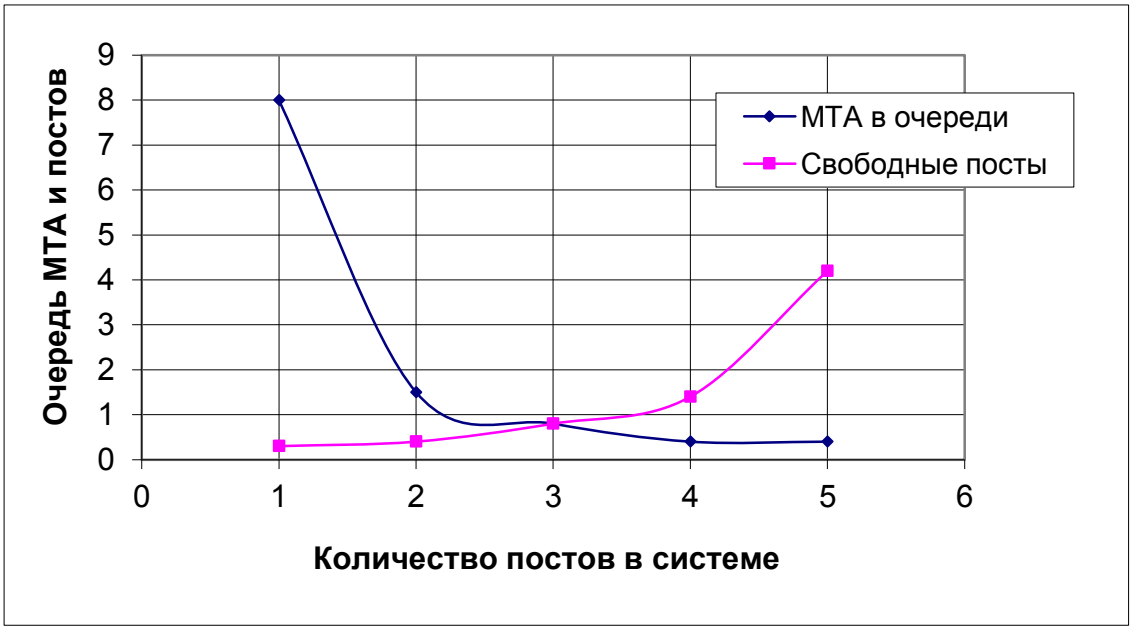


Рис. 9.4

Резкое снижение кривой математического ожидания простаивающих в очереди машин $M_{оч}$ при малых значениях объясняется стохастическим характером процесса: вероятность наличия свободных постов обслуживания $M_{пр}$ при увеличении n от одного до трех резко возрастает, при дальнейшем увеличении мало изменяется. При этом величина $M_{пр}$ асимптотически переходит в прямую, параллельную оси абсцисс. Характер изменения у кривой “количество свободных постов обслуживания”: при n = 1 и 2 посты большую часть времени заняты обслуживанием; при n > 4 математическое ожидание количе-

ства занятых постов $M_{зан}$ изменяется незначительно, в связи с чем кривая M_3 близка к прямой (рис. 9.5).

Кроме показателей $M_{оч}$, $M_{пр}$, $M_{зан}$ процесс характеризуется коэффициентами простоя агрегатов в очереди – $K_{проч}$, на техническом обслуживании $K_{пр.обс}$ и коэффициентом простоя постов обслуживания – $K_{проб.}$ Зависимость показателей $K_{проб.}$ от n определяется закономерностями изменения M_1 и имеет аналогичный характер; кривая коэффициента простоя постов обслуживания $K_{проч}$ обращена выпуклостью вверх, так как n – переменное (рис. 9.6).

При увеличении мощности постов обслуживания значения $M_{оч}$, $M_{пр}$ и $K_{проч}$ из-за сокращения времени обслуживания уменьшаются, а кривые $M_{зан}$ и $K_{проб.}$ растут в связи с увеличением коэффициента простоя ремонтно-обслуживающих рабочих (см. рис. 9.4 и 9.5).

Сумма трудозатрат подсистемы обслуживания и потерь рабочего времени МТА в зависимости от количества постов и их мощности носит сложный характер, изображается в виде вогнутой унимодальной кривой. Целевые функции, представляющие собой суммарные значения трудозатрат и потерь рабочего времени от простоев машин и ремонтно-обслуживающего звена, имеют явно выраженный экстремум (рис. 9.6).

Оптимальное количество постов обслуживания находится в области минимума функции F. При количестве постов, меньшем оптимального, кривая F резко возрастает из-за увеличения простоев машин; при $n > n_{опт}$ кривая F также возрастает, но более плавно, так как потери от простоя постов обслуживания меньше, чем от простоя машин, кроме того, уменьшается коэффициент простоя объектов обслуживания.

При увеличении численности постов обслуживания кривая до известного предела опускается, так как час работы слесаря звена обходился дешевле, чем час простоя машин в периоды весеннего сева, уборки зерновых и силосных культур. Дальнейшее увеличение b приводит к превалированию прироста затрат над увеличением производительности, и значение F_{min} при $b > 4$ возрастает (см. рис. 9.6).

Критерий

$$\sum t = M_2 + M_3 b \qquad (9.3)$$

Коэффициенты, характеризующие простой в очереди МТА ($K_{пр.оч}$), простой постов ($K_{пр.пост}$), простой МТА на обслуживании ($K_{пр.обс}$) в зависимости от числа постов обслуживания использования в дополнение к критерию F в том случае, если целевая функция F имела неявно выраженный экстремум. При изменении количества постов обслуживания от одного до двух при $b = 2$ кривая Σt снижалась вследствие преобладания темпа снижения простоев механизаторов-водителей над темпом увеличения простоев рабочих звена технической эксплуатации. Однако, при дальнейшем увеличении n зависимость Σt от количества постов $\boldsymbol{n}$ близка к прямой, так как обслуживаемые машины в очереди простаивают незначительное время.

При увеличении количества постов вначале экстремум Σt принимает меньшие значения, достигая минимума при $b = 3{,}0$ и далее поднимается.

Характер изменения показателей: математическое ожидание ожидания обслуживания $M_{ож}$ и математическое ожидание количества простаивающих обслуживающих постов $M_{пр.\ пост}$ в функции от количества машин в группе m – обратный в сравнении с их зависимостью от n (рис. 9.7).

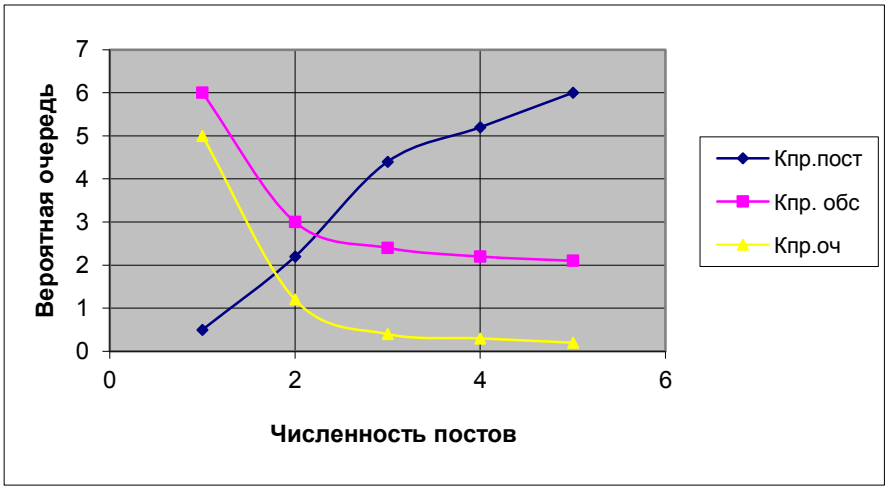
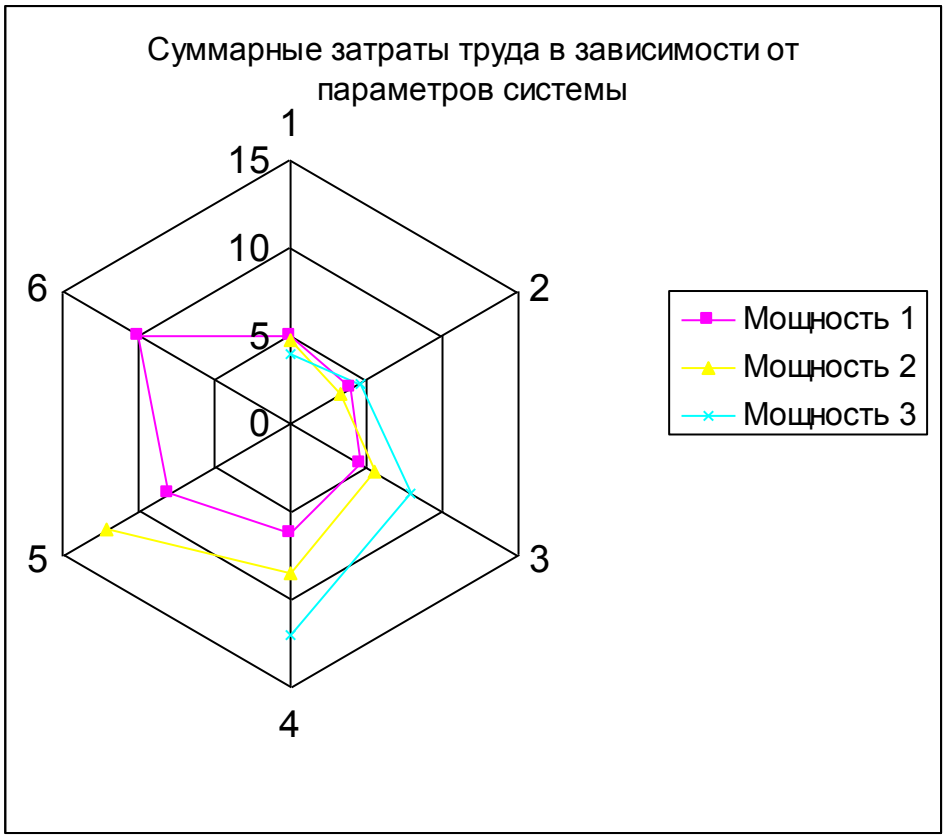


Рис. 9.5

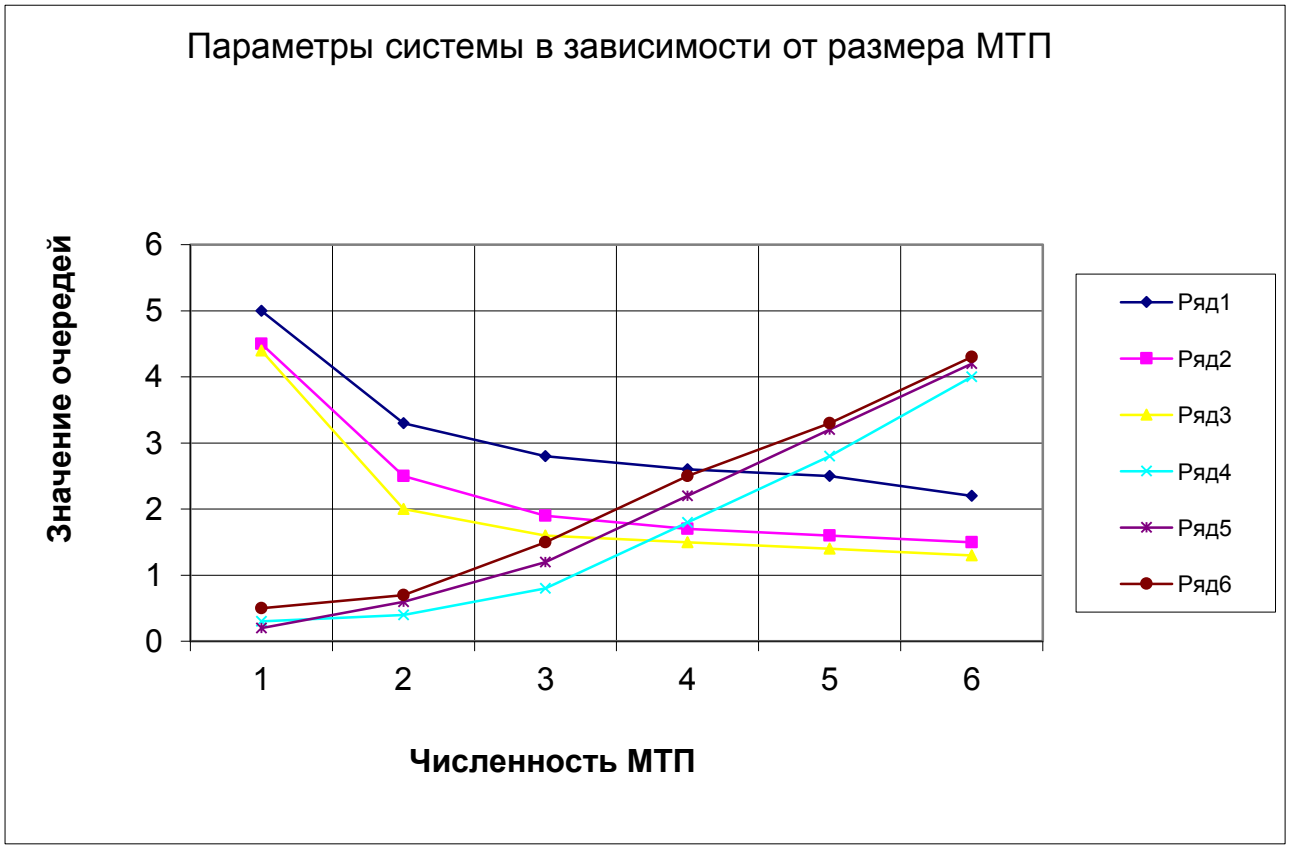


n = 1, 2, 3, 4, 5 и 6 –количество постов

Рис. 9.6

Математическое ожидание количества простаивающих в очереди и на ТО, в ремонте машин $M_{ож}$ возрастает при увеличении численности обслуживаемой группы m (уменьшении количества постов n) из-за возрастания интенсивности входящего потока λ и увеличения вероятности того, что все посты заняты обслуживанием. Изменение математического ожидания количества свободных постов $M_{пр.пост}$ носит по тем же причинам обратный характер. Увеличение количества рабочих поста или постов вызывают увеличения значений $M_{пр.пост}$ (см. рис. 9.7).

Были проведены хронометражные наблюдения за техническим обслуживанием и текущем ремонтом группы зерноуборочных комбайнов при различном количестве постов обслуживания. Средние значения количества простаивающих машин M_2 и постов обслуживания M_3 согласуются с теоретическими, значениям при погрешности Δ < 7 %.



1, 2, 3 - очереди МТА $M_{оч}$;
4, 5, 6 -простоя постов $M_{пр.пост}$

Рис. 9.7

9.1.7. Рассмотрели взаимосвязи энтропии и надежности системы, ее эффективности. Надежность реализуется посредством вероятностей состояний параметрического и функционального отказов.

Отказы происходят в соответствии с вероятностью отказа подсистемы эксплуатации, подсистемы контроля технического состояния, подсистемы

обслуживания, с вероятностью наличия или отсутствия очереди, вероятности наличия простаивающих МТА и постов.

Энтропия выступает в качестве меры неопределенности изучаемой технологической системы ЭМТП и представляет собой, как известно из физики, сумму произведений вероятностей различных состояний системы на логарифмы этих вероятностей, взятые с обратным знаком.

Она равна нулю при однозначности системы, то есть энтропия была бы равна нолю при абсолютной надежности системы ЭМТП, когда ее граф состояний состоял бы из одного элемента, и состояние тоже было бы одно. Реальные системы ЭМТП имеют различное количество состояний (как показано выше, данное множество состояний является счетным и поведение системы ЭМТП по этой причине описывается методом вложенной марковской цепи, выведенной

из размеченного графа состояний), поэтому их энтропия больше нолю. При увеличении количества состояний и при приближении их вероятности друг к другу энтропия возрастает до максимальных значений.

Задача инженерно-технической службы состоит в структуризации системы, снижения уровня ее неопределенности. Это достигается в том числе воздействием на состояния системы системными методами, введением обратной информационной связи, которая, по расчетам, снижает вероятность отказа (см. рис. 9.4). Таким образом информационные технологии, применение математического моделирования на ЭВМ процессов машиноиспользования позволяет получить значимый материальный эффект.

На рисунке 9.2 показано, как изменяется энтропия обслуживаемой подсистемы при увеличении мощности постов; к сожалению, при этом возрастает энтропия обслуживающей системы, то есть в данном случае действует закон сохранения энтропии. Энтропия коррелируется с минимальными значениями критерия эффективности, так как оптимальные значения соответствуют минимальному рассеиванию энергии и рациональному использованию ресурсов МТП (см. рис. 9.7). Она изменяется в соответствии с вероятностями состояний системы, реализуемых посредством математического ожидания обслуживания, простаивающих постов (см. рис. 9.8).

Вероятности состояний системы в зависимости от режима работы

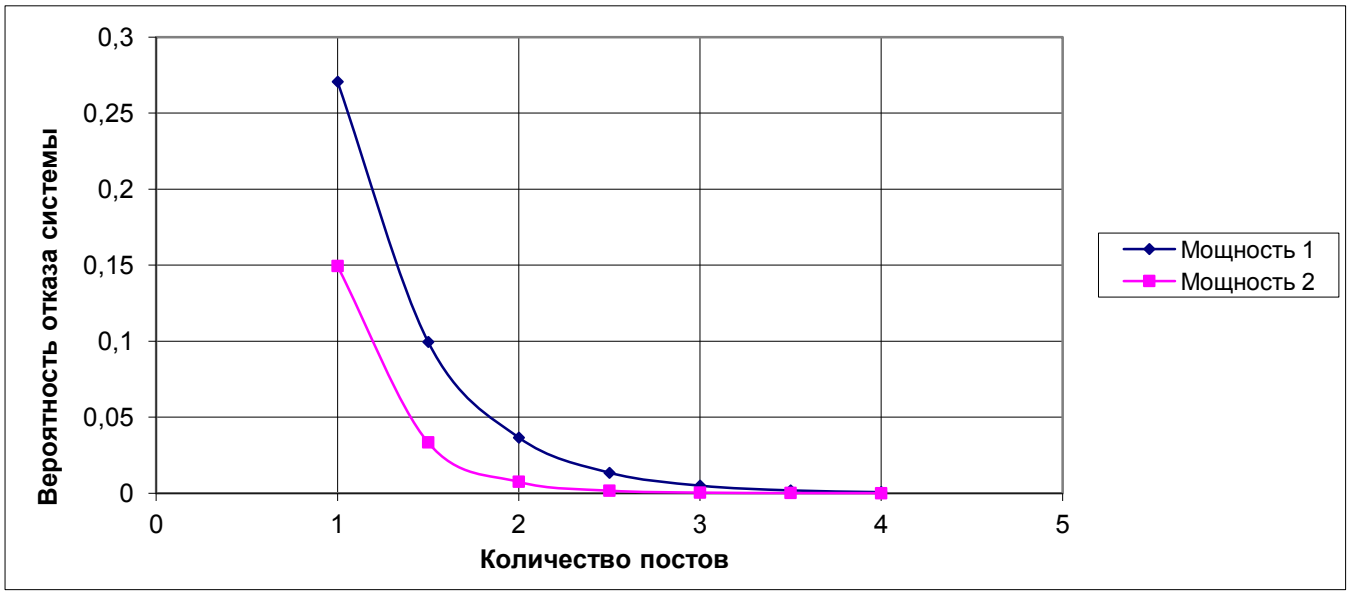


Рис. 9.8

Когда вероятности простоя постов и МТА приближаются по значению друг к другу, суммарная энтропия двух систем (обслуживаемой и обслуживающей) энтропия возрастает. В точке экстремума энтропия системы с равновозможными состояниями равна логарифму числа состояний и имеет максимальное значение. Полученный результат имеет физическое объяснение (см. выше) и математически находится как экстремум функции методом неопределенных множителей Лагранжа /58/, в данной работе не приводится, как общеизвестное решение.

При построении нами использовался следующий инструментарий расчета /58/: вначале анализировали размеченный граф состояний конкретной системы ЭМТП, выявляли все состояния системы обслуживания и обслуживаемой системы, по формулам ТМО или с применением математических моделей, реализованных на ЭВМ. Вычисляли вероятности указанных состояний. Полученные результаты использовались для расчета энтропии согласно ее определения (см. выше). Логарифм дробей нашли вычитанием, как это принято в элементарной математике. Для упрощения расчетов также ввели функцию $\eta(p) = -p \log p$, использован логарифм по основанию два.

В исследуемых случаях изучались несколько подсистем ЭМТП, их суммарная энтропия в случае независимости подсистем, элементов равна аддитивной сумме на основании теоремы сложения энтропии. Энтропия объединенной системы производственной, технической эксплуатации и подсистемы управления, которые связаны между собой, равна энтропии одной из подсистем, суммированной с условной энтропией других подсистем. Свойство условной энтропии проявилось при анализе графиков (см. выше). Энтропия связана с информацией, и полная информация, которая в пределе может быть получена о системе ЭМСТП методами системного анализа, будет равна полной энтропии системы ЭМТП,

9.1.8. Закончив рассмотрение замкнутых систем с известным количеством обслуживаемых машин (это МТП групп, звеньев, комплексов, фермеров), обратили внимание на закономерности обслуживания в разомкнутых системах. К ним относятся процессы функционирования технических систем в крупных сельскохозяйственных предприятиях, в подразделениях указанных СХП, а также процессы обслуживания дилерами, частными предприятиями по ТО и ремонту, обслуживание СХП и фермеров машинно-технологическими станциями, обслуживание сельхозмашин на машинных дворах (центральном и производственном) крупных СХП и МТС. Например, совершенствование методов обслуживания техники на машинном дворе может быть выполнено на основе применения аналитических моделей типа: «система массового обслуживания, разомкнутая, с N постами обслуживания, с очередью». Модель была реализована на ЭВМ. Статистическая обработка результатов эксперимента на показала для данного случая: вероятность согласия опытных данных и аппроксимирующих законов $P(L)$ = 0,52…0,95, $p(\chi^2)$ 0,30…0,94, что позволило использовать метод вложенной марковской цепи. Решения соответствующих размеченному графу состояний этой системы дифференциальных уравнений известны из математики /281/, сопоставление данных и сбор информации о процессах выполнено экспериментально, результаты опыта обработаны статистическими методами (табл.9.2).

Для проверки соответствия модели оригиналу моделировался реальный процесс, и характерные показатели, процесса-модели и процесса-оригинала сравнивались. За такие показатели были приняты коэффициенты простоя машин и доля поставленной на хранение в срок техники. Относительная погрешность была в пределах 6...9 %, что вполне допустимо. Реализация разработанных алгоритмов позволила провести анализ технической эксплуатации техники в разомкнутой системе.

Математическое ожидание числа простаивающих заявок $M_{ож}$ при увеличения числа каналов n уменьшается вследствие роста P_n – вероятности, того, что свободно каналов обслуживания, а число свободных каналов обслуживания $M_{свпост}$**.** Критерий F имел вид параболы: область оптимальных значений – это устойчивый режим функционирования системы. На основании высказанных определений были найдены параметры рациональных режимов функцио-

нирования и состав ремонтно-обслуживающего звена по периодам сельскохозяйственных работ.

Таким образом, теоретические и экспериментальные исследования элементов процесса технической эксплуатации машин с точки зрения системного подхода выполнены адекватно: разработаны адекватные модели, соответствующие алгоритмы объекта исследования.

Таблица 9.2

Результаты пассивного эксперимента

Периоды работ на машинном дворе	Параметры процессов	Статистические характеристики					
		m	δ	V, %	Закон распределения	$P(L)$	$P(\chi^2)$
Ранне-весенний	1 2 3	58,97 48,66 2,00	41,19 33,03 0,68	69,85 67,89 34,16	Экспо-ненциал. Пуассо-на	0,80 0,90 0,70	0,50 0,94 0,50
Весенний	1 2 3	88,86 39,86 2,32	47,56 28,57 0,95	53,51 71,67 0,79	Экспо-ненциал. Пуассон	0,86 0,70 0,80	0,50 0,50 0,50
Весенне-летний	1 2 3	116,1 254,0 1,42	63,17 141,3 60,52	54,40 26,72 36,84	Экспо-ненциал. Пуассон	0,95 0,89 0,88	0,60 0,80 0,60
Предубо-рочный	1 2 3	75,64 145,5 11,35	84,35 114,9 50,54	111,5 279,8 040,3	Экспо-ненциал. Пуассон	0,72 0,70 0,52	0,90 0,50 0,32
Послеубо-рочный	1 2 3	41,89 24,35 1,56	26,89 17,23 0,75	64,18 70,77 47,88	Экспо-ненциал. Пуассон	0,92 0,90 0,90	0,60 0,90 0,30
Осенний	1 2 3	52,90 55,48 2,10	36,17 27,95 2,10	68,39 59,32 95,68	Экспо-ненциал. Пуассон	0,95 0,95 0,90	0,70 0,80 0,90

Рассмотрели показатели надежности системы эксплуатации МТП на примере подсистемы ТО (при хранении). Был использован ранее разработанный алгоритм моделирования процесса, критерием эффективности которого служит вероятность отсутствия функционального отказа

(9.4)

$$P\{\beta<t\} = 0.95$$

Предложенная модель позволяет выбрать режим работ по ТО техники, в том числе необходимый при этом состав средств механизации по критерию надежности технологического процесса. Проведенный на примере летне-осеннего периода анализ результатов моделирования показал следующее. Вероятность P_o того, что все посты свободны, с увеличением их числа ***n*** асимптотически приближается к единице, а время нахождения заявок на хранение в очереди на обслуживание $T_{ож}$ при этом уменьшается.

Вероятность $P_{ож}$ превышения допустимого срока ожидания для случая увеличения числа *n* постоя при увеличении численности *N* занятых на каждом, посту рабочих снижается (рис. 9.8). Разработанная организация прошла производственную проверку в базовых СХП Ростовской области, в том числе при работе соискателя в отделе внедрения научных разработок института (1987 г.). Результаты внедрения показали, что простои рабочих звена по хранению снизились на 20 %, а коэффициент использования времени смены звеном составил 0,90...0,92, коэффициент использования средств механизации – 0,96. Из всех поставленных на хранение машин только 6 % были установлены с превышением допустимого ГОСТом на хранение срока. Практически от всех 22 базовых СХП института поступили заявки на внедрение данной разработки. Она была включена в Перечень работ, подлежащих первоочередному внедрению на девяностые годы.

Таким образом, с помощью предложенной стохастической математической модели может быть выполнено управление надежностью подсистемой технической эксплуатации техники силами самих СХП.

9.2. Исследование закономерностей функционирования организационных систем методами системного анализа

9.2.1. Рассмотрели аналитические и имитационные модели организационно-технического комплекса, в том числе отрядов, звеньев и комплексов. Они были реализованы на ЭВМ по изложенной методике (см. р. 8.1) на основании опытных данных. Исследования проводились на модели имитации ресурсов (ресурсная, или R-модель), на статистических моделях на основе К-сети и на аналитических моделях. Все исследования были выполнены в лаборатории вычислительной техники ВНИПТИМЭСХ. В связи с решением задачи обоснования оптимального состояния между рабочими и транспортными машинами и метода их технического обслуживания в условиях ограниченных трудовых ресурсов было установлено следующее. В случае ограниченных трудовых ресурсов количество одновременно работающих машин определяется минимумом потерь рабочего времени механизаторов и водителей транспортных средств. При недостатке одних лишь кадров механизаторов необходимо, чтобы работали все машинно-тракторные агрегаты. В этом случае при P = 0,95

получили следующие рациональные соотношения основных *(γ_1)* и обслуживающих *(γ_2)* машин при потоке заявок с характеристикой $\mu = 3{,}5$ и обслуживании с $\lambda = 2{,}1$ (см.) кормодобывающего отряда для расстояния плеча переезда 5 км; γ_1; γ_2 = (2:4; 4:7; 6:10; 8:12; 10:15).

9.2.2. Экспериментальные исследования были проведены в совхозе "Огневский" Пролетарского района Ростовской области.

Экспериментальный, отряд включал в себя:

♦ звено по скашиванию люцерны в валки, оснащенное четырьмя комбайнами с жатками;

♦ звено прессования с обвязкой тюков синтетическим шпагатом и непосредственной загрузкой тюков в кузов параллельно идущей автомаши-

♦ ны. Техническое оснащение звена: шесть агрегатов из тракторов МТЗ и пресс-подборщиков К-453, 10 автомашин ГАЗ-53Б. Метод техобслуживания: звено ТО работает в поле.

♦ Использование описанной техники в соответствии с пропорцией 6:10 и выбранного метода ТО позволило заготовить и подвести к местам зимовки скота за восемь рабочих дней 1600 т сена, что выше средних данных по Пролетарскому району в два раза. Среднечасовая выработка агрегата на прессовании составила 4,60 т. По данным лабораторных исследований, все заготовленное сено отвечало первому классу; содержание каротина колебалось в пределах 80-120 мг/кг, то есть оно было в 2,5-4 раза выше требуемого ГОСТ 4808-75.

♦ Перед началом работ проводили очередное техническое обслуживание всех машин. В процессе работы заправку тракторов и комбайнов осуществляли автозаправщиком, ежесменный осмотр (во время пересмены) проводили трактористы совместно с мастером-наладчиком.

♦ Простои машинно-тракторных агрегатов из-за ожидания транспорта не превышали 5,5 %, теоретическое значение – 5 %, погрешность расчетов Δ = 0,5 %. Суммарные простои тракторов по техническим причинам составили 8 часов, или 1,7 %.

9.2.3. Используя статистическую модель, оценили работу отряда по комплексным показателям надежности: коэффициенту оперативной готовности и коэффициенту надежности. Исходили из того, что при отказе системы, состоящей из шести однотипных МТА, восстанавливают только отказавший объект. Остальные объекты в это время функционируют и не отказывают. По экспериментальным данным, средняя наработка на отказ составила $t_{ср}$ = 226 часов, средняя продолжительность восстановления – 4 часа. Коэффициент оперативной готовности *k* объекта за 10-часовую смену составил $k_{огк} = 0{,}95$; коэффициент готовности объекта $K_{ог} = 0{,}70$; коэффициент готовности отряда как системы $K_г = 0{,}90$.

По данным наблюдений рассчитали вероятность безотказной работы пресс- и тракторов МТЗ *(P_2)*. Вероятностью соответственно варьировали в подборщика *(P_1)* пределах $0{,}95 \le P_1 \le 0{,}98$; $0{,}90 \le P_2 \le 0{,}95$. Таким образом, метод ТО "постоянное дежурство" для звена ТО мало приемлем, так как его

загрузка не превышала 1,7 %. Более приемлем метод ТО во время пересмены. Затраты труда на каждую тонну составляли 0,97 чел.-ч, что на 45 % ниже, чем при применении технологии заготовки измельченного сена, и в 3,0 раза ниже, чем при заготовке рассыпного сена с копнением.

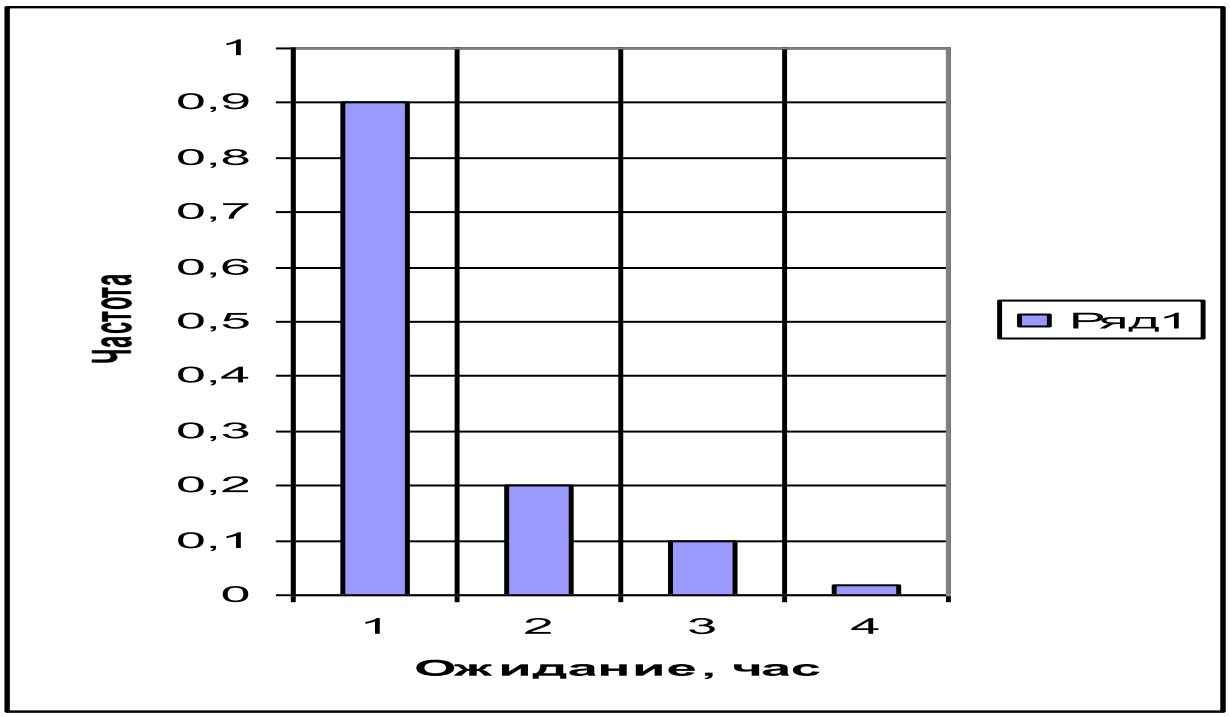
Выбор рационального соотношения основных и вспомогательных машин с учетом вероятностного характера процесса позволяет получить более точное решение. Реализация последнего сокращает простои машин до 10 %. Предложенная методика может быть использована для расчета составов кормодобывающих отрядов.

Полигон распределения продолжительностей ожидания обслуживания основных машин

а)



б)



а – продолжительность доставки t=5 час;
б – продолжительность доставки t=2,7 часа

Рис.9.9

9.2.4. Исследования внутренних взаимосвязей организационно-технических комплексов выполнили, по методике, представленной алгоритмом и программой “ресурсного” моделирования (см. 5.2).

На первом этапе исследований математическую модель проверили на устойчивость по реализациям. Известными статистическими методами установлено, что с доверительной вероятностью 0,95 при ошибке 5 % достаточно моделирования 200 ч реального процесса при 7 реализациях. Далее проверили алгоритм на адекватность, для чего моделировали реальный процесс уборки зерновых колосовых культур. Полученные при моделировании элементы сменного времени и данные фотохронометражных наблюдений сравнивались. В результате установлено соответствие модели оригиналу с доверительной вероятностью 0,95 при погрешности не более 10 %. Затем в качестве проверки универсальности модели провели моделирование вспашки, сева и уборки силосных культур, и также получили положительные результаты.

Свойства адекватности и устойчивости модели по реализациям позволяют перейти к углубленным исследованиям процесса технической эксплуатации машин в соответствии с задачами моделирования.

Пример: использование модели для решения отдельных вопросов эксплуатации машин. Вначале обработали экспериментальные данные по обслуживающей подсистеме, их ввели в математическую модель организационно-технического комплекса (*R*-модель). Показатели эффективности использова-

ния МТП подразделения от распределения продолжительностей доставки запасных частей, по данным моделирования, изменяются следующим образом: при увеличении среднего времени доставки запасных частей от 2,7 (оптимальное для средних условий Ростовской области) до 5 часов чистое время работы основных машин сокращается с 7,8 до 7,5 час;

Изобразив гистограмму распределения продолжительностей ожидания обслуживания

. основных машин, установили, что при изменении времени доставки от 2,7 часа до 5 часов продолжительность ожидания обслуживания соответственно снизилась. Если в первом случае вероятность ожидания обслуживания 0,5 часа составляла 0,90, то во втором – 0,63.

Возросли вероятности состояний с более длительным ожиданием начала обслуживания (рис. 9.9), время на устранение отказов соответственно увеличивается на 23 %, в том числе простой из-за доставки, запасных частей – на 61 % . Возрастает ущерб от простоев и приведенные затраты на 1 га убранной площади на 0,57 руб./ч. Изменяются и статистические показатели распределения простоев основных машин в сторону увеличения.

Аналогично, изменяя в информационном обеспечении модели содержания элементов процесса, можно выдать наиболее оптимальное сочетание их производительностей.

В целом по выполненной работе был сделан вывод о возможности. использования принципа моделирования ресурсов при разработке алгоритма имитации сельскохозяйственных процессов и создании универсальной модели эксплуатации МТП по периодам полевых работ.

Разработанная ресурсная модель с доверительной вероятностью 0,95 при погрешности не более 10 % описывает указанный процесс, устойчива по реализациям и позволяет исследовать процесс эксплуатации машин.

Использованный принцип позволяет в 1,2...1,5 раза сократить трудоемкость разработки алгоритма эксплуатации машин в сельском хозяйстве, отпадает необходимость в разработке имитационного алгоритма для каждого из семи характерных периодов полевых работ в силу универсальности ресурсной модели.

Приведенный пример подтверждает возможность использования модели для системных исследований, в частности, подтверждена возможность изучения влияния уровня технического обслуживания на стоимость производимой продукции в ходе обоснования системы эксплуатации техники /181/.

9.3. Оптимизация структуры ремонтно-обслуживающей системы

9.3.1. Рассмотрели реализацию предлагаемой методики на условном примере. В результате анализа отчетности с.-х. предприятий и метода экспертных оценок, выявлены оценочные показатели и факторы-аргументы (табл. 9.3).

В результате анализа X_5 и X_6 исключаются как не оказывающие значимое влияние на оценочные показатели. Остальные показатели значимы с уровнем 0,05. Оставленные для дальнейшего анализа факторы обработаны по программе корреляционно-регрессионного анализа с целью исключения мультиколлинеарных. В результате оставлены в качестве признаков классификации расход топливо-смазочных материалов и площадь пашни. Дополнительный признак классификации для машинных дворов – потребная площадь для хранения машин.

Таблица 9.3

Оценочные показатели и факторы-аргументы

Оценочные показатели	Факторы аргументы
Y_1 – общий объём ремонтно-обслуживающих работ	X_1 – объём механизированных работ
Y_2 – трудоёмкость капитального ремонта	X_2 – площадь пашни
Y_3 – трудоемкость текущего ремонта	X_3 – расход ГСМ
Y_4 – трудоемкость технического обслуживания	X_4 – количество тракторов
Y_5 – трудоемкость сезонного обслуживания	X_5 – энергонасыщенность
	X_6 – плотность механизированных работ

Рассчитали коэффициенты корреляции и определили их значимость (табл.9.4) по изложенной методике.

В соответствии с приведенной методикой произвели многомерную группировку сельскохозяйственных предприятий по данным табл.

С этой целью вначале были приведены к одному масштабу измерения признака классификации. Были рассчитаны коэффициенты эластичности для этих факторов по данным полученных ранее регрессионных моделей. Они составили соответственно для X_2 (расход ТСМ), X_3 (площадь пашни) и X_1 (потребная площадь для хранения) 1,0; 1,16: 0,10. Значения масштабного фактора в дальнейших итерациях были уточнены и составили 0,313; 0,302; 0,385.

В результате многофакторного обоснования объекта-представителя на основе распознания образов при Евклидовой метрике (описанный ранее метод кластерного анализа) были получены следующие результаты.

При разбиении исходных объектов на две группы число элементов в последних получилось равным, при делении на большее число групп – различным (табл.9.5).

Устойчивой является совокупность объектов (3, 23, 24, 22, 26, 19, 0, 10, 8, 9, 27), которая выделяется при различном количестве кластеров. Объекты 21, 15, 25 далеки от всех группировок. Наименьшая дисперсия средних значений наблюдается в последнем разбиении (см. табл.). Таким образом, выделены четыре объекта-представителя со значениями. $M[X]$, $\sigma[X_1]$, $M[X_2]$, $\sigma[X_2]$,

$\sigma[X_3]$, $\sigma[X_4]$. Значения других показателей объектов-представителей рассчитываются как средние значения групп.

Аналогично обосновываются объекты-представители других сельскохозяйственных предприятий и их подразделений (колхозов и совхозов, бригад и отделений).

Более конкретные исследования выполняются в объектах-представителях.

В качестве объектов-представителей последовательно выступают как подразделения, так и с.-х. предприятия в целом.

Обоснование средств выполнения ТО и текущих ремонтов отделений, бригад, мехотрядов МТС выполняется по предложенной статистической ресурсной модели. Для этого в объекте-представителе необходимо собрать данные о количестве и формах используемой техники по характерным периодам полевых работ, инженерно-техническом обеспечении, наработке.

На указанной модели выявляется распределение работ по ТО между стационарными и передвижными средствами. При расчете по этой модели было установлено, что ТО-2 и 60 % ТО-1 необходимо выполнять на стационаре, в СПТО. Распределение работ на II уровне (спецотделение МТС, хозяйство) и III уровне (районная база) выполняется по линейной модели. Для этого вначале рассчитываются объемы работ по ТО и ремонту, определяется объем технического обслуживания на стационаре.

Таблица 9.4

Результаты корреляционного анализа

Аргументы	Оценочные показатели									
	Y_1		Y_2		Y_3		Y_4		Y_5	
	r	Знак ®	r	Знак ®	r	Знак ®	r	Знак ®	r	Знак ®
X_1	0.80	0.71	0.80	0.71	0.82	0.71	0.80	0.71	0.82	0.71
X_2	0.86	0.71	0.85	0.71	0.87	0.71	0.83	0.71	0.62	0.71
X_3	0.81	0.71	0.77	0.71	0.77	0.71	0.80	0.71	0.80	0.71
X_4	0.87	0.71	0.87	0.71	0.87	0.71	0.84	0.71	0.87	0.71
X_5	0.0	0.38	0.0	0.38	0.00	0.38	0.00	0.38	0.00	0.38
X_6	0.30	0.38	0.20	0.38	0.10	0.38	0.30	0.38	0.10	0.38

Таблица 9.5

Информационное обеспечение программы обоснования объекта-представителя

№	X_1	X_2	X_3	№	X_1	X_2	X_3	№	X_1	X_2	X_3
0	7.0	9.85	16.5	10	10.8	9.14	20.5	19	7.80	8.70	16.6
1	4.98	3.26	8.20	11	6.94	5.41	14.3	20	4.00	13.7	10.6
2	5.51	4.44	10.9	12	0.99	5.53	12.2	21	4.20	12.6	23.5
3	8.81	7.93	17.2	13	3.97	5.63	5.40	22	8.20	8.50	16.5
4	6.95	8.03	11.8	14	5.97	6.87	15.1	23	9.90	8.66	15.8
5	3.61	4.78	9.3	15	2.75	20.6	39.2	24	10.0	8.81	15.6
6	5.01	3.74	9.3	16	5.97	4.42	11.8	25	16.8	17.3	22.2
7	7.02	5.80	7.80	17	6,05	4.27	14.0	26	10.7	48.7	17.3
8	8.71	10.4	21.1	18	1,.2	1.10	1.80	27	12.5	1.21	20.0
9	8.17	9.72	12.5								

Например, необходимо распределить ремонтно-обслуживающие работы в объекте-представителе. Исходные данные для расчета приведены в табл.9.6 и схеме (рис.9.10).

В число исходных данных входят: потребности спецотделений в ремонте и план размещения и развития предприятий (ремонтных мастерских общего назначения) по вариантам (см. табл.9.7 и 9.8). План размещения и развития сообразуется с наличием трудовых, материальных, в т.ч. энергетических ресурсов..

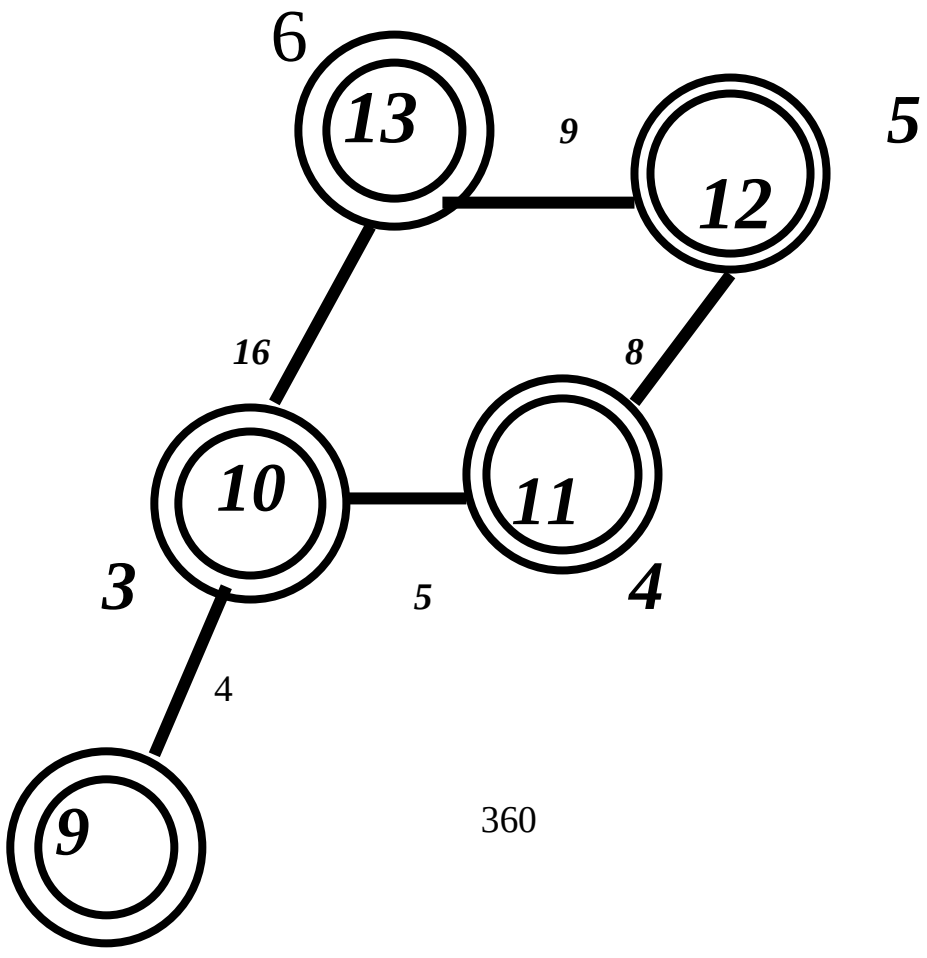
Таблица 9.6

Кластеры и объекты РОБ

Номер класт.	К-во объектов	Среднее значение и среднеквадратическое отклонение вектора параметров и номера объектов по классам						
		$M[X_1]$	$\sigma[X_1]$	$M[X_2]$	$\sigma[X_2]$	$M[X_2]$	$\sigma[X_3]$	Номера объектов
0	14	4,87	1,91	5,50	2,88	10,2	3,62	2,16,6,5,1,17,13,7,14,11,4,22, 10, 18
1	14	9,09	3,36	10,2	4,51	19,6	6,38	8,0,3,22,10,23, 19,24,26,9,21,17,25,15
0	13	9,03	1,65	8,09	2,39	16,6	2,81	3,22,23,24,19,0 ,26,9,8,10,4,11, 27

1	12	4,52	1,84	5,29	3,02	9,70	3,66	5,6,2,16,1,13,17,7,14,12,18,20
2	3	7,92	,73	16,9	4,02	28,3	9,46	21,15,25
0	13	9,03	1,65	8,09	2,39	16,6	2,8	3,22,23,24,19,10,26,9,8,4,11,27
1	3	4,92	0,93	11,1	3,67	16,4	6,5	20,14,21
2	10	4,37	1,97	4,30	1,39	9,07	3,55	6,5,1,2,16,13,17,7,12,18
3	2	9,98	9,94	19,0	2,32	30,7	12,0	15,25
0	11	9,41	1,50	8,33	2,47	17,2	2,49	3,23,24,22,26,19,0,10,8,9,27
1	11	5,5	1,16	5,15	1,40	10,7	3,04	2,6,16,17,1,7,11,14,5,4,13
2	2	4,40	0,28	13,2	0,77	17,1	9,12	21,20
3	2	1,10	0,16	3,32	3,13	7,00	7,35	12,18
4	2	9,78	9,94	19,0	2,32	30,7	12,0	15,25

Схема размещения ремонтных предприятий и сельскохозяйственных предприятий – пунктов сосредоточения спроса



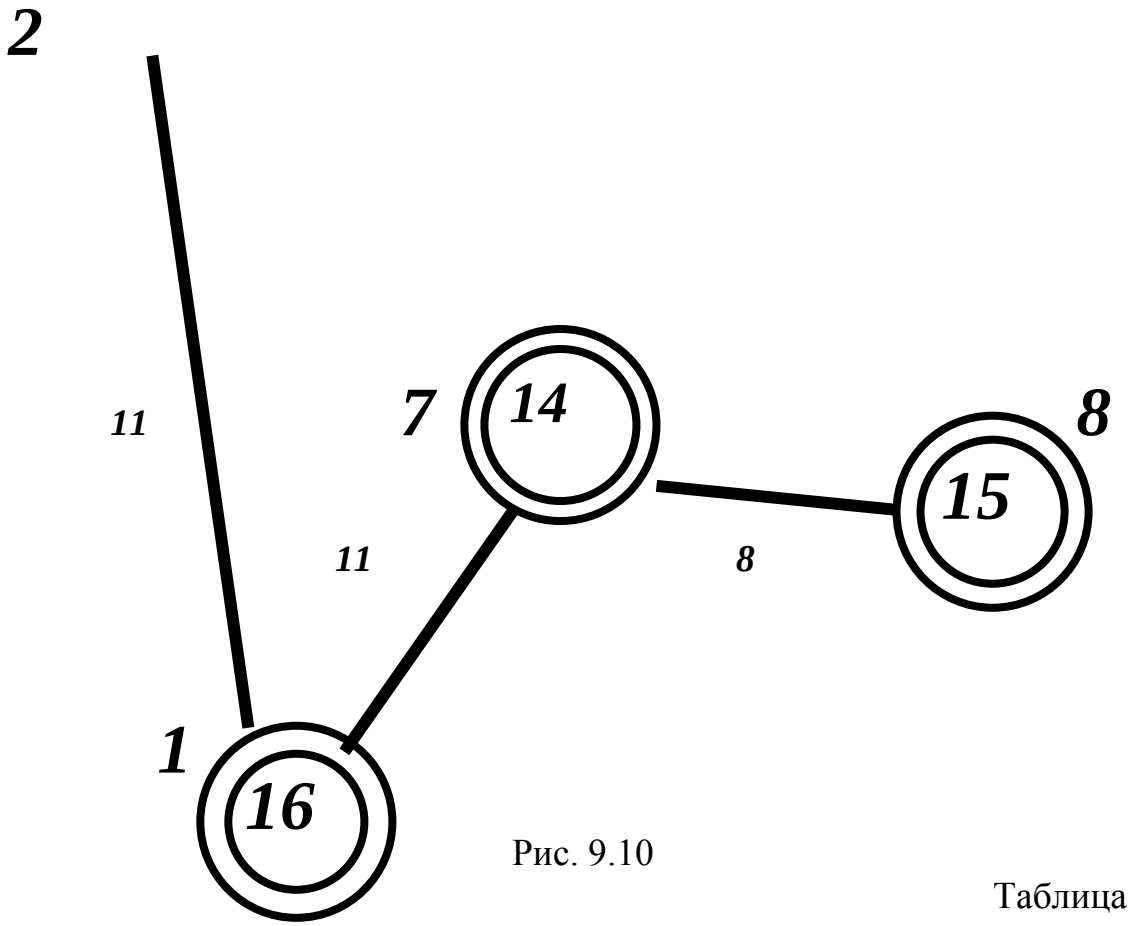


Рис. 9.10

Таблица 9.7

Список потребителей ремонтов и ТО

№ п/п	Название пункта	Потребность в ремонте, усл.единица	Номер на карте	
			Предприятие	Потребитель
1.	«Казанское»	61	1	16
2.	«Краснооктябрьск.	46	2	9
3.	«Первомайское»	2	3	10
4.	«Кразнознаменск.»	59	4	11
5.	«Щумилинское»	1	5	12
6.	«Верхнедонское»	71	6	13
7.	«Кировское»	32	7	14
8.		26	8	15

Таблица 9.8

Варианты развития (размещения) мощностей и затраты производства

№	Мощность,	Затраты, тыс.руб.	Примечание

п/п	усл.ед.			
1	2	3		4
1. 2. 3. 4.	100 200 300 400	214 243 270 300	2,1 1,2 0,90 0,75	Мастерская общего назначения №1
5. 6. 7. 8.	25 50 75 100	118 151 179 214	4,7 3,0 2,4 2,1	ЦРМ («Красный октябрь, №2)
9. 10. 11 12	25 50 75 100	118 151 179 214	4,7 3,0 2,4 2,1	ЦРМ (им.Первого мая, №3)
13. 14. 15. 16.	50 75 100 150	151 179 214 233	3,0 2,4 2,1 1,6	ЦРМ («Красное знамя», №4)
17. 18. 19. 20. 21.	25 50 75 100 200	118 151 179 214 243	4,7 3,0 2,4 2,1 1,2	ЦРМ («Шумилинский», №5)

Продолжение табл.9.8

1	2	3		4
22. 23. 24. 25. 26.	0 25 50 75 100	0 118 151 179 214	0 4,7 3,0 2,4 2,1	ЦРМ («Верхнедонской», №6)
27. 28. 29. 30. 31. 32.	25 50 75 100 150 0	118 151 179 214 233 0	4,7 3,0 2,4 2,1 1,6 0	ЦРМ («Песковатский», №7)
33. 34 35. 36. 37.	25 50 75 100 150	118 151 179 214 233	4,7 3,0 2,4 2,1 1,6	ЦРМ («Кировский», №8)

38. 39.	200 0	243 0	1,2 0	

Таблица 9.9

Кратчайшее расстояние между ремонтными предприятиями и потребителями

Номер предприятия	Номер потребителя	Кратчайшее расстояние	Номер предприятия	Номер потребителя	Кратчайшее расстояние
1	2	3	4	5	6
1	9 10 11 12 13 14 15 16	12 16 21 29 32 12 20 1	5	9 10 11 12 13 14 15 16	18 14 9 1 10 40 48 29

Продолжение табл.9.9

1	2	3	4	5	6
2	9 10 11 12 13 14 15 16	1 5 10 18 21 23 31 12	6	9 10 11 12 13 14 15 16	21 17 18 10 1 43 51 32
3	9 10 11 12 13 14 15 16	5 1 6 14 17 27 35 16	7	9 10 11 12 13 14 15 16	23 27 32 40 43 1 9 12
4	9	1	8	9	31

	10	6		10	35
	11	1		11	40
	12	9		12	48
	13	18		13	51
	14	32		14	9
	15	40		15	1
	16	21		16	20

При расчете на ЭВМ вначале рассчитываются кратчайшие расстояния между ремонтными предприятиями и потребителями (табл. 9.9). На основании полученных данных рассчитывается транспортная матрица затрат на перевозку одного объекта ремонта.

Один из вариантов размещения ремонтных предприятий, полученный в ходе решения методом линейного программирования, предлагает следующее распределение ремонтов. Мастерская общего назначения (МОН) загружается работами от хозяйств: “Ленинский” (46 единиц), “Кировский” (61 единица); “Краснознаменская” ЦРМ должна дополнительно выполнять работы хозяйств им. Первого Мая (34 единицы) и “Верхнедонское” (59 единиц). В ЦРМ с-за “Шумилинский” целесообразно выполнение работ хозяйств “Красное Знамя" (81 единица), им. Первого мая (48 единиц). ЦРМ “Кировского” загружается работами “Песковатского” (27 единиц) и “Краснооктябрьского” (32 единицы).

В сельхозпредприятиях им. Первого мая, “Верхнедонское”, “Краснооктябрьское” и “Песковатское” ЦРМ строить нецелесообразно. Реализация обоснованного рационального плана размещения (не говоря уже об оптимальном) существенно сокращает капитальные вложения на строительство ремонтно-обслуживающей базы данного района (табл. 9.10).

Таблица 9.10

Капитальные вложения в строительство РОБ (цены 2000 г.)

Предприятия (ЦРМ)	Кол-во трак-ров	Варианты					
		1 без. пециал.		2 с МОН		3 с МОН	
		мощ-ность	стои-мость	мощ-ность	стои-мость	мощ-ность	стои-мость
МОН				100	2142	200	2430
«Краснооктябрьское»	82	100	2142	75	-	50	1505
«Первомайское»	59	75	1790	100	-	0	-
«Краснознаменское»	81	100	2142	200	2142	150	2327
«Щумилинское»	71	75	1790	0	2430	150	2327
«Верхнедонское»	32	50	1505	0	-	0	-
«Песковатское»	26	50	1505	50	-	50	1505
«Кировское»	61	75	1790		1505	25	1181
«Ленинское»	46	50	1500				-
ВСЕГО			14170		8219	-	11280

			тыс. руб.		тыс. руб.		тыс. руб.

В сравнении с базой без распределения ремонтно-обслуживающих работ во втором варианте экономия капитальных вложений составляет 595 тыс. рублей (40 %), а в третьем – 289 тыс. рублей (20 %).

В дополнение к распределению ремонтно-обслуживающих работ по сети ремонтно-обслуживающих предприятий необходимо рассчитать мощность самих мастерских. Она должна быть такой, чтобы обеспечивать ремонт в соответствии с потребностью в ремонтно-обслуживающих работах. Это выявляется на основе натурных экспериментов, которые практически невозможны, или в результате моделирования.

Рассмотрев подсистему обслуживания РОР, пришли к выводу, что имеет место система, идентифицируемая методами теории массового обслуживания. Предположив Пуассоновский входящий поток, отнеся процесс в ЦРМ в соответствии с классификацией Кедалла как разомкнутую, без потерь (с ожиданием), с N постами обслуживания, описали процесс восстановления машин в ЦРМ методом вложенной марковской цепи. В соответствии с размеченным графом состояний в математических работах для разомкнутой, без потерь (так как конкурентной альтернативы ЦРМ пока в СХП нет) N – постовой СМО составлены системы дифференциальных уравнений и получены их решения /58/.

Разработанная соискателем методика предусматривает расчет ЦРМ данными вероятностными методами. При этом исходили из следующего. Как известно, типаж ЦРМ определяется площадью монтажного цеха, или машиноместами.. В соответствии с целевой функцией зависимость ущерба
от простоев, задержки в обслуживании машин в ЦТК от количества машиномест приведена на рисунке 9.11. По данным расчета, в рассмотренном примере эффект дает увеличение постановочных мест до шести. При дальнейшем увеличении их числа ущерб снижается незначительно (см. рис. 9.11).

Фактический смысл ущерба – в том, что с увеличением количества машиномест вероятность ожидания начала ремонта МТА уменьшается (рис. 9.12).

Распределение вероятностей состояний при числе машиномест n = 2, 4, 6, 8, и 10 представлены на рисунке 9.13.

9.4. Оптимизация организационной системы автотранспортного обеспечения

9.4.1. Подсистема сбыта и транспорта районного уровня является основой системы уборочно-транспортного и заготовительного процесса (УТЗП) районного уровня и ее необходимо спроектировать таким образом, чтобы обеспечить движение рационального по составу автоотряда без задержек у мест погрузки, разгрузки и в пути следования даже при неблагоприятной производственной ситуации, то есть добиться устойчивости подсистемы. Задерж-

ки автотранспорта по организационным причинам могут возникнуть у мест погрузки, разгрузки, взвешивания, взятия проб, на АЗС, на маршруте движения. Вывоз зерна обычно осуществляется централизованными авто-отрядами. Движение автоотряда по дорогам и на АЗС без задержек обеспечивается установлением приоритета в движении и обслуживании. Работа автоотряда организуется по часовым графикам, в которых указывается время прибытия автомашин на механизированный ток и хлебоприемное предприятие.

Однако часовой график может выполняться только в том случае, если производительность погрузочных средств на ПНЗ и мощность ХПП позволяют принять и обслужить автомашины без задержек, а в случае случайных отклонений автомашин от графика (например, вследствие неисправности, задержки по дорожным условиям и пр.) подсистема должна сохранять устойчивость и возвращаться к графику работы. Нетрудно убедиться в том, что наиболее напряженным режим работы будет в случае случайного потока автомашин на ПНЗ и ХПП: в этом случае прибытие автомашин будет равновероятным в любой момент времени.

Ранее была рассмотрена (п. 6.2) постановка в терминах теории массового обслуживания: поток автомашин с плотностью λ поступает на пункт накопления зерна, где обслуживается с интенсивностью в среднем μ автомашин за час. Загруженная автомашина отправляется в рейс, в котором находится в среднем t часов.

Зависимость ущерба от простоев трактора в ожидании обслуживания в ЦРМ от количества машиномест



Рис. 9.11

Вероятность того, что все посты заняты, в зависимости от количества машиномест

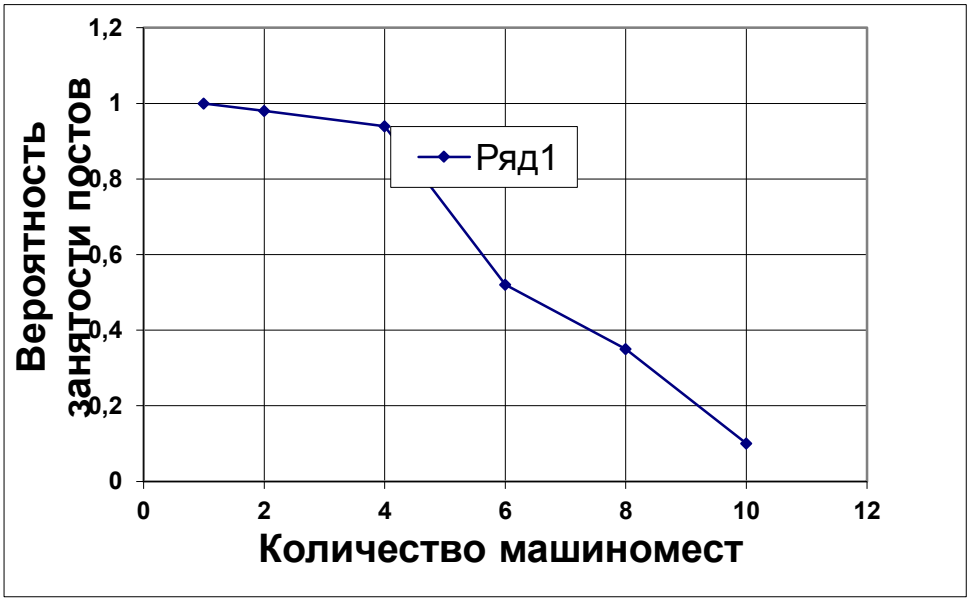


Рис. 9.12

Вероятности состояний 1, 2, …., 10 подсистемы ремонты в ЦРМ при различном количестве машиномест

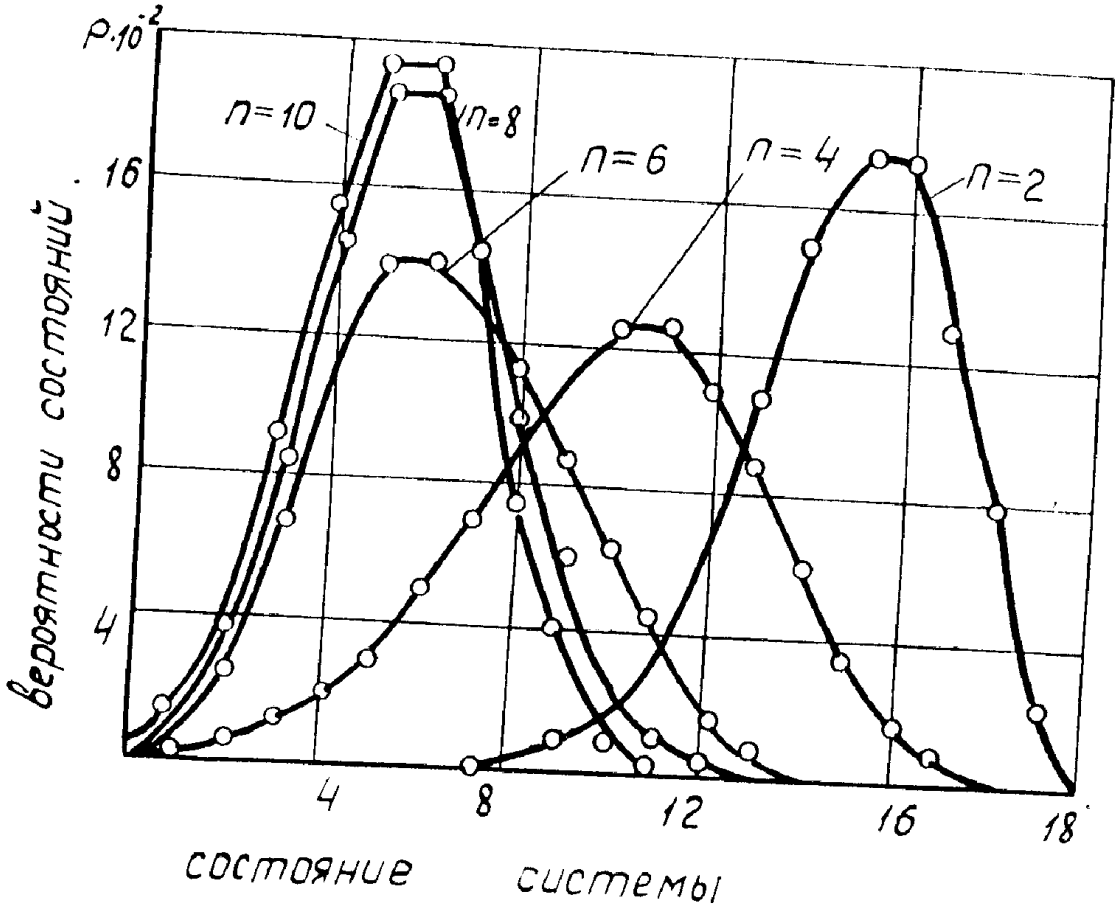


Рис. 9.13

Время в рейсе на ХПП определяется из выражения:

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 \qquad (9.5)$$

где t_1 – движение от ПНЗ до ХПП;

t_2 – нормативное время пребывания на элеваторе, определенное договором между ХПП и автотранспортным предприятием.

t_3 – движение от ХПП до ПНЗ.

Машина, отправленная на ХПП, возвращается в среднем через t_p часов (рис.9.14).

Затем рассмотрели процесс погрузки на току. Автомашины с известным весом тары подходят под погрузку, загружаются и отъезжают, затрачивая на это в среднем девять минут. Далее автомашины с интервалом не менее девяти минут при одном погрузчике и случайном – при другом их количестве – направляются на автовесы и оформление документов, на это затрачивают три минуты. Малое время обслуживания на автовесах, а также регулярность пото-

ка при одном загрузчике обуславливает на практике небольшую очередь у весовой. В других случаях наличие очереди можно определить по формулам (см. п. 6.2) и параметру λ_1 потока автомашин на автовесы.

На ток зерно поступает от УТК, максимальное количество которых, как показывает опыт Егорлыкского района, не превышает двух. УТК может дать в сутки до 80 га х 14 комб. = 1120 т зерна, а всего на ток может поступать за час $\frac{1120 \times 2}{20} = 112$ т в час зерна. Для обработки такого количества зерна необходимо три агрегата ЗАВ-40.

В том случае, если время рейса составляет 0,5 часа (l = 5 км) с учетом обработки на току (0,25 ч) за смену автомобиль может сделать не более 13 рейсов, а при максимальном плече перевозок в 60 км не более рейса. В этих случаях автоотряд из автомашин КамАЗ может перевести за смену не более 13 х 16 х 10 = 2080 т (l = 5 км) и не менее 3,0 х 16 х 10 = 480 т зерна.

Следовательно, производительность погрузочных средств тока должна составлять от 48 до 208 т в час.

При поточной обработке зерна (полезерноочистительный агрегат-перевозка на ХПП) в среднем за час необходимо перевозить до 112 т зерна, однако превышение производительности автоотряда данного значения позволяет иметь автоотрядов по количеству меньше, чем токов, и перераспределять автоотряды между ближними хозяйствами. Хозяйства можно разбить на две группы. К первой относятся такие, у которых поток зерна на ток меньше, чем производительность одного автоотряда. Ко второй группе относятся тока с потоком зерна, превышающим производительность автоотряда. Автоотряды также различаются по производительности.

Следовательно, по второй группе хозяйств прикрепляются автоотряды с производительностью, максимально соответствующей потоку зерна на тока. За хозяйствами первой группы автоотряды не закрепляются, а автоотряд посылается в случае накопления зерна в объеме, достаточном для его работы в течение суток (смены – для мелких хозяйств), (рис.9.15).

Устойчивость процесса нарушается:

а – погодными условиями (снижается поток зерна на ЗСК и ПНЗ);

б – отклонениями от часового графика перевозок;

в – случайностями в процессе обработки автомашины на току и ХПП.

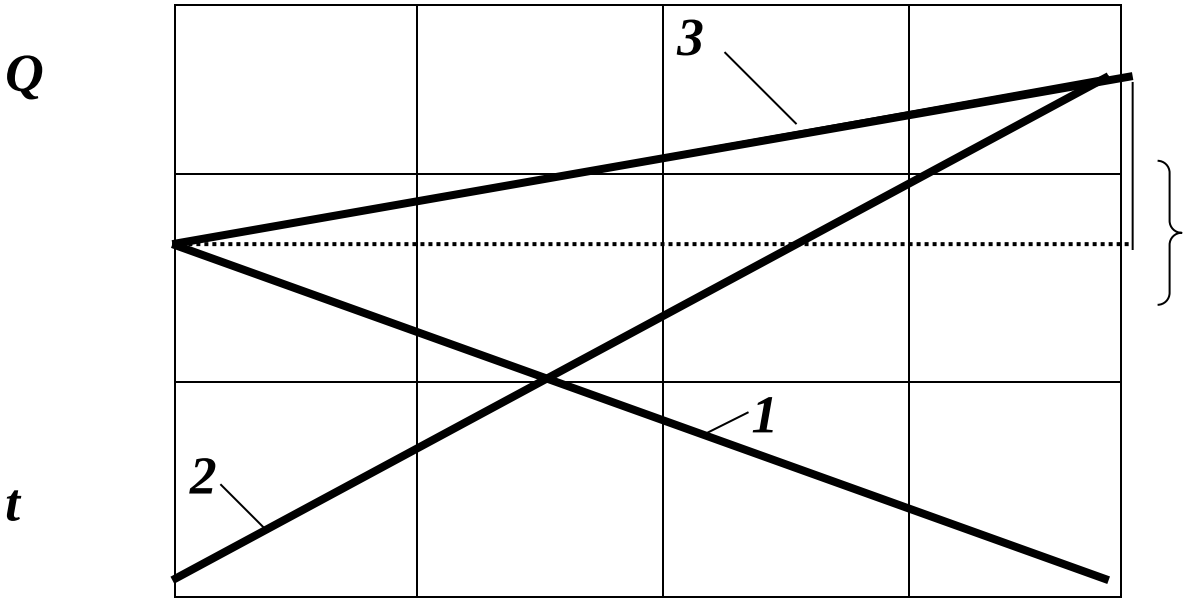


Рис.9.14 - Объемы зерна на току и его вывод при управлении УТЗП в районе (по материалам производственной эксплуатации)

Для повышения устойчивости процесса необходимо, чтобы в случае действия случайных факторов система ПНЗ-АТК-ХПП не затоварилась (то есть $\lambda \cdot \mu^{1} \leq 1$), а простои автомашин были сведены до некоторого значения $\lambda \cdot \mu^{1}$, которое определится значением коэффициента простоев. Погрузка на току может осуществляться из бункера зерноочистительного агрегата или погрузчиком. В обоих случаях ущерб от простоя обслуживающего персонала отсутствует, так как он занят другими работами при отсутствии автомашин.

Ущерб от недовывоза зерна равносилен его пропаже (если нет крытых токов) или вентилируемых бункеров). Поэтому имеет смысл держать такое количество погрузчиков, чтобы автомашины не простаивали. Практически это означает простой не свыше 3-5 минут.

Вначале проверили правильность счета по разработанной программе, для чего сопоставили известные расчетные данные /3/ и результаты, выданные ЭВМ. Расхождения в расчетах по параметрам не обнаружены.

В качестве примера изучили изменение математического ожидания количества автомашин в очереди на загрузку (рис.9.15) и коэффициента их простоя. Из-за того, что вероятность простоя загрузчика мала ($p \leq 0{,}00001$), в очереди в среднем при одном погрузчике, численности автостада в 30 автомашин и 10 требованиях на погрузку в час простаивает 13,0 автомашин. Увеличение количества погрузчиков в три раза сокращает очередь в среднем на четыре автомашины. При дальнейшем увеличении производительности погрузочных средств очередь становится еще меньше.

Реализация программы для ПНЗ колхоза “Победа” дала следующие результаты. В среднем простаивает 14 автомашин, при работе погрузчика ЗПС-100, и восемь – при использовании самоходного погрузчика Д-565.

Для примера варьировали производительностью II фазы обслуживания ХПП. При увеличении ее производительности вдвое в сравнении с существующей на Атаманском элеваторе (за счет ускорения оформления документов, например, автоматизации) очередь в напряженные дни уборки уменьшится от 4,1 до 0,97 автомашины в среднем, или в 4,2 раза. На рис. обозначены доверительные границы результатов расчета. С увеличением объема хронометражных наблюдений они могут быть уточнены. По предварительным наблюдениям, в напряженный период уборки у Атаманского ХПП Егорлыкского РАПО у лини “взятие проб – взвешивание” в очередях простаивало в среднем от трех до пяти автомашин, что соответствует расче там и попадает во множество значений доверительной области с вероятностью 0,99 при верхней ($\alpha_в$) и нижней ($\alpha_н$) доверительных границах, соответственно равных 5,9 и 3,0 /129/.

Таблица 9.11

Обозначение и наименование управляющих переменных, используемых при моделировании автотранспортного обслуживания

Обозначение	Наименование
N	Количество постов погрузки на ЗСК (ПНЗ)
M	Количество машин в автотранспортной колонне
L_1	Среднее количество требований на погрузку за 1 ч
M_1	Среднее количество загружаемых одним постом автомашин за 1 ч
N_1	Количество машин на въезд у ХПП
N_2	Количество машин на взвешивании у ХПП
L_2	Среднее количество поступающих за 1 ч на элеватор груженных машин
M_2	Среднее количество взятых проб у ХПП (1 фаза) за 1 ч
M_3	Среднее количество автомашин, взвешиваемых за 1 ч (2 фаза)

В колхозе “Победа” Егорлыкского района Ростовской области при работе погрузчика ЗПС-100 очередь состояла в среднем из 14 автомашин, а при замене погрузчика на самоходный Д-565 очередь снизилась на пять автомашин. Максимальная ошибка расчетов составила 9 %.

Рассмотрим теперь обслуживание машин на ХПП.

Обслуживание на ХПП осуществлялось в несколько фаз: взятие проб, взвешивание, разгрузка. Наблюдения показали, что на элеваторе очередь у разгрузчиков не образуется из-за значительного их количества, поэтому доста-

точно рассмотреть вероятности образования очередей на взятие проб и. взвешивание.

Взаимозависимости вероятностных характеристик и параметров подсистемы хлебоперевозок

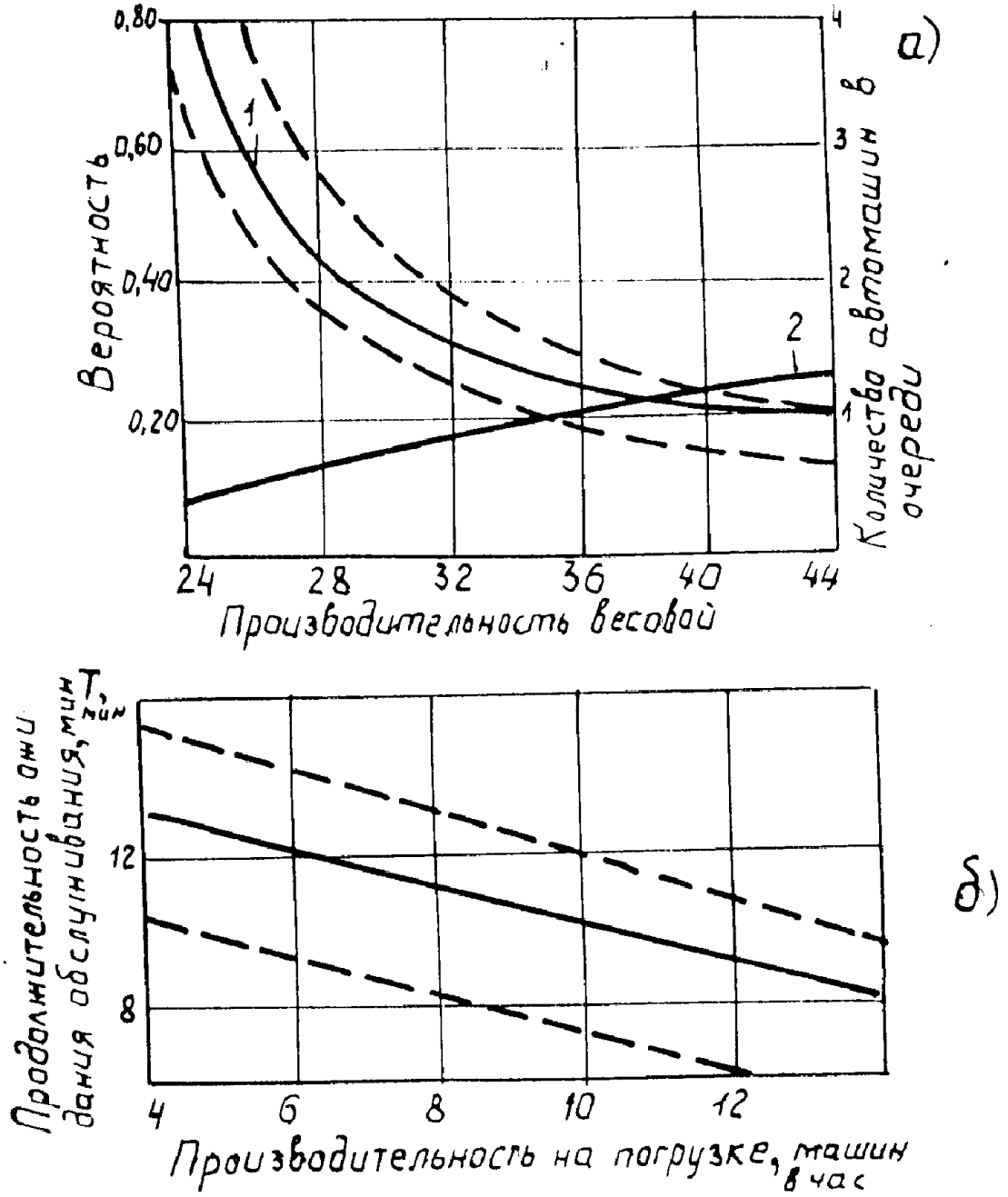


Рис. 9.15

Для двухфазной системы (с ожиданием, без потерь из очереди, ограниченным потоком требований, с одной визировочной и весовой) известны описывающие ее соотношения. Из теории массового обслуживания известны соотношения для расчета: вероятности нахождения в очереди, на загрузку коли-

чества автомашин, больше некоторого N; вероятности того, что у ХПП нет груженных зерном автомашин (p_{oo}), и того, что на въезде находится машин, а на разгрузке нет ни одной (p_{no}); вероятности того, что на разгрузке находится n автомашин, а на въезде их нет (P_{on}); вероятности того, что на въезде находится n_1 требований, а на разгрузке – $n_2 p_{n1} n_2$; среднего количества машин, ожидающих обслуживания на ХПП (M_1); вероятности состояний системы p_1 в установившемся режиме (t). Была разработана программа, реализующая приведенные аналитические зависимости на ЕС ЭВМ. Исходные данные включают в себя основные характеристики процесса (см. табл.). Управляя ими, можно получить наиболее приемлемые режимы работы рассматриваемой системы, при которых влияние случайных факторов не выводило бы систему из состояния динамической устойчивости, с заданной вероятностью обеспечивая ритмичность перевозок и сводя к несущественным значениям простоев автомашин в очередях.

В соответствии с формулами разработаны программы для ЕС ЭВМ. Поскольку в бункерах агрегатов ЗАВ зерно может быть не всегда, количество погрузчиков должно полностью обеспечить бесперебойную работу автоотряда.

Количество автовесов также рассчитывается из условия отсутствия очереди по формулам (15, 16, 17).

Надежность работы погрузчиков обеспечивается их нагруженным резервированием, под загрузку автомашин выделяются погрузчики, занятые на бурtовании зерна.

Работа ХПП также строится таким образом, чтобы исключить сверхнормативные простои автомашин. Стационарность потока машин на элеватор обеспечивается часовым графиком перевозок, однако случайные факторы приводят к отклонениям в регулярности поступления автомашин. Поэтому и в этом случае необходимо свести к минимуму простои автомашин с зерном.

Автомашины прибывают с плотностью λ, их общее количество достаточно велико (свыше 0,500 тыс. для района), они последовательно проходят лабораторию, весовую, разгрузку и весовую.

Рассмотрим два случая.

1 – производительность последующего поста обслуживания выше, чем у предыдущего. В этом случае задержка возникает у въезда на элеватор.

Во втором случае систему можно представить в виде двухфазовой. Первая очередь образуется у въезда на ХПП, а вторая – у постов с минимальной производительностью.

В результате рассмотрения этих случаев установлено следующее. В дни уборки на ХПП поступает от 2032 до 3815 т зерна ежесуточно (в среднем – 3144 т). Интервал поступления автомашин составлял в среднем 2,22 мин, или 27 автомашин в час. В соответствии со стандартом, нижняя и верхняя доверительные границы среднего количества поступающих за час автомашин соответственно для доверительной вероятности $n_\beta = 0{,}90$ составляют $\lambda_1 = 23$ и $\lambda_2 = 34$ при количестве случаев наблюдения N = 50 /4/. Закон поступления заявок близок к пуассоновскому. Среднее время взятия проб – 90 с, или 40 автомашин в час; среднее время взвешивания – 80 с, или 44 автомашины в час. Довери-

тельные границы при $N = 50$, $p_\beta = 0{,}90$ соответственно будут иметь значения $\lambda_1 = 33$, $\lambda_2 = 48$ и $\lambda = 0{,}38$, $\lambda = 0{,}53$.

Установлено, что в напряженные дни на ЗСК колхоза “Искра” Егорлыкского района Ростовской области поступает в среднем за час 3,5 автомашины, а в колхозе “Правда” – 3,4 автомашины. За час на ЗСК загружается в среднем 14 автомашин при использовании погрузчика Д-565 и четыре – при использовании погрузчика ЗПС-100. Количество автомашин, обслуживающих один ЗСК, – от 10 до 20, в зависимости, от расстояния до ХПП. Ежедневно в перевозках зерна на ХПП участвовало не менее 50 автомашин. Приняли допущения: на ЗСК всегда есть зерно для загрузки машин АТК; на ПНЗ и ХПП могут быть очереди из автомашин; на одном ПНЗ используются однотипные посты загрузки.

Загрузка машин на ЗСК (ПНЗ) может рассматриваться как многопостовая, с ожиданием, без потерь из очереди, без приоритета, с однотипными погрузчиками, с ограниченным потоком требований.

По известным формулам могут быть рассчитаны: вероятности того, что все посты погрузки на ПНЗ свободны от машин (P_o) и что в системе находится p требований, из них n_1 обслуживается, а n_2 ожидают обслуживания (P_{n1n2}); среднее число автомашин в очереди на ПНЗ (M_2); среднее количество простаивающих погрузчиков (M_3).

Изложенный математический аппарат, реализованный в виде программы для ЕС ЭВМ, следует использовать для обоснования таких значений параметров процесса, которые уменьшают задержи автомашин в очередях (при действии возмущающих факторов внешней среды) до пределов, позволяющих реализовать часовые планы-графики перевозок и тем самым повысить эффективность использования автотранспорта на перевозках зерна.

На ЭВМ по специальной программе были решены различные, в пределах области существования, варианты (табл.8.18 , столбцы 1-4).

Результаты решения сведены в табл.8.18, столбцы 5-8. За критерии эффективности приняты:

y_1 – математическое ожидание количества автомашин в очереди;

y_2 – простой обслуживающей системы в %,

y_3 – вероятность отсутствия очереди и I и II фазы подсистемы;

y_4 – коэффициент простоя постов загрузки.

Таблица 9.12

Исходные данные для аппроксимации линейным уравнением

X_1	X_2	X_3	X_4	Y_0	Y_1	Y_2	Y_3
10	8.6	2	8	4.284	53.54	0.002	0.09
10	20	2	8	2.278	28.48	0.046	4.63
3	4.3	2	5	0.827	16.55	0.143	14.26
3	20	2	5	0.033	0.66	0.676	67.61
3	10	2	5	0.178	3.56	0.444	44.36
10	10	2	8	0.009	50.11	0.002	0.210
10	5.2	1	8	0.000	80.99	0.000	0.000
10	5.2	2	8	4.960	62.00	0.000	0.000
10	5.2	3	8	3.448	43.11	0.002	0.000
10	8.1	1	8	0.190	77.38	0.000	0.1900.
10	8.1	2	8	4.383	54.78	0.001	000
10	8.1	3	8	2.640	33.00	0.039	1.29
10	20	1	8	5.003	62.53	0.001	0.09
10	20	3	8	0.718	8.9870.	0.5728	19.09
15	20	1	8	5.667	84	0.000	0.01
15	20	2	8	3.375	42.18	0.018	0.88
15	20	3	8	1.507	18.84	0.2174	7.25
6	20	1	8	3.730	46.57	0.0134	1.36
4.2	3.5	1	9	7.1676.	79.63	0.000	0.00
4.2	4.3	1	9	967	77.51	0.000	0.00
4.2	3.5	2	9	5.334	59.27	0.000	0.02
8.2	3.5	4	18	12.293	68.29	0.000	0.00
1.3	1.1	2	18	14.308	79.49	0.000	0.00
8.2	4.3	2	18	14.950	83.06	0.000	0.00
8.2	8.6	1	18	15.950	88.62	0.000	0.000
3.9	2.7	2	9	5.620	62.40	0.000	0.000
1.3	2.1	1	4	1.536	38.40	0.058	5.783
2.6	4.3	1	8	5.347	66.84	0.060	0.027
3.9	8.6	1	9	0.615	73.50	0.000	0.001
2.1	3.5	2	5	0.664	13.28	0.374	18.70
8.0	35	2	16	13.13	82.03	0.000	0.00
2.6	3.	1	5	2.676	53.53	0.010	0.96
0.9	14.0	2	10	.036	0.36	1.423	71.17
1.7	14.0	2	10	0.25	2.59	0.923	46.16
2.6	14.0	2	10	0.739	7.39	0.5495	27.48
0.9	14.0	2	10	0.036	0.36	1.423	71.17
1.7	14.0	2	10	0.259	2.59	0.923	46.16
2.6	14.0	2	10	7.39	7.39	0.5495	27.48
3.4	14.0	2	10	1.371	13.71	0.314	15.70

Получены следующие уравнения регрессии, адекватность которых проверена по критерию Фишера

$$y_0 = 1.78 - 0.05X_1 + 0.05X_2 + 0.03X_3 - 0.10X_4;$$
$$y_1 = 36.54 - 2.54X_2 - 33.39X_3 + 5.25X_4 + 2.19X_1*X_3 - 1.04X_2*X_3 - 0.37X_2*X_4;$$
$$y_2 = 0.13 - 0.07X_1 + 0.01X_1^2 - 0.01X_1*X_2 - 0.04X*X_1*X_3 + 0.02X_2*X_4 + \quad (9.6)$$
$$+ 0.08X_3^2 - 0.01X_3*X_4;$$
$$y_3 = 1.47 - 3.25X_1 + 10.59X_3 + 0.65X_1^2 - 0.47X_1*X_3 - 1.99X_1*X_3 +$$
$$+ 1.16X_2*X_3 + 0.10X_1^2.$$

Научные исследования, и передовой опыт подтверждают целесообразность приема поступающего с полей зернового вороха в бункеры зерноочистительно-сушильных комплексов (ЗСК).

На практике в хозяйствах зерновой ворох принимается в бункеры самой различной вместимости – от 15 до 450 т. Это связано с тем, что вероятностные расчеты по обоснованию подобных бункеров отсутствуют.

Известная методика определяет вместимость приемного бункера как произведение коэффициента неравномерности поступления зерна на его среднее поступление. В то же время отмечается, что поток поступления автомашин с зерном на ЗСК подчиняется случайному закону. Хронометражные наблюдения в СПК “Искра” Егорлыкского района Ростовской области позволили оценить вероятностный закон – пуассоновский – поступления автомашин с зерном от комбайнов. Исследование входящего потока было выполнено в соответствии со стандартом. Аналогичный вид имеет закон распределения и на ЗСК (ОПХ МИС Зерноградского района, СПК “Правда” Егорлыкского района Ростовской области, что позволило сделать вывод о правомерности принятой гипотезы о потоке поступления зернового вороха с полей.

Пуассоновский входящий поток определяет использование известных из теории специальных, основанных на теории марковских процессов, методов обоснования запасов и промежуточных емкостей. В связи с этим цель исследований была сформулирована следующим образом: разработать методику обоснования вместимостей приемных бункеров пунктов послеуборочной обработки зерна, которая основывалась бы на методах теории марковских процессов с учетом объективных особенностей. К ним относятся: случайный пуассоновский входящий поток, наличие накопителей (приемных бункеров) партий зернового вороха, отсутствие их потерь из накопителя и, при транспортировке, работа при наличии партий зернового вороха всех линий очистки. Пуассоновский входящий поток обусловлен следующими факторами: вероятность поступления определенного количества машин с зерном в течение отрезка времени зависит от его величины и не зависит от момента времени, вероятность одновременного прибытия двух и более автомашин достаточно мала, вероятность поступления за отрезок времени, определенного числа автомашин не зависит от того, сколько их пришло с начала работы. В этом случае ПОЗ на ЗСК описывается системой дифференциальных уравнений.

Предлагается использовать описание вероятностных характеристик изучаемого процесса для обоснования рациональных вариантов применения приемных бункеров в следующей последовательности: вначале определить математические ожидания поступления зернового вороха и его обработки; затем наметить возможные варианты строительства или реконструкции ЗСК и выявить стоимостные показатели (приведенные стоимости обработки на зерноочистительных агрегатах, хранения зерна на площадках и бункерах, балансовые стоимости); вычислить вероятности переполнения приемного бункера при различных вариантах ЗСК и математические ожидания количества зерна, ожидающего обработки; определить требуемую вместимость бункеров по стоимостным показателям или вероятности отказа в приеме зернового вороха в бункер от очередной автомашины.

Рассмотрим пример применения методики. На пункт обработки зерна поступает в среднем восемь автопоездов с зерном за каждый час ($\lambda = 8$), а агрегат ЗАВ-40 за это время обслуживает 40 т зернового вороха, что составляет груз 2,6 автопоездов ($\lambda = 2{,}6$). Зерно скашивается на площадках. Для исключения ручного труда по подработке вороха на площадках и сокращения потерь зерна возможны следующие варианты: сооружение дополнительных ЗАВ-40 или бункера вместимостью 100 т. Стоимостные показатели приведены в табл. 9.13.

Таблица 9.13

Стоимостные показатели очистки зернового вороха

Показатели	Агрегат ЗАВ-40 и погрузчик ЗПС-60	Бункер вместимостью 100 т	Подработка на площадках
Балансовая стоимость, руб. Затраты, руб./т Сезонная нагрузка, ч	337000 27,01 200	352000 1,26 200	- 0,468 200

Результаты расчета вероятностных показателей сведены в табл.8.20. С увеличением количества зерноочистительных агрегатов вероятность отказа (Ротк) снижается, однако при использовании бункера на 100 т она на два порядка ниже (сравнение сделано для рекомендованной и рассчитанной вместимости бункера).

Необходимая вместимость приемного бункера составляет 100, 70 и 50 т. По расчетам показателя n, необходимая вместимость приемного бункера для одного ЗАВ-40 – 100 т.

Наименьших дополнительных капитальных вложений требует вариант строительства второго ЗАВ-40 (табл. 9.14), однако в этом случае ручной труд

по подработке зернового вороха останется (пропорционально вероятности, $P_{отк}$). Строительство бункера-накопителя дороже, чем сооружение второго зерноочистительного агрегата, на 1,5 тыс. руб., однако по приведенным затратам J = 2,83 руб./т этот вариант экономичнее в то время, как при строительстве второго зерноочистительного агрегата J = 5,57 руб./т, а при строительстве бункера на 15 т и второго агрегата J = 10,55 руб./т.

Следовательно, применение бункера вместимостью 15 т не приводит к существенному улучшению показателей процесса послеуборочной обработки зернового вороха.

Таблица 9.14

Расчетные показатели различных вариантов реконструкции

Показатели	Вместимость бункера	Количество агрегатов ЗАВ-340		
		1	2	3
Вероятность отказа	20	0,53	0,37	0,28
$P_{отк}$	100	0,01	0,003	0,0001
Необходимая вместимость бункера при $P_{отк}$ = 0,01	-	100	70	50
Дополнительные капитальные вложения	20 100	- 35,2	33,7 68,9	67,4 102,6

Таким образом, применение методики, основанной на объективных закономерностях процесса послеуборочной обработки зерна, позволяет более обоснованно определить вместимость приемного бункера и тем самым сократить приведение затраты на процессе.

9.5. Результаты системного анализа машиноиспользования: обобщение

9.5.1. Обобщение результатов выполнили поэтапно. Вначале изучили влияние случайных факторов на выходные характеристики технологического процесса. Из опыта проектирования технологических систем известны два метода: детерминированный и стохастический.

При построении технологических систем механизации растениеводства в сельскохозяйственных предприятиях обычно применяется детерминированная методика расчета. Считается, что для создания непрерывности в обработке предмета труда необходимо, чтобы суточная (сменная, часовая) производи-

тельность каждой операции данного технологического процесса соответствовала ритму производства «ведущего» звена /348/

$$\sum Wc = n_b W_{nb} T_b - n_1 W_{n1} T_1 = n_2 W_{n2} T_2 = ... = n_i W_{ni} T_i = ... = n_k W_k T_k \qquad (9.7)$$

где $\sum W_c$– суммарная производительность ведущего звена технологического процесса;

W_{n1}, W_k - производительность операции технологического процесса;

n_1 ... n_i - количество машинно-тракторных агрегатов, занятых на I-той операции;

T - продолжительность работы за день;

1, 2, ..., i - группы основных машинно-тракторных агрегатов.

Влияние случайных факторов обычно учитывается посредством коэффициента запаса производительности, равного 1,1 … 1,4. Однако на практике по различным причинам процесс обработки предмета труда является стохастическим, поэтому функция производительности группы МТА на каждой операции выражается законом распределения. По этой причине нами была поставлена задача оценки погрешности детерминированного расчета путем исследования влияния случайных факторов на характеристики технологической системы механизации растениеводства.

Ряд авторов: доктор технических наук А.И. Бурьянов, профессор В.Ф. Скробач и др., - отмечают неадекватность подхода к изучению процессов машиноиспользования в АПК. С целью получения количественных различий в реализации методик были проведены экспериментальные и машинные имитационные опыты с помощью агрегатной модели на языке GPSS (см. глава 7).

Разработанная модель позволяет моделировать любой из характерных процессов машиноиспользования, но свои возможности она реализует на наиболее напряженном периоде – УТЗП. Действительно, более простые периоды ЭМТП могут быть получены путем задания нулевых значений и производительностей отсутствующих операций, что иллюстрируется графами технологических процессов разработанных с участием соискателя в ВНИПТИМЭСХ /361, 362, 364/. Операции и фазы иллюстрированы графами (см. глава 7). Объем исследования описан методом каждой операции технологического процесса соответствует «устройство» математической модели. Структура модели и технологического процесса также изоморфны. Функционирование «устройств» заключается в обработке «транзактов», под которыми понимается математический объект, идентичный заявке или требованию на обслуживание, порции обрабатываемого материала (гектар поля, бункер зерна, тракторная тележка, НЧУ и др.).

Механизм функционирования устройств (закон обслуживания транзактов) задавался: экспоненциальным, равномерным, нормальным и др. «Устройство» аналогично «агрегату». /53/.

На основе исходных данных, полученных при хронометражных наблюдениях за 4 года в Егорлыкском районе Ростовской области, были сформирова-

ны массивы переменных, характеризующие механизм функционирования всех устройств, а также входящий поток транзактов. Для исследований использовали известные программы для ЭВМ «SAS» и «SAP».

За базовый был принят вариант, в котором производительность всех устройств рассчитана по детерминированной методике и согласована соответствии с принципом «ведущего» звена.

В вариантах с вероятностным механизмом функционирования математические ожидания производительностей устройств соответствуют их производительностям в детерминированном варианте, то есть соблюдался принцип равенства математических ожиданий производительностей «агрегатов» (устройств) как при регулярной работе, так и при различном виде случайных механизмов функционирования: равномерном, экспоненциальном, нормальном.

Перечисленные законы распределения были выбраны исходя из следующего. Вероятность реализации малого времени обслуживания наибольшая - у экспоненциального и наименьшая – у нормального законов. Вероятность реализации средних значений наибольшая у нормальных законов. Равномерное распределение занимает промежуточное положение (рис. 9.16).

Исходная последовательность элементов входящего потока транкзактов случайных чисел была обработана на ЭВМ по программе «СТАТИСТИК» «Эксель», в результате было получено требуемое информационное обеспечение, удовлетворяющее основным критериям (табл. 9.15).

Таблица 9.15

Критерии проверок

Назначение критерия	Наименование критерия	Результаты оценки
Проверка на независимость	«Нисходящих» и «восходящих» серий	Независимы
Проверка на аномальность	Греббса	Аномальные значения устранены
Проверка на соответствие закону распределения	Критерии Пирсона Омега квадрат	0,740 … 0,971 0,622 … 0,841

На основании выполненных расчетов по критериям (см. табл. 9.15) был сделан вывод об адекватности сформированного информационного обеспечения математической модели технологической системы растениеводства.

9.5.2. В результате реализации упомянутой модели на ЭВМ были получены следующие результаты (табл. 9.16). В случае согласования производительности операций по формуле регулярного входящего потока и обслуживания (то есть без случайностей), коэффициент использования средств механизации ра-

вен единице и очереди отсутствуют. При действии вероятностных факторов, которое имеет место в реальных системах, образуются очереди «транзактов» у различных «устройств» по причине стохастического механизма их работы, а также неравномерного (случайного) поступления транзактов.

Одновременно наблюдается недоиспользование средств механизации. Наблюдается колебание коэффициента использования последних по опера-

циям – «устройствам» модели. Наибольшая очередь – у узловых операций (см. табл. 9.16). Изменяется по операциям и коэффициент использования. В сравниваемых вариантах при расчете данного коэффициента для наглядности, также по причине сопоставимости условий работы, были исключены простои по техническим причинам.

Погрешность в нагрузке «устройств», рассчитанных по детерминированным методикам, в реальных условиях действия вероятностных факторов в сравнении с детерминированными расчетами на четырех операциях машиноиспользования в напряженный период из 12 превышает 200 %, на шести – 50 %, на остальных 15 % (рис. 9.17 и 9.19). Просуммировав значения простоев средств механизации в очередях и отнеся их к единице площади, вычислили: на каждом гектаре будет эффект от применения предлагаемой вероятностной методики моделирования составит не менее 3,06 чел-часа из-за неверной методики расчета для сложившегося парка машин СХП (рис.9.17).

Сравнивание результатов моделирования по различным законам распределения показало: они близки при нормальном и экспоненциальном и отличаются в среднем по процессу 3,47 %. (табл. 9.17, см.. рис. 9.17)). Меньшее значение коэффициента использования соответствует большему значению средней длины очереди; большей абсолютной разнице перечисленных значений (см. табл. 9.17 и рис. 9.18). Среднее значение простоя средств механизации в очереди имеет минимум при равномерном, максимум при экспоненциальном законах распределения (9.18).

9.5.3. На основании этого был сделан вывод о том, что при неизвестном законе распределения целесообразно использование экспоненциального распределения, хотя это и приведет к некоторому занижению эффективности системы при расчетах. В этом случае реализуется принцип гарантированного результата: характеристика технологической системы будет не хуже расчетной. Занижение эффективности составит – 6,94 ± 0,02 при замене нормального закона экспоненциальным. Если этот закон использован вместо равномерного, погрешность возрастет до –6,94 ± 0,070 в среднем. Доверительная вероятность расчетов равна 0,95 при погрешности 5,5 %. Следовательно, как правило, для сельскохозяйственных технологических систем механизации растениеводства значимо действие вероятностных факторов, поэтому разница в оценках использования коэффициента использования при детерминированном и вероятностных подходах составляет от 15 до 200 % на отдельных операциях. Целесообразно применение экспоненциального распределения при неизвестном фактическом законе, погрешность характеристик системы при этом не превысит семи

процентов. В этом случае обеспечивается реализация принципа «гарантированного результата», так как расчетная оценка характеристик несколько, но не более чем на семь процентов, ниже фактической.

Вероятности реализации средних значений параметров системы ЭМТП для различных законов распределения

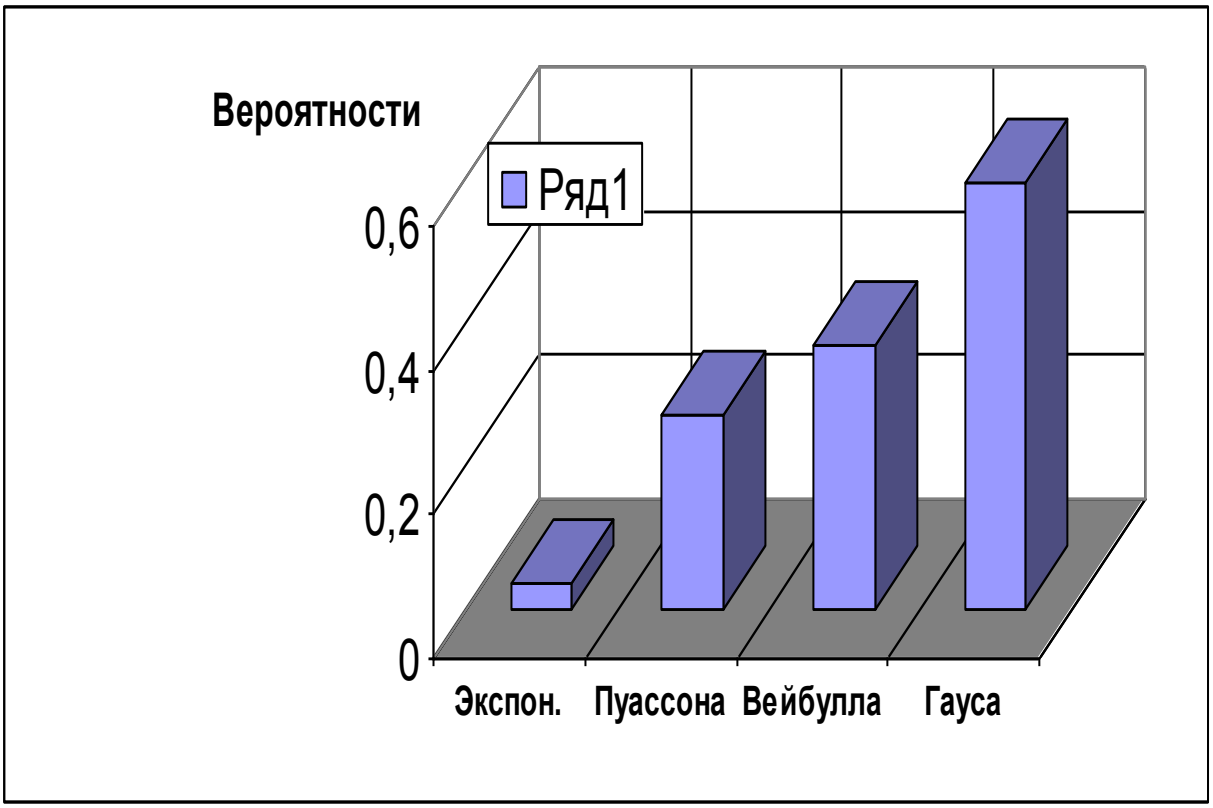
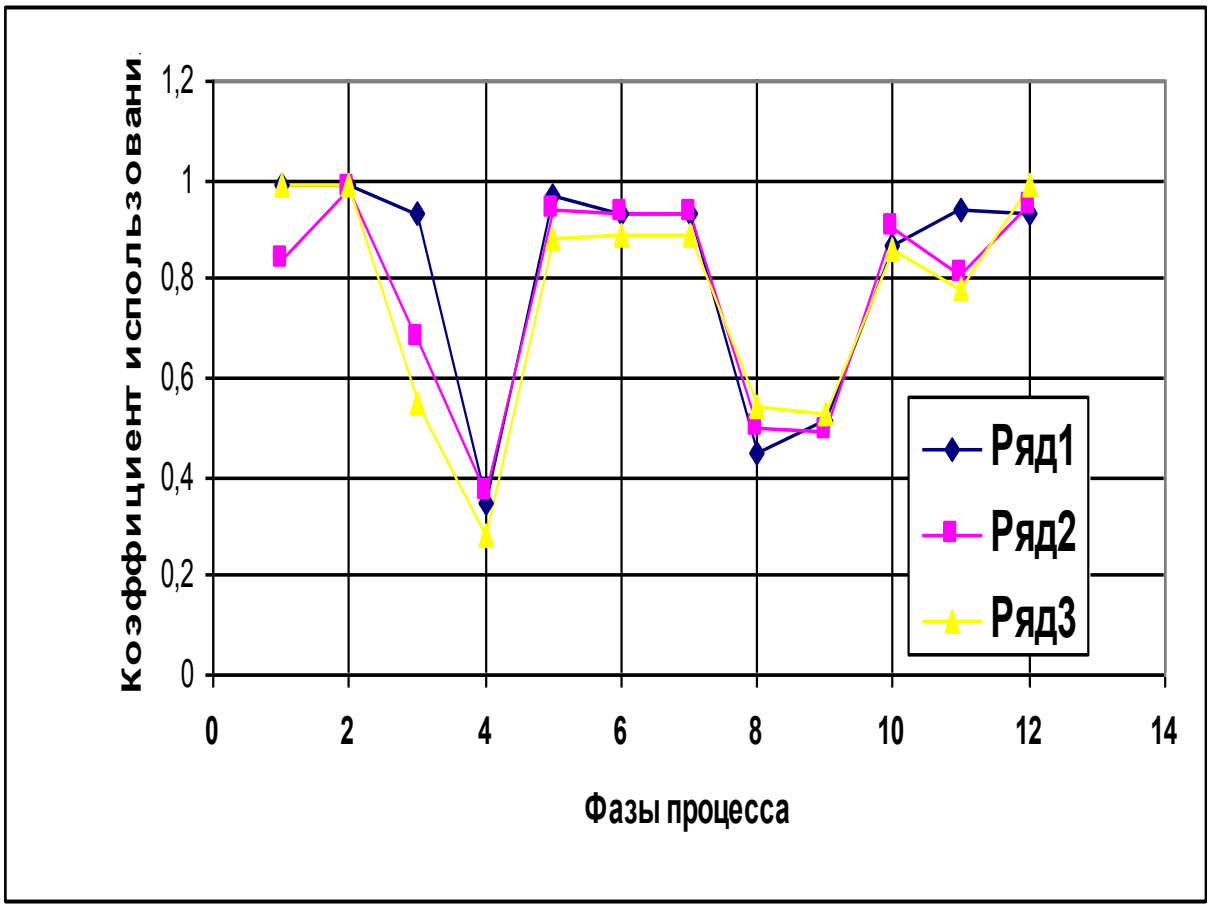


Рис. 9.16

Коэффициент загрузки машин для фаз технологического процесса для различных законов распределения параметров на примере УТЗП



1 – экспоненциальный, 2 – нормальный, 3 – равномерный законы

Рис. 9.17

Таблица 9.17

Значение характеристик технологической системы по операциям

Название Операции	№ операции	Коэффициент загрузки, в %		Средняя длина очереди, час.
		Значение	Погрешность	
Свал массы в рядки	1	98	102	3,6
Уборка напрямую: с измельчением без изм. НЧУ	 2 3	 80 68	 102 150	 0,6 2,2
Сбор зернового вороха	4	37	270	0,7
Зерно: Перевозка	5	97	104	2,2
Первичная очистка	6	93	107	1,7
Вторичная очистка	7	93	107	10,4
Погрузка и перевозка	8	45	222	0,2
Взвешивание и разгрузка	9	5196	196	0,1
Уборка НЧУ	10	88	115	1,4
Лущение стерни	11	94	106	2,7
Вспашка: безотвальная	12	93	108	1,1
Отвальная	13	87	115	1,1
Перевозка измельченной НЧУ	14	99	102	1,9
Скирдование	15	88	113	0,6
Перевозка вороха	16	31	323	0,1
Обмолот вороха	17	27	441	0,03
Обмолот валков с изм. НЧУ	18	94	107	10,3
Обмолот валков без изм. НЧУ	19	19	130	0,3

9.5.4. На втором этапе исследовали влияние вида закона распределения входящих потоков на надежность, в частности, на параметрические и функциональные отказы и их вероятность. В качестве режимов работы были исследованы: загрузка системы обслуживания, производительность по фазам; интенсивность обслуживания; наличие альтернатив (приводящее к потере заявок); замкнутость или разомкнутость системы, приоритеты очереди, ее наличие, отсутствие или ограничение по длине, вид резервирования, сроки замены машин. В качестве параметров системы анализировали оснащенность техникой (состав и тип МТП); оборудованием; полнокомплектным и неполнокомплектным резервом; численность и мощность постов обслуживания.

Устойчивость системы рассматривали как свойство системы сохранять выходные параметры в заданных пределах повышается введением обратной отрицатель ной связи (рис.9.20), которая представляет собой аналитика, оснащенного ЭВМ и математическими моделями, реализованными в компьютерных программах. В результате расчетов было установлено, что с увеличением производительности и количества постов вероятность функционального отказа (в обслуживании) снижается, но возрастает вероятность параметрического отказа обслуживающей системы (простой постов обслуживания), что иллюстрировано графиком (рис.9.21). Данное явление объясняется экспоненциальным распределением промежутков времени между поступлениями заявок и продолжительности их обслуживания. При менее жестком режиме работы (законы равномерной плотности, Гаусса, Релея) указанные вероятности отказов снижаются существенно.

Анализ потребностей в запасных узлах, агрегатах, частях позволил установить следующую закономерность, наиболее эффективно наличие «ходовых» запчастей; с увеличением номенклатуры и норм неполнокомплектного резервирования отдача вложенных в запчасти средств снижается; также влияет и уровень неснижаемого запаса; 20 % номенклатуры запчастей в среднем позволяют устранить до 60 % отказов, связанных с заменами частей; остальные 80 % - оставшиеся 40 % (рис. 9.21).

Аналогично положение и с обеспечением технологическим оборудованием: 5-7 его наиболее часто встречающихся видов позволяет устранить 75-80 % отказов, требующих применения данного вида оборудования (рис.9.19). Данный вид закономерности имеет физический смысл, заключающийся в реализации закона редких событий в интенсивности и потоке заявок на запчасти и оборудование.

Затем рассмотрели, как влияют на устойчивость ЭМТП различные параметры системы его эксплуатации. При этом было установлено, что с увеличением численности обслуживаемых машин в замкнутой системе, ростом параметра входящего потока, устойчивость процесса повышается (рис.9.22).

Изменение загрузки машин многофазового процесса машиноиспользования в напряженный период

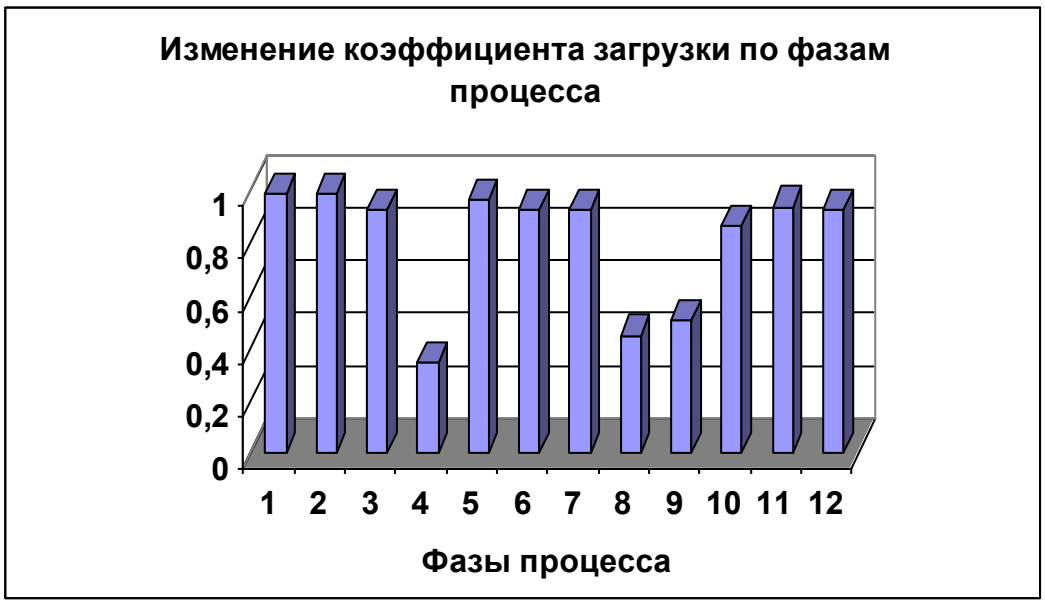


Рис. 9.18

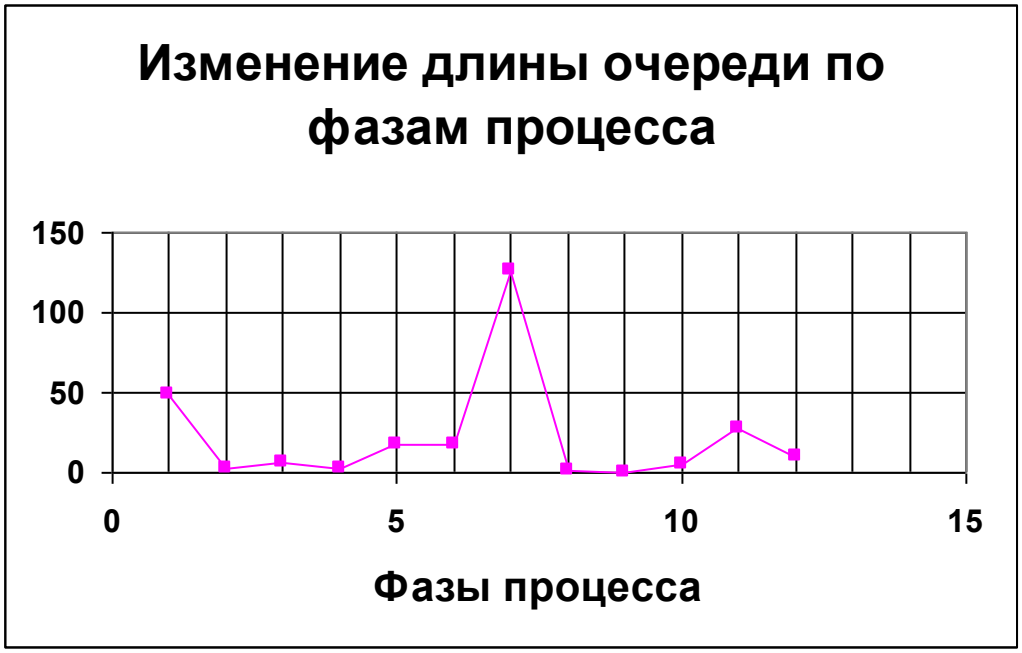


Рис. 9.19

Пример введения обратной отрицательной связи для повышения устойчивости ЭМТП по параметрам эффективности и надежности
(по схеме академика И.Ф.Бородина)

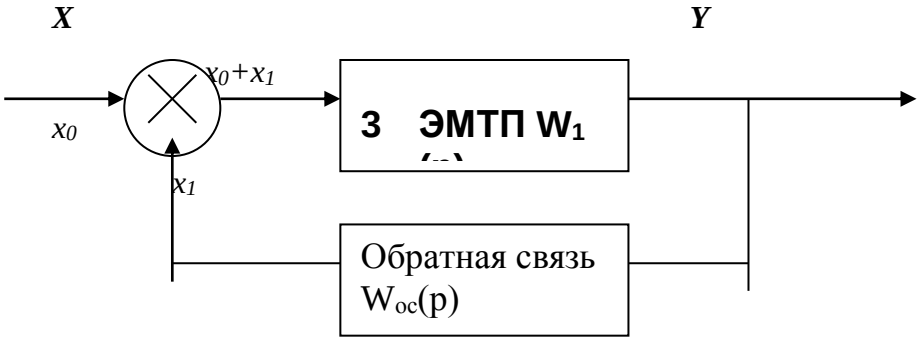


Рис. 9.20

Изменение вероятности параметрического отказа системы в зависимости от наличия неполнокомплектного резерва

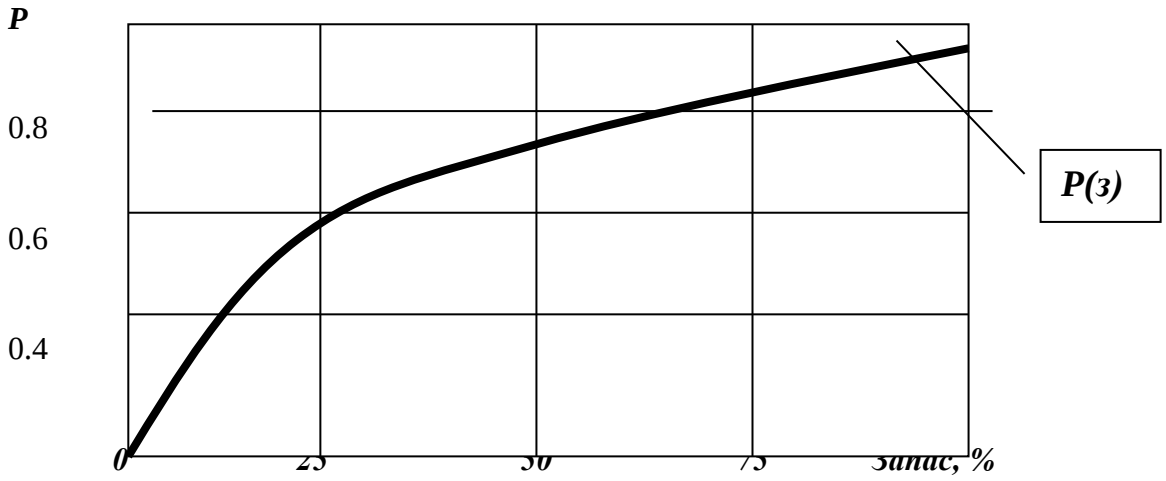
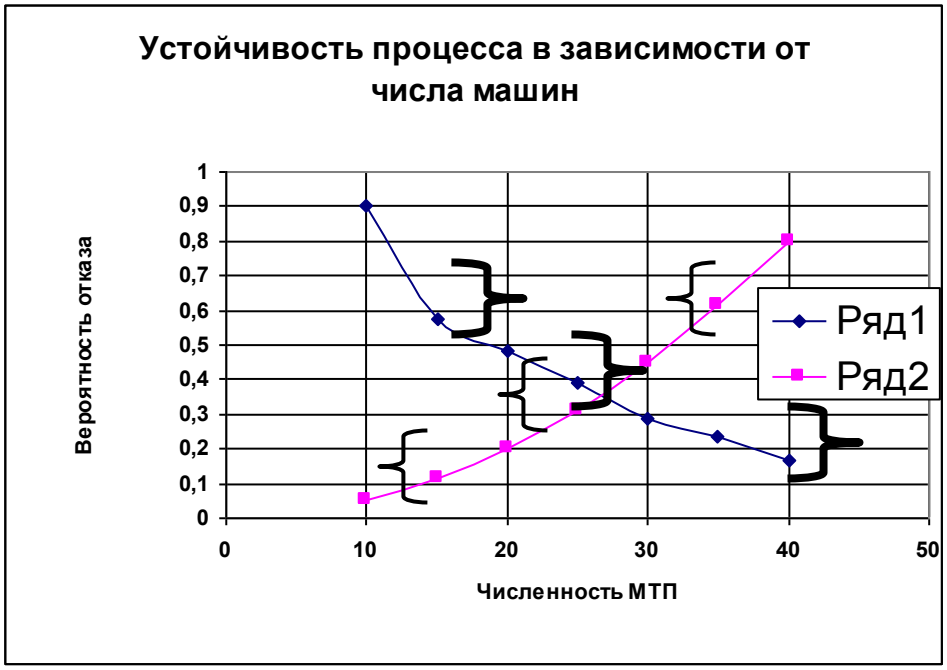


Рис. 9.21



1 – математическое ожидание числа простаивающих МТА;
2- математическое ожидание числа свободных МТА обслуживания

Рис. 9.22

Параметры системы ЭМТП при различной надежности системы обслуживания

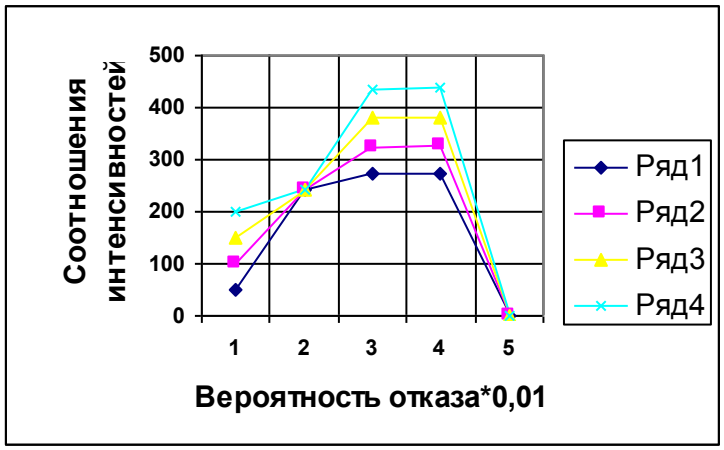


Рис. 9.23

Это выражается в уменьшении дисперсии выходных параметров и объясняется действием закона больших чисел /58/. Снижение дисперсии возможно и

при введении *ООС* (рис.9.23),, что было исследовано при производственной апробации (глава 10).

Также установлено, что многопостовые системы более устойчивы, чем однопостовые. Интересно отметить, что с ростом числа машин (постов) интервалы Δ уменьшаются, и $\Delta_1 < \Delta_3 < \Delta_5$, а $\Delta_2 < \Delta_4 < \Delta_6$ (см. рис.9.22). Устойчивость системы возрастает при увеличении численности МТП. При равной модности предпочтительно иметь несколько постов (рис. 9..24, 9.25).

Устойчивость снижается в начале процесса из-за переходных процессов. Устойчивость результатов возрастает при увеличении количества реализаций модели на ЭВМ, а при их количестве свыше 120 становится пригодным для инженерных расчетов: ошибка < 10 % при доверительной вероятности 0,95, в наших опытах число реализаций превышало значение 200, поэтому достоверность по указанному признаку обеспечена /331/.

9.5.5. Изучение на моделях загрузки постов показало, что по коэффициенту загрузки система неустойчива при незначительном количестве постов (10-20 % от возможного), так как изменение численности меньше, чем изменение коэффициента (применен критерий Ляпунова), например, по графику (см. рис. 9.17) можно установить такие его отрезки, на которых изменение численности постов на 1 % вызывает снижение загрузки постов ТО МТП на 2-5 %.

Многопостовые системы обслуживания МТП, производственной эксплуатации по типу модели (глава 7), устойчивее к изменению интенсивности (параметру λ входящего потока) по критериям безотказности и экономической эффективности (суммарные простои постов обслуживания и обслуживаемых транкзактов меньше). С увеличением абсциссы (количество МТА, постов ремонта) и уменьшением λ снижается вероятность отказа (рис. 9.22).

Объясняется действием закона больших чисел, а также таким свойством параметра λ, что он характеризует и математическое ожидание, и дисперсию.

Устойчивость изменяется с изменением закона, описывающего поток транкзактов (рис. 9.23). Уменьшение λ пропорционально уменьшает дисперсию(рис. 9.24) и повышает устойчивость системы. В данном критерии можно увидеть проявление нового следствия теоремы Маркова, а также свойство устойчивости частот при переменных условиях опыта, называемое теоремой Пуассона. Устойчивость параметров надежности и эффективности системы связано с его энтропией $H(x)$ (рис. 9.25 и 9.26). С увеличением надежности как системы обслуживания, так и подсистемы управления, в том числе введением обратной отрицательной связи для процесса ЭМТП снижается энтропия.

В результате наблюдений за многоразовыми системами, моделировании работы сетей массового обслуживания (Се МО), реализации статистических моделей были подмечены два свойства системы данного типа:

- ♦ средняя длина очереди больше у узлов структуры системы, где сходится несколько потоков;

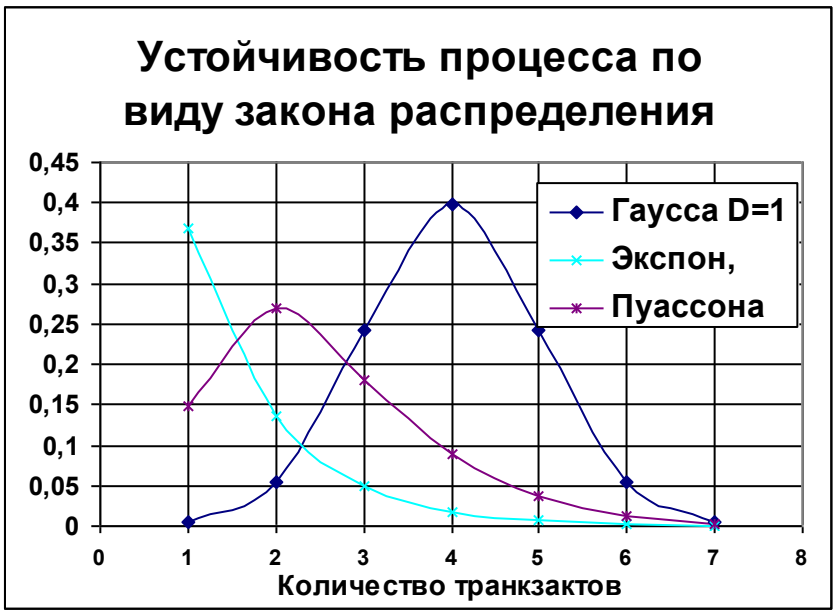


Рис. 9.24

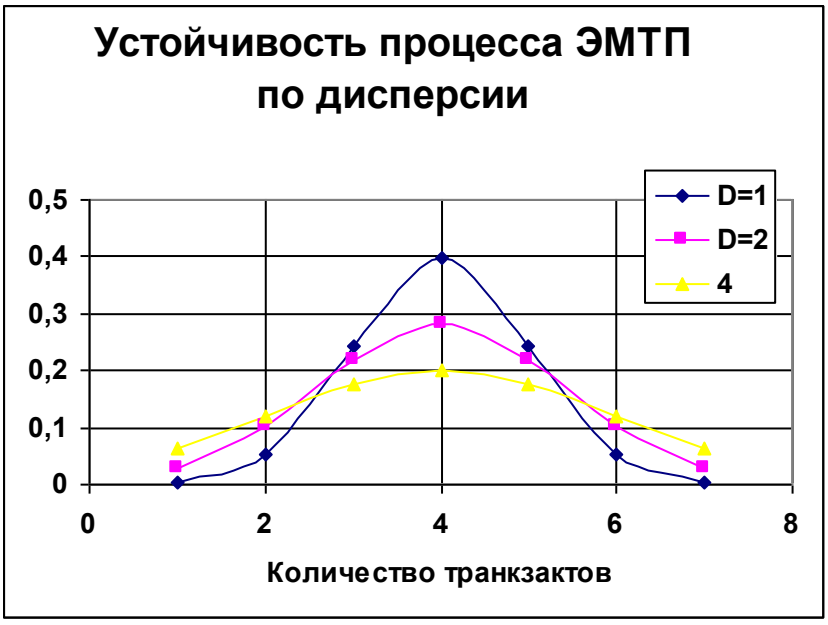


Рис. 9.25

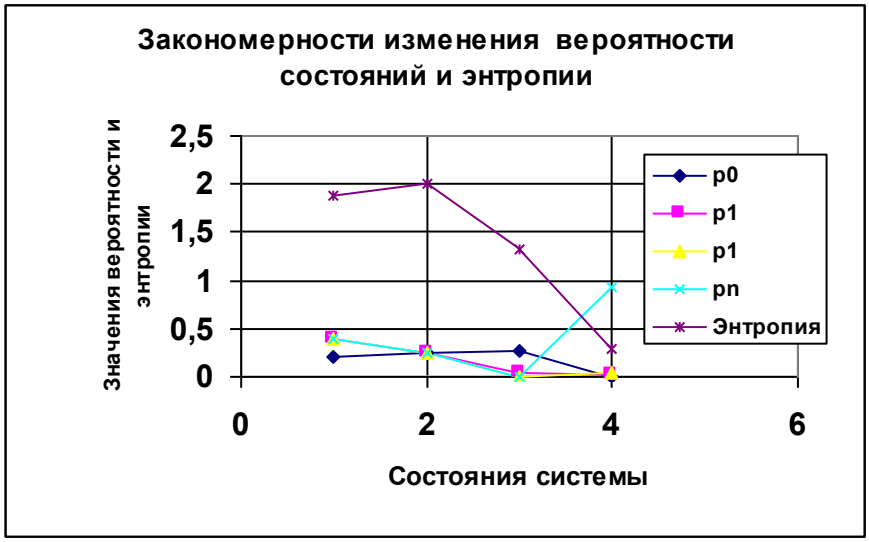


Рис. 9.26

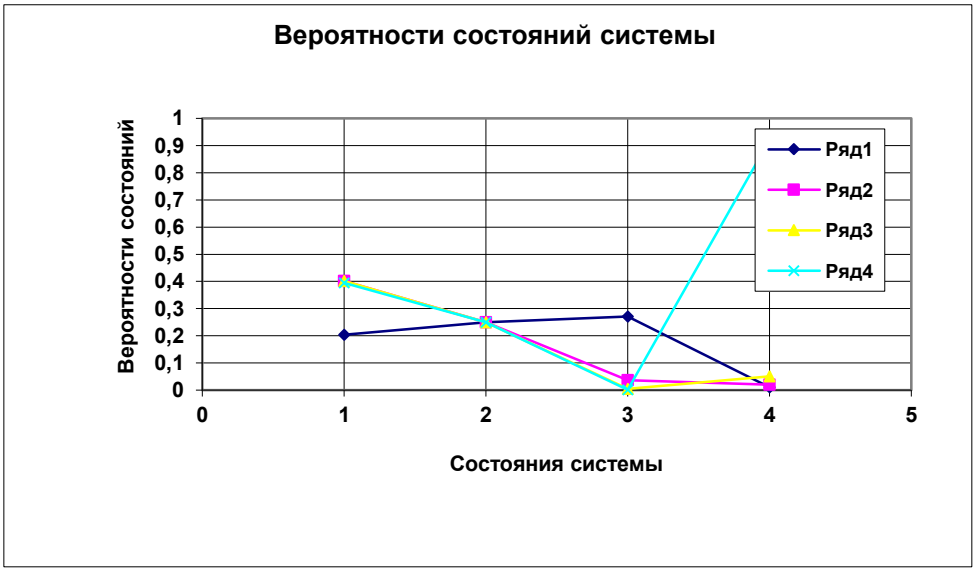


Рис. 9.27

♦ средняя длина очереди связана с определенными номерами фаз и четными числами; возможно, в других отраслях технологические системы подобными свойствами не обладают (см. рис.9. 17).

Первое можно объяснить тем, что при слиянии потоков вероятность небольших отрезков времени между поступлениями заявок возрастает, и закон распределения в большей степени приближается к Вейбуллу.

Второе свойство не столь очевидно, и связано со сложным взаимодействием факторов, на которые накладываются субъективные отношения исполнителей (например, автомашины закрепляют за МТА, и МТА – за полем; звено из 5-7 человек более продуктивно, по данным Института проблем космической медицины, чем большее или меньшее и т.д.). Также влияют усредненные «соответствия»: например, в среднем на один комбайн необходимо при определенном плече поездки два транспортных средства; статистически один агрегат ТС обслуживает оптимально 4 комбайна или 8 пахотных агрегата; 4 сеялки обслуживает 2 автомашины. Отсюда возникает при определенных условиях свойство «четности» вероятности, оно в генеральной совокупности не более вероятно, чем свойство «нечетности». Однако, в каждых конкретных условиях проявляется одно из них. В наших опытах проявлялось свойство «четности». Оно заключается в том, что четное число обслуживаемых и (или) обслуживающих машин, постов имеет большую эффективность.

9.5.6. Были рассмотрены методы моделирования ЭМТП для решения задач оптимального уровня резервирования и оптимизации замен тракторов, комбайнов, других сложных машин в рыночных условиях. Исследования выполнены на изложенных выше математических моделях по программам, разработанным в лаборатории вычислительной техники ВНИПТИМЭСХ.

Рассмотрели следующие ситуации, возникающие в сельскохозяйственном производстве: вывоз зерна по часовым графикам из ЗСК на ХПП; расходование запасных частей по случайному законы на различных уровнях резервирования (в бригаде, СХП); обоснование времени замены дорогостоящей техники (трактора, комбайна, сложной сельскохозяйственной машины).

Для реализации часовых графиков перевозок зерна необходим начальный запас $З$, который расходуется до окончания цикла перевозок t автоотрядом. Всего в соответствующим товарным или фьючерсным договором требуется перевести $В$ зерна за период $Т$. Конкретные цифры в рыночной экономике являются коммерческой тайной и значимо варьируют, поэтому расчет сделан на примере, для проверки работоспособности модели. Затраты на хранение зерна на СХП равны $З_{хр}$, и на перевозку $З_{пер}$. Тогда количество партий зерна равно частному от деления $В$ и $З$ или t и $Т$ (9.27).

Оптимум находится дифференцированием целевой функции, состоящей из затрат на хранение и перевозку зерна по формуле Вильсона

$$З_{опт} = \sqrt{2ВЗ_{пер}/ТЗ_{хр}} \qquad (9.8)$$

Расчет для различных партий зерна приведен в таблице. Промежуточные произведения оставлены для увеличения количества вариантов расчета.

Таблица 9.18

Расчетные значения для различных партий зерна

Объем	Затраты	Время	Затраты	Произвед.	Произв.	Произв.	Всего затрат
100	5	6	3	500	18	55,56р.	7,45р.
125	5	6	3	625	18	69,44р.	8,33р.
150	5	6	3	750	18	83,33р.	9,13р.
175	5	6	3	875	18	97,22р.	9,86р.
200	5	6	3	1000	18	111,11р.	10,54р.
225	5	6	3	1125	18	125,00р.	11,18р.
250	5	6	3	1250	18	138,89р.	11,79р.
275	5	6	3	1375	18	152,78р.	12,36р.
300	5	6	3	1500	18	166,67р.	12,91р.
325	5	6	3	1625	18	180,56р.	13,44р.
350	5	6	3	1750	18	194,44р.	13,94р.
375	5	6	3	1875	18	208,33р.	14,43р.
400	5	6	3	2000	18	222,22р.	14,91р.
425	5	6	3	2125	18	236,11р.	15,37р.
450	5	6	3	2250	18	250,00р.	15,81р.
475	5	6	3	2375	18	263,89р.	16,24р.
500	5	6	3	2500	18	277,78р.	16,67р.

На практике происходит сбой системы (параметрический отказ) – машины простаивают из-за отсутствия подготовленного к отправке зерна на ЗСК. В этом случае формула Вильсона имеет вид

$$\left.\begin{aligned} З_{орт} &= \sqrt{(2ВЗ_{дост}З_{убытки})/(ТЗ_{хр} + З_{убытки})} \\ \boldsymbol{V_{опт}} &= \sqrt{2ВЗ_{дост}(З_{хр} + З_{уб})/ТЗ_{хр}З_{уб})} \end{aligned}\right\} \qquad (9.9)$$

Оптимальные значения затрат и партий зерна V_{opt} приведены на графике (рис. 9.28).

В отличие от перевозок зерна, где имеется стабильные потоки, обеспечиваемые работой ЗСК и перевозками по графику, потребность в запчастях явля-

ется стохастической, описывается законом Пуассона, данные о математических ожиданиях отказов МТП приведены в технической литературе ГОСНИТИ и протоколах МИС; они использованы в расчетах.

Суммарные издержки: затраты СХП по содержанию резерва запчастей и ущерб от простоев МТА по причине недостачи запчасти в резервные, - определяется по целевой функции

$$F = З_{резерв}\sum(N-n)p(n) + З_{убыт}\sum(m-T)p(n) \qquad (9.10)$$

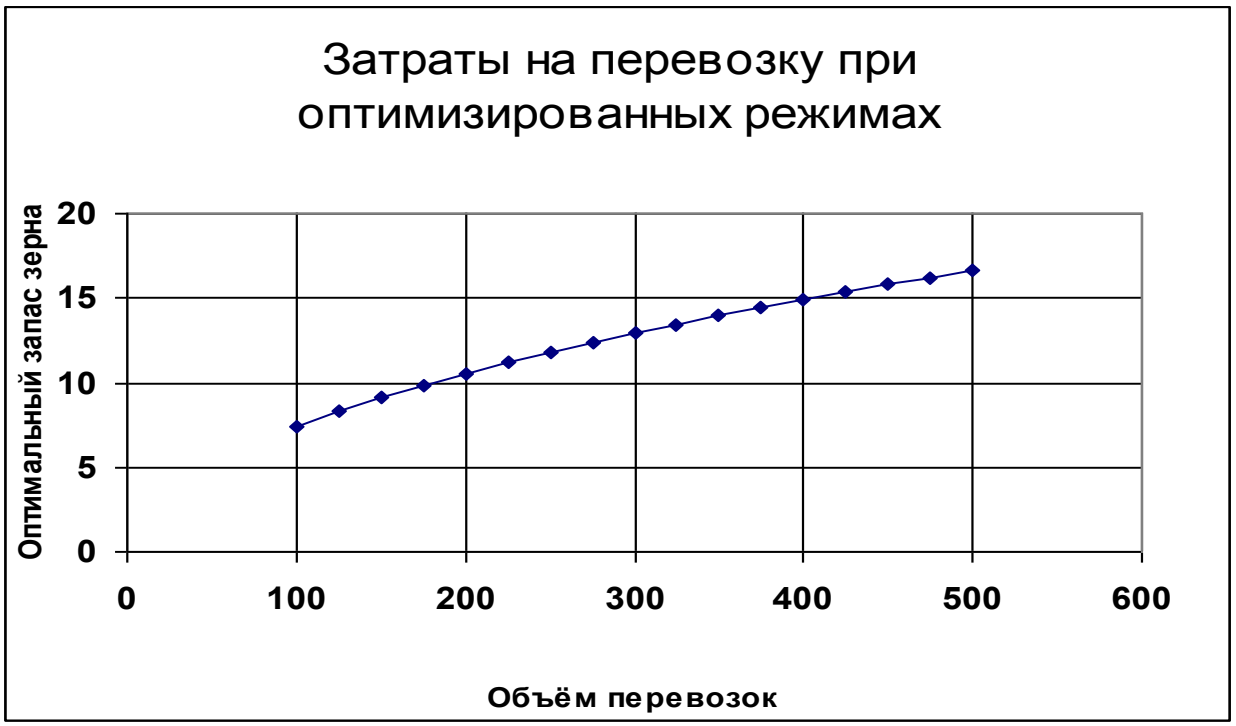


Рис. 9.27

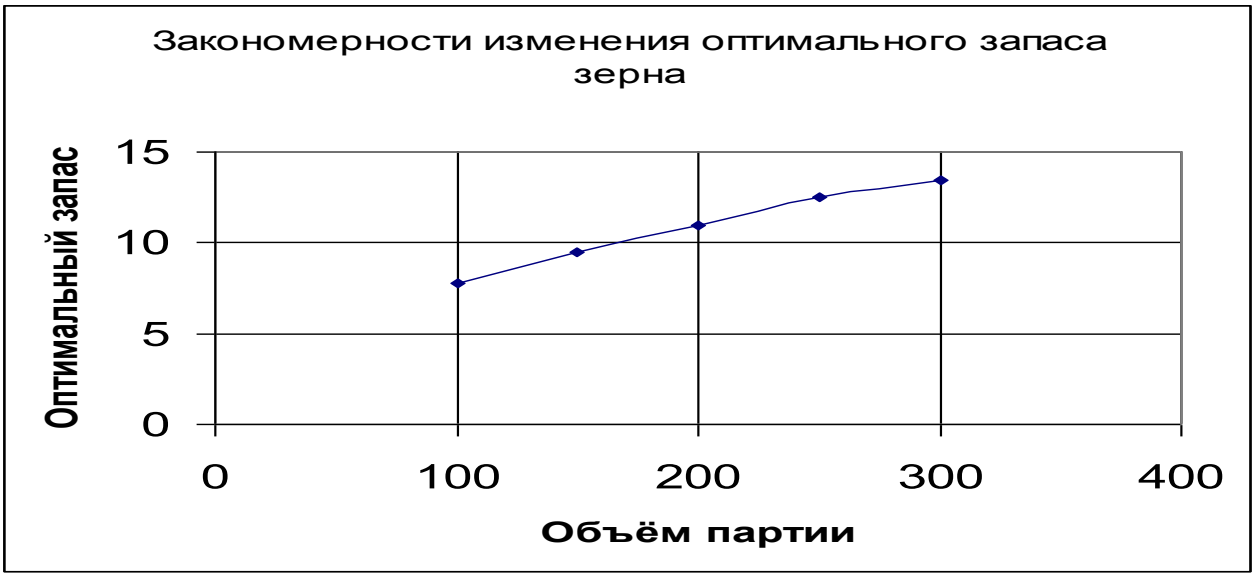


Рис.9.28

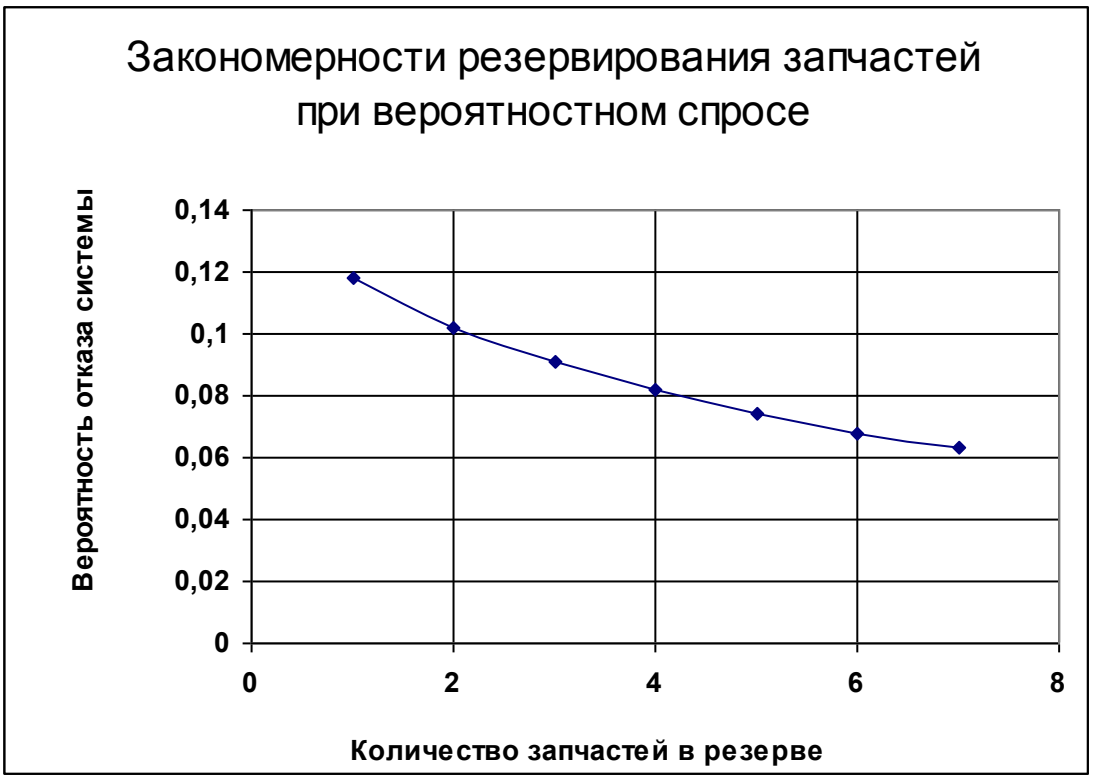


Рис. 9.29

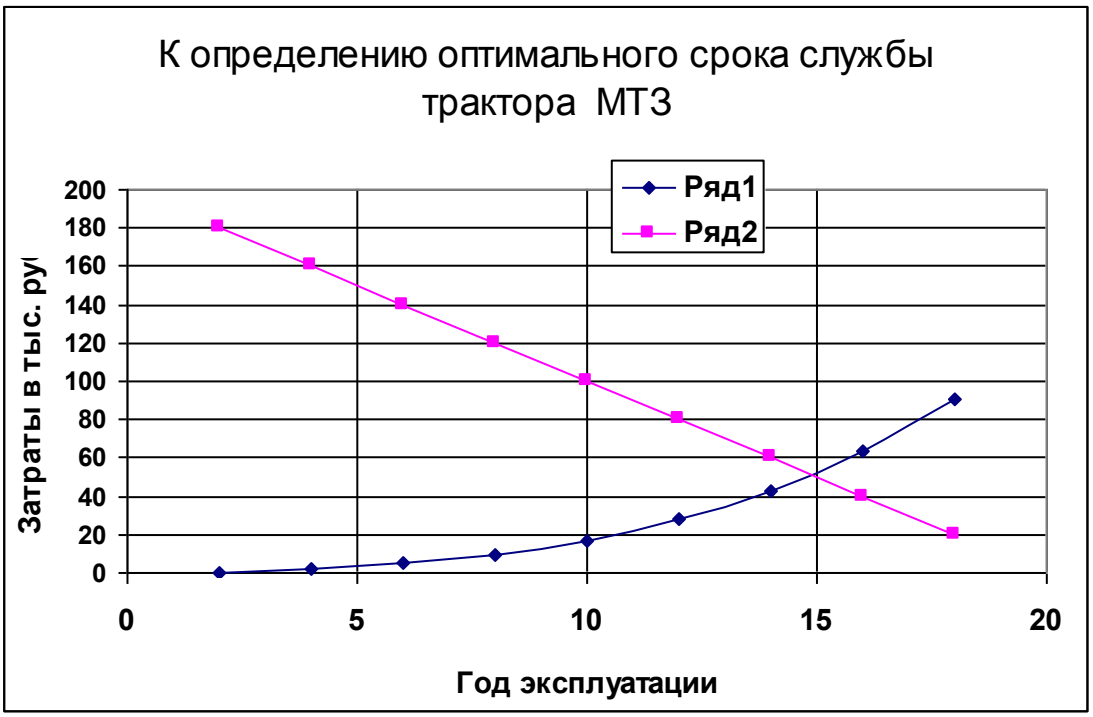


Рис. 9.30

Используя формулу профессора Е.М. Кудрявцева, выражающую решение уравнений данного типа, получим искомые значения резервов (рис. 9.28).

Обоснование оптимального срока замен МТП, в том числе эксплуатирующего за предельными сроками эксплуатации по Постановлению СМ № 1072 (90 % МТП находится в настоящее время за пределами этого срока) зависит от зависимости эксплуатационных затрат и балансовой стоимости тракторов, сельскохозяйственных машин, комбайнов от времени эксплуатации. Академик А.И. Селиванов, В.М. Кряжков, проф. Тененбаум Барам отмечали возрастание эксплуатационных затрат со временем эксплуатации. Они изменяются по экспоненте. Остаточная стоимость изменяется по прямой, а при учете инфляции – по выгнутой кривой (рис. 9.29). Рассмотрев случаи экспоненциальной зависимости и воспользовавшись математическими методами получили решения для нахождения точек, в которых затраты минимальны. Они соответствуют оптимальным срокам службы. Например, для трактора МТЗ-80 срок равен…, а для комбайна Дон-1500 – T = … лет. Затраты подсчитаны по методике РАСХН /253, 254/.

9.6. Выводы

9.6.1. Опираясь на теорию надежности Барлоу и Прошана, с использованием преобразований Лапласа, установили факт равенства математических ожиданий взаимно независимых потоков отказов МТА математическому ожиданию их суммы. Аналогично плотность распределения сумм X_n записывается в виде свертки функций *F (x) ... Fij(x).* На основе доказательств, содержащихся в работах в ВИМ, ГосНИТИ, СибИМЭ, ВНИПТИМЭСХ других НИУ относительно идентичности видов распределения потоков отказов для различных сельхозмашин, считали, что и в изучаемом случае сумма *X + ... = Xij,* обозначенных как свертки функции *f(x),* имеют преобразование Лапласа *n f (s) = f*(s)*. Это позволило использовать опытные данные МИС. Массивы исходной информации были определены в соответствии с известными законами теории вероятностей и обрабатывались методами прикладной статистики. Доверительная вероятность результатов исследований и анализа составляла 0,90 при погрешности не более 10%. Для анализа использовались критерии Стьюдента, Пирсона, χ^2, Фишера, Колмогорова и др. Обработка массивов исходных данных выполнена по американским программам "SAS" и "SAP", разработанных профессиональными математиками, адекватность которых проверена.

В частности, установлено, что потоки требований на ремонтно-техническое обслуживание и др. потоки технической эксплуатации описываются законами Пуассона и Вейбулла с вероятностью соответствия (0.30 ... 0.94), а механизм их обслуживания - по критерию Пирсона является экспоненциальным. Материальные потоки требований производственной эксплуатации транкзакты описываются законами Гаусса, Вейбулла, Пуассона, экспоненциальным, причем не менее 30 % потоков из

исследованныхидентифицируются законом Гаусса. Дополнительные исследования показали, что при замене закона Гаусса на Пуассона при анализеодно - и многофазовых систем массового обслуживания погрешность результатов исследования не превышает 7 % при $p_\beta = 0.90$.

Эргодичность (репрезентативность реализации) исследовалась методами математической статистики и моделирования. Эргодические процессы описаны как марковские цепи и сети массового обслуживания, методами теории массового обслуживания. Отсутствие последействия, ординарность и стационарность входящих процессов подтверждена экспериментально.

9.6.2. На основании выполненного по изложенной выше методике хронометража установлено следующее. Достоверность исследований, адекватность полученных результатов, репрезентативность выборок определена на основе известных методов теории вероятностей и математической статистики. Нижний уровень погрешности исследований – 10 % при доверительной вероятности 0,90. Согласованность теоретических и экспериментальных зависимостей определялась критериями Пирсона > 0,50, Колмогорова - 0,60.

Установлено, что математическое моделирование различных (в т.ч. альтернативных) вариантов использования средств и методов эксплуатации машинно-тракторного парк позволяет управлять надежностью и эффективностью объекта исследований путем воздействия на его параметры: внутренние резервы времени, труда и средств; структуры управления и производственного процесса, временную избыточность операций полеводства, межоперационные запасы и заделы между операциями уборки урожая, весеннего сева и др., производительность постов обслуживания, подсистему снабжения запчастями. При этом рекомендуется использовать принцип последовательного снятия неопределенности.

Вероятность согласия подобранных характеристик входящего потока и механизма обслуживания рассматриваемой системы с аппроксимирующими законами находилась в пределах $P(\chi^2)$ = 0,3 - 0,90, $P(L)$ = 0,4 - 0,5.

Статистическая обработка результатов пассивного эксперимента показала, что распределение времени передачи сообщения о появлении требования и скорости доставки подчинялись нормальному закону, распределение времени переездов – закону Вейбулла, а механизм обслуживания – экспоненциальному закону. Закончив рассмотрение замкнутых систем с известным количеством обслуживаемых машин (это МТП групп, звеньев, комплексов, фермеров), обратили внимание на закономерности обслуживания в разомкнутых системах. К ним относятся процессы функционирования технических систем в крупных сельскохозяйственных предприятиях, в подразделениях указанных СХП, а также процессы обслуживания дилерами, частными предприятиями по ТО и ремонту, обслуживание СХП и фермеров машинно-технологическими станциями, обслуживание сельхозмашин на машинных дворах (центральном и производственном) крупных СХП и МТС. Статистическая обработка результатов эксперимента на показала для данного случая: вероятность согласия опытных данных и аппроксимирующих законов $P(L)$ = 0,52…0,95, $p(\chi^2)$ 0,30…0,94, что

позволило использовать метод вложенной марковской цепи. Решения соответствующих размеченному графу состояний этой системы дифференциальных уравнений известны из математики, сопоставление данных и сбор информации о процессах выполнено экспериментально, результаты опыта обработаны статистическими методами для разомкнутых замкнутых систем. Для последних (УТК ОПХ ВНИПТИМЭСХ) среднее количество заявок составила за час 0,16, а интенсивность обслуживания –3,44 заявки/час, в УТК ОПХ «Манычский» - соответственно 0,17 и 5,73.

В дни уборки на ХПП поступает от 2032 до 3815 т зерна ежесуточно (в среднем – 3144 т). Интервал поступления автомашин составлял в среднем 2,22 мин, или 27 автомашин в час. В соответствии со стандартом, нижняя и верхняя доверительные границы среднего количества поступающих за час автомашин соответственно для доверительной вероятности $p_\beta = 0{,}90$ составляют $\lambda_1 = 23$ и $\lambda_2 = 34$ при количестве случаев наблюдения $N = 50$. Закон поступления заявок близок к пуассоновскому. Среднее время взятия проб – 90 с, или 40 автомашин в час; среднее время взвешивания – 80 с, или 44 автомашины в час. Доверительные границы при $N = 50$, $p_\beta = 0{,}90$ соответственно будут иметь значения $\lambda_1 = 33$, $\lambda_2 = 48$ и $\lambda_3 = 0{,}38$, $\lambda_4 = 0{,}53$.

Установлено, что в напряженные дни на ЗСК СХП в среднем за час поступает 3 –4 автомашины. За час на ЗСК загружается в среднем 14 автомашин при использовании погрузчика Д-565 и четыре – при использовании погрузчика ЗПС-100. Количество автомашин, обслуживающих один ЗСК, – от 10 до 20, в зависимости, от расстояния до ХПП. Ежедневно в перевозках зерна на ХПП участвовало не менее 50 автомашин. Наблюдения позволили принять следующие допущения по автоперевозкам: на ЗСК всегда есть зерно для загрузки машин АТК; на ПНЗ и ХПП могут быть очереди из автомашин; на одном ПНЗ используются однотипные посты загрузки. Также получены данные по всем входящим, управляющим, конструктивным параметрам, приведенные в таблицах работы и приложениях.

9.6.3. Математическое ожидание использовали для вычисления доверительных интервалов по известной методике, причем степени свободы $W_н$ и $W_в$ принимали равными удвоенному значению количества наблюдений в том случае, если это количество задано. В противном случае $W_н = 2m = 2$ и $W_н = 2m$. После того, как информационное обеспечение моделей было сформировано, убедились в адекватности разработанных моделей: проверили на устойчивость по реализациям, воспользовавшись теоремой и неравенством Чебышева; адекватность проверили по условию соответствия моделируемых и экспериментальных данных с доверительной вероятностью 0.9 при погрешности не более 10 %. Относительная ошибка рассчитанных выходных показателей системы по моделям статистического моделирования составила 7 % по результатам проверки соответствия процесса-модели процессу-оригиналу, а моделирования алгоритму по *R*-сети находится в пределах ошибки информационного обеспечения моделей (δ = 8 %), следовательно, использование модели для исследования возможно.

Были проведены хронометражные наблюдения за техническим обслуживанием и текущем ремонтом группы зерноуборочных комбайнов при различном количестве постов обслуживания. Средние значения количества простаивающих машин и постов обслуживания согласуются с теоретическими, значениям при погрешности $\Delta < 7$ %.

Коэффициентов готовности, полученных при машинном эксперименте и производственном опыте, составили соответственно 0,65 и 0,69; 0,70 и 0,73; 0,68 и 0,72. Абсолютная ошибка составила 0,04; 0,03 и 0,04.; относительная – 5,8 %; 4,2 % и 5,6 % (анализ результатов моделирования, проведенный на примере обслуживания группы кормоуборочных машин).

Разработанная ресурсная модель с доверительной вероятностью 0,95 при погрешности не более 10 % описывает указанный процесс, устойчива по реализациям и позволяет исследовать процесс эксплуатации машин.

На первом этапе исследований математические модели проверили на устойчивость по реализациям. Известными статистическими методами установлено, что с доверительной вероятностью 0,95 при ошибке 5 % достаточно моделирования 200 ч реального процесса. Фактически моделируемый период был больше, а число реализаций превышало 200.

Проверка алгоритм GPSS на адекватность проведена сравнением полученных при моделировании элементов сменного времени и данных фотохронометражных наблюдений. В результате установлено соответствие модели оригиналу с доверительной вероятностью 0,95 при погрешности не более 10 %. Затем в качестве проверки универсальности модели провели моделирование вспашки, сева и уборки силосных культур, и также получили положительные результаты. По данным хронометража, в напряженный период уборки у линии УТЗП “взятие проб – взвешивание” простаивало в среднем от трех до пяти автомашин, что соответствует расчетам и попадает во множество значений доверительной области с вероятностью 0,99 при верхней ($\alpha_в$) и нижней ($\alpha_н$) доверительных границах, соответственно равных 5,9 и 3,0. Проверка соответствия модели оригиналу на основе моделирования реальных процессов ТО в бригаде СХП (по коэффициентам простоя машин и доли поставленной на хранение в срок техники) дало относительную погрешность а в пределах 6...9 %, что вполне допустимо, что позволило провести анализ эксплуатации техники в разомкнутой системе.

9.6.4. Новая рыночная структура инженерных служб и их оснащение ЭВМ требует создания управления ЭМТП на базе математических моделей. Последние предпочтительно иметь в виде полиномиальных регрессионных уравнений, получаемых при исследованиях на статистических моделях, рассматриваемых как "черный ящик". С целью получения таких уравнений исследования проводили по планам, известным из теории планирования экспериментов. Проводили и пассивный, и последовательный поиск. Для этого построение полиномиальной модели начинали с первой степени (опыты проводят сериями – метод композиционного планирования), переходили от простых планов опытов (двухуровневых, дробных) к сложным (Бокса -

Бенкина). Оказались применимыми для анализа структур систем ЭМТП также методы: "расщепления" ребер, эквивалентного замещения, Мура - Шеннона, усеченных рядов. Основываясь на опыте проведения исследований систем машиноиспользования, провели идентификацию объекта исследования методами теорий: марковских процессов, устойчивости, статистического моделирования, надежности технологических систем, теории сложных систем. Из аналитических методов применили теорию марковских процессов и ее приложений, что позволило разработать систему машиноиспользования с заданными показателями надежности и эффективности. Построенную на марковских моделях теорию восстановления использовали для выявления соотношений для распределения числа и момента восстановлений, времени возвращения, процессов накопления, моделей отказов, стратегий замен. Теория управления запасами на основе моделей теории массового обслуживания позволила описать точки заказа для ГСМ и обменного фонда запасных частей, резервные запасы и уровни обслуживания, межфазные (например, между операциями технологических процессов растениеводства: свал зерновых колосовых культур в валки - обмолот валков) заделы, а также межоперационные запасы.

Закономерности расходования ресурсов были определены экспериментально, с использованием принципа Кортена-Долана. Также были использованы такие принципы расходования ресурсов, как условия аддитивности и марковости (по данным проф. Г.Д.Карташева). Представление технологического процесса как потребление ресурсов: технологических и технических, планируемых (положительные или отрицательные) и стохастических, позволяет получить адекватную модель..

*9.6.5. П*оставленная задача обоснования уровня резерва (запасов) зерна на ЗСК, запчастей, технологического оборудования была сведена к оптимальному управлению ресурсами, а в качестве управляющих параметров используются номенклатура и нормы резервирования (на модели процесса). Для формализации и описания подобных процессов использовали приложения марковских процессов и имитационное моделирование.

В терминах теории массового обслуживания процесс обеспечения запасными частями и ремонтными материалами является замкнутой, полнодоступной, многофазной системой без прироста, с потерями и ожиданием, с *n* постами обслуживания и неоднородным входящим потоком. Когда свойства многофазности системы и неоднородности входящего потока не позволяли воспользоваться удобными для расчетов соотношениями теории массового обслуживания, использовали методы статистического моделирования.

9.6.6. Исследования и оптимизацию структуры базы для обслуживания группы машин проводили для рабочего времени смены, то есть их рассматривали процесс технического обслуживания машин, выполнявшегося по регламенту в межсменное время, и ремонт в любое время. Закономерности носят сложный характер: с увеличением числа постов коэффициент их простоя вначале резко увеличивается, это один из существенных факторов управления,

так как процесс по нему неустойчив. Коэффициент простоя в очереди вначале снижается резко (это отрезок, на котором можно им управлять), затем переходит почти в прямую, параллельную оси абсцисс, ассипмтотически к ней приближаясь, что связано с практическим исчезновением очереди при некотором значении числа постов. Начиная с этого момента, МТА простаивают только в ремонте. Исследование зависимости производительности поста W и энтропии $H(n)$ от интенсивности потока заявок λ и мощности технического оснащения показало, с увеличением мощности и(или) снижением интенсивности энтропия снижается. Математическое ожидание количества простаивающих агрегатов при увеличении общего количества постов n снижается сначала интенсивно, затем, начиная с четырех, почти не изменяется. Это объяснялось тем, что в данном случае, начиная с четырех постов обслуживания, среднее число машин в очереди близко к нулю и их простои обусловлены продолжительностью обслуживания. Одновременно расчет число незанятых постов.

Резкое снижение кривой математического ожидания простаивающих в очереди машин при малых значениях объясняется стохастическим характером процесса: вероятность наличия свободных постов обслуживания при увеличении n от одного до трех резко возрастает, при дальнейшем увеличении мало изменяется. При этом величина простоя асимптотически переходит в прямую, параллельную оси абсцисс. Характер изменения у кривой "количество свободных постов обслуживания": при $n = 1$ и 2 посты большую часть времени заняты обслуживанием; при $n > 4$ математическое ожидание количества занятых постов изменяется незначительно, в связи с чем кривая близка к прямой.

Кроме показателей $M_{оч}$, $M_{пр}$, $M_{зан}$ процесс характеризуется коэффициентами простоя агрегатов в очереди – $K_{проч}$, на техническом обслуживании $K_{пр.\ обс}$ и коэффициентом простоя постов обслуживания – $K_{проб.}$ Зависимость показателей $K_{проб.}$ от n имеет аналогичный характер; кривая коэффициента простоя постов обслуживания $K_{проч}$ обращена выпуклостью вверх, так как n – переменное. При увеличении мощности постов обслуживания значения $M_{оч}$, $M_{пр}$ и $K_{проч}$ из-за сокращения времени обслуживания уменьшаются, а кривые $M_{зан}$ и $K_{проб.}$ растут в связи с увеличением коэффициента простоя ремонтно-обслуживающих рабочих.

При увеличении численности постов b обслуживания кривая до известного предела опускается, так как час работы слесаря звена обходился дешевле, чем час простоя машин в периоды весеннего сева, уборки зерновых и силосных культур. Дальнейшее увеличение b приводит к превалированию прироста затрат над увеличением производительности, и значение F_{min} при $b > 4$ возрастает. Сумма трудозатрат подсистемы обслуживания и потерь рабочего времени МТА в зависимости от количества постов и их мощности носит сложный характер, изображается в виде вогнутой унимодальной кривой. Целевые функции, представляющие собой суммарные значения трудозатрат и потерь рабочего времени от простоев машин и ремонтно-обслуживающего звена, имеют явно выраженный экстремум.

Оптимальное количество постов обслуживания находится в области минимума функции F. При количестве постов, меньшем оптимального, кривая F резко возрастает из-за увеличения простоев машин; при $n > n_{опт}$ кривая F также возрастает, но более плавно.

9.6.7. Характер изменения показателей: математическое ожидание ожидания обслуживания $M_{ожс}$ и математическое ожидание количества простаивающих обслуживающих постов $M_{пр.\ пост}$ в функции от количества машин в группе m – обратный в сравнении с их зависимостью от n. Математическое ожидание количества простаивающих в очереди и на ТО, в ремонте машин $M_{ожс}$ возрастает при увеличении численности обслуживаемой группы m (уменьшении количества постов n) из-за возрастания интенсивности входящего потока λ и увеличения вероятности того, что все посты заняты обслуживанием. Изменение математического ожидания количества свободных постов $M_{пр.пост}$ носит по тем же причинам обратный характер. Увеличение количества рабочих поста или постов вызывают увеличения значений $M_{пр.\ пост}$.

Математическое ожидание числа простаивающих заявок $M_{ожс}$ при увеличения числа каналов n уменьшается вследствие роста P_n – вероятности, того, что свободно каналов обслуживания, а число свободных каналов обслуживания $M_{свпост}$.Критерий F имел вид параболы: область оптимальных значений – это устойчивый режим функционирования системы. Таким образом, теоретические и экспериментальные исследования элементов процесса технической эксплуатации машин с точки зрения системного подхода выполнены адекватно; разработаны адекватные модели, соответствующие алгоритмы объекта исследования.

Рассмотрели показатели надежности системы эксплуатации МТП на примере подсистемы ТО (при хранении). Проведенный на примере летне-осеннего периода анализ результатов моделирования показал следующее. Вероятность P_o того, что все посты свободны, с увеличением их числа n асимптотически приближается к единице, а время нахождения заявок на хранение в очереди на обслуживание $T_{ожс}$ при этом уменьшается.

Вероятность $P_{ожс}$ превышения допустимого срока ожидания для случая увеличения числа n постоя при увеличении численности N занятых на каждом, посту рабочих снижается. Проведенный на примере летне-осеннего периода анализ результатов моделирования показал следующее. Вероятность P_o того, что все посты свободны, с увеличением их числа n асимптотически приближается к единице, а время нахождения заявок на хранение в очереди на обслуживание $T_{ожс}$ при этом уменьшается.

Вероятность $P_{ожс}$ превышения допустимого срока ожидания для случая увеличения числа n постоя при увеличении численности N занятых на каждом, посту рабочих снижается.

9.6.8. Рассмотрев аналитические и имитационные модели организационно-технического комплекса (ресурсная, или R-модель, статистических моделях на основе K-сети и *GPSS*), установили: количество одновременно работающих машин определяется минимумом потерь рабочего времени механизато-

ров и водителей транспортных средств. При недостатке одних лишь кадров механизаторов необходимо, чтобы работали все машинно-тракторные агрегаты. В этом случае при $P = 0,95$ получили следующие рациональные соотношения основных (γ_1) и обслуживающих (γ_2) машин при потоке заявок с характеристикой $\mu = 3,5$ и обслуживании с $\lambda = 2,1$ (см.) кормодобывающего отряда для расстояния плеча переезда 5 км; γ_1; γ_2 = (2:4; 4:7; 6:10; 8:12; 10:15).

Использование описанной техники в соответствии с пропорцией 6:10 и выбранного метода ТО позволило заготовить и подвести к местам зимовки скота за восемь рабочих дней 1600 т сена, что было выше средних данных по Пролетарскому району в два раза. Среднечасовая выработка агрегата на прессовании составила 4,60 т. По данным лабораторных исследований, все заготовленное сено отвечало первому классу; содержание каротина колебалось в пределах 80-120 мг/кг, то есть оно было в 2,5-4 раза выше требуемого ГОСТ 4808-75.

Простои машинно-тракторных агрегатов из-за ожидания транспорта не превышали 5,5 %, теоретическое значение – 5 %, погрешность расчетов $\Delta = 0,5$ %. Суммарные простои тракторов по техническим причинам составили 8 часов, или 1,7 %.

Используя статистическую модель, оценили работу отряда по комплексным показателям надежности: коэффициенту оперативной готовности и коэффициенту надежности: средняя наработка на отказ составила $t_{ср} = 226$ часов, средняя продолжительность восстановления – 4 часа. Коэффициент оперативной готовности k объекта за 10-часовую смену составил $k_{огк} = 0,95$; коэффициент готовности объекта $K_{ог} = 0,70$; коэффициент готовности отряда как системы $K_г = 0,90$.

По данным наблюдений рассчитали вероятность безотказной работы пресс-подборщика (P_1) и тракторов МТЗ (P_2). Вероятностью соответственно варьировали в пределах $0,95 \le P_1 \le 0,98$; $0,90 \le P_2 \le 0,95$. Таким образом, метод ТО “постоянное дежурство” для звена ТО мало приемлем, так как его загрузка не превышала 1,7 %. Более приемлем метод ТО во время пересмены. Затраты труда на каждую тонну составляли 0,97 чел.-ч, что на 45 % ниже, чем при применении технологии заготовки измельченного сена, и в 3,0 раза ниже, чем при заготовке рассыпного сена с копнением.

Для определения рациональных параметров системы при условии устранения всех отказов (при занятости в момент поступления требования постов оно уходит к конкурент, а инженерная служба в этом случае теряет доход), используя метод сравнивания альтернативных вариантов, установили: при $n = 6$; $t_{обс} = 4$ ч вероятность отказа в обслуживании составляет 0,362, то есть 36 % дохода инженерная служба теряет. Средняя загрузка передвижных постов составляет 79,8 %, пропускная способность - около 19 требований за день. Для увеличения доходов инженерной службы число постов следует увеличить до уровня, при котором вероятность потери требования будет, к примеру, менее 0,6 %. По данным вариантного расчета, необходимо иметь 15 передвижных постов, что вряд ли практически осуществимо. Альтернативный вариант - увеличение производительности

постов. Увеличим ее на 20 %: вероятность потери требования сократится до 24 %. Интересно отметить, что при обслуживании шестью постами вдвое меньшего парка вероятность обслуживания возрастет до 90 %, конкуренту достанется в 3,6 раза меньше требований.

Рассмотрение обслуживание в условиях конкуренции при ненадежных постах обслуживания (с функциональными отказами) позволило установить:

♦ вероятности того, что k постов находятся в неработоспособном состоянии в момент времени t;

♦ вероятности того, что объект не будет обслужен из-за занятости поста;

♦ вероятности отказа в обслуживании по причине отказа поста во время операций ТО;

♦ суммарные вероятности отказа в обслуживании;

♦ вероятности того, что вновь поступившее требование будет обслужено;

♦ математических ожиданий числа занятых постов обслуживания, находящихся в неработоспособном состоянии, исправных постов, свободных от обслуживания постов;

♦ коэффициента надежности системы.

Ремонтно-обслуживающие работы по сельхозмашинам при перегрузке штата машинного двора работой можно передать в ЦРМ, в этом случае обслуживающие посты будут разнотипными. Разнотипным может быть парк транспортных средств, МТА, МЭС. При отказах МТА в холдингах (МТС) приоритет отдается, по возможности, выполнению работ ближе к месту работы МТП. Подобная схема имеет место и при системе дилеров, и при рекомендуемой нами структуре надежности. Прообразом подобной системы являются межхозяйственные предприятия по механизации (МХПМ). Если в холдинге ежедневно возникает в среднем 96 отказов., имеется 36 постов их устранения в спецотделениях (расположены в подразделениях хозяйств), 15 передвижных постов и шесть постов при ЦРМ; $t_{обс}$ = 8 ч, то вероятность отказа в обслуживании из-за ненадежности постов равна 0,1;: 26,9 % требований обслужат в спецотделениях, остальные поступят на передвижные посты. По причине ненадежности первых из них за день будет обслужено 31 % требований при поступлении 36. По нашим расчетам, передвижные посты обслужат 52 % требований из числа поступивших, все три уровня будут практически загружены полностью (К = 98,0 %).

9.6.9. Исследования внутренних взаимосвязей организационно-технических комплексов выполнили “ресурсным” моделированием, причем свойства адекватности и устойчивости модели по реализациям позволили перейти к углубленным исследованиям процесса технической эксплуатации машин в соответствии с задачами моделирования. Например, использовали модели для решения отдельных вопросов эксплуатации машин. Вначале обработали экспериментальные данные по обслуживающей подсистеме, их ввели в математическую модель организационно-технического комплекса (*R*-модель).

Показатели эффективности использования МТП подразделения от распределения продолжительностей доставки запасных частей, по данным моделирования, изменяются следующим образом: при увеличении среднего времени доставки запасных частей от 2,7 (оптимальное для средних условий Ростовской области) до 5 часов чистое время работы основных машин сокращается с 7,8 до 7,5 час; установили, что при изменении времени доставки от 2,7 часа до 5 часов продолжительность ожидания обслуживания соответственно снизилась. Если в первом случае вероятность ожидания обслуживания 0,5 часа составляла 0,90, то во втором – 0,63. Возросли вероятности состояний с более длительным ожиданием начала обслуживания (рис. 9.9), время на устранение отказов соответственно увеличивается на 23 %, в том числе простой из-за доставки, запасных частей – на 61 % . Возрастает ущерб от простоев и приведенные затраты на 1 га убранной площади на 0,57 руб./ч. Изменяются и статистические показатели распределения простоев основных машин в сторону увеличения.

9.6.10. Рассмотрев аналитические модели систем без конкуренции, в которых требования на обслуживания при занятости постов становятся в очередь. Например, на машинном дворе работает пять слесарей (n = 5). В среднем за день необходимо обслужить десять (l=10) требований (выдать или принять технику, устранить отказ и др.). Если обслуживаемый парк характеризуется тем, что выходы машин из строя не зависимы друг от друга, а в среднем за день при полной загрузке слесарь выполняет m = 2,5 требования, то вероятность простоя всех работников одновременно составит P_j = 0,554. Продолжительность обслуживания требования в очереди $T_{ож}$ = 1,55 часа при ее длине в 11 машин, с вероятностью 96-97 % требование начнет обслуживаться в день его поступления.

В среднем сельскохозяйственном предприятии требуется поступление для обновления МТП в полгода λ = 20 новых сельхозмашин, для хранения которых в транспортном состоянии (без расконсервации) имеется n = 5 мест под навесом. Одна машина проходит досборку, предэксплуатационное обслуживание, обкатку в течение шести (m = 0,2) недель: вероятности того, что под навесом нет ни одной машины P_o = 0,01; все места под навесом заняты P_n = 0,56; средняя продолжительность ожидания обслуживания $T_{ож}$ = 20,0 суток; среднее число машин в очереди $M_{ож}$ = 12,0 и в обслуживании - одна. В среднем 20 % площади под навесом свободно; не более чем в 7,4 % случаев для новой техники не будет места под навесом.

Если поступающие требования обслуживаются в двух фазах с очередями перед ними, а в каждой фазе может находиться не более одного требования, также можно по известным из ТМО аналитическим зависимостям рассчитать показатели системы. Например, поступающие на въезд элеватора машины характеризуют показатели: вероятность отсутствия машин на въезде P_{oo} = 5,0; средняя длина очереди на исследование M_1 = 1,0; средняя длина очереди у весовой M_2 = 4,0. В среднем будет простаивать: около 40 % времени лаборант и

10 % - весовая. Очередь у въезда маловероятна: 20 машин в очереди будет в одном случае из 1000.

Замкнутые системы имеют место в том случае, когда обслуживаются МТА посевного и кормодобывающего звеньев, пахотного отряда, уборочного комплекса, отряда химизации и т.п. Отказ каждой машины значимо влияет на параметр входящего потока из-за небольшого числа объектов обслуживания. Например, для обслуживания m =10 комбайнов имеется три мастерских. Время обслуживания характеризуется λ = 5 отказов в сутки. В среднем выходит из строя за день один комбайн. В течение суток рабочие мастерской будут отдыхать 1,1 часа, а в очереди находиться - 1,6 % машин. Аналогично выполняются расчеты для остальных замкнутых систем.

Если во время заготовки силоса в среднем заготавливают его в объеме, достаточном для заполнения пяти хранилищ, имеется три гусеничных трактора; первый из них уплотняет одну траншею в неделю, второй две и третий - три (m = 1; m = 2; m = 3), то вероятность того, что все тракторы загружены в момент t, она составит 0,01. Вероятность того, что вся масса будет своевременно уплотнена и не испортится, составит 0.99.

Ремонтно-обслуживающие работы по сельхозмашинам при перегрузке штата машинного двора можно передать в ремонтную мастерскую, в этом случае обслуживающие посты будут разнотипными. Для системы с однотипными постами выходные параметры определяются по формулам Эрланга. Например, в межхозяйственном предприятии по механизации (агрокомбинате, агрофирме на базе нескольких хозяйств) за день возникает 96 отказов. Имеется 36 стационарных постов по устранению отказов в подразделениях (спецотделениях), 15 передвижных постов, оборудовано 6 постов при ЦРМ. Устраняются отказы в районной системе ТО и ремонта (типа МТС), либо в производственных подразделениях или на центральных усадьбах хозяйств, либо с помощью передвижных бригад; причем отказ устраняется передвижной бригадой при загрузке стационарных постов.

Для неэргодических процессов количество реализаций определялось, исходя из доверительной вероятности 0.98 при уровне значимости 0,001.

С применением методов статистического моделирования, при котором структуры модели и описываемого ей процесса изоморфны, а реальные стохастические потоки заменены моделируемыми по специальным процедурам датчиками случайных чисел, исследованы варианты построения подсистемы обслуживания МПТ производственного подразделения сельскохозяйственного предприятия как в полевых условиях, так и на машинном дворе. Адекватность модели проверена экспериментально, относительная ошибка моделирования не превышает 7 %. Вероятность согласия эмпирических характеристик входящего потока и механизма обслуживания рассматриваемой системы и аппроксимирующих законов находились в пределах $p(x)$ =0,9, $p(k)$ = 0,4 ... 0,5.

Оптимизация структуры и базы сокращает затраты на 20 ... 25 %. Рекомендуемая номенклатура устойчива по зоне обслуживания. При ее отк-

лонении от оптимальной на 2/3 затраты возрастают на 1/7, дальнейшее отклонение на 1/3 увеличивает затраты еще на 1/7.

9.6.11. К важному элементу инфраструктуры относится структура ремонтно-обслуживающей базы. В диссертации исследованы резервы оптимизации ее структуры. Использован стандартный метод линейного программирования на примере Верхнедонского района Ростовской области для исследования эффективности оптимизации РОБ и размещения РОР. ам. . Установлено, что одна лишь оптимизация РОБ позволяет до 40% экономить капиталовложения. Использование математических методов для планирования технической эксплуатации, планирования развития подсистемы ремонта на перспективу позволяет заменить от 1/5 до 2/5 инвестиций в развитие РОБ информацией, которая позволяет экономить ресурсы. С целью обоснования ресурсов ремонтно-обслуживающей базы холдинга СХП или МТС исследовали признали, определяющие ее размещение и мощность, вначале приведя к одному масштабу измерения признака классификации. Были рассчитаны коэффициенты эластичности для этих факторов по данным полученных ранее регрессионных моделей. Они составили соответственно для X_2 (расход ТСМ), X_3 (площадь пашни) и X_1 (потребная площадь для хранения) 1,0; 1,16: 0,10. Значения масштабного фактора в дальнейших итерациях были уточнены и составили 0,313; 0,302; 0,385. В результате многофакторного обоснования объекта-представителя на основе распознания образов при Евклидовой метрике (метод кластерного анализа) были получены следующие результаты.

При разбиении исходных объектов на две группы число элементов в последних получилось равным, при делении на большее число групп – различным. Устойчивой является совокупность объектов (3, 23, 24, 22, 26, 19, 0, 10, 8, 9, 27), которая выделяется при различном количестве кластеров. Объекты 21, 15, 25 далеки от всех группировок. Наименьшая дисперсия средних значений наблюдается в последнем разбиении, на основе чего выделены четыре объекта-представителя со значениями $M[X]$, $\sigma[X_1]$, $M[X_2]$, $\sigma[X_2]$, $\sigma[X_3]$, $\sigma[X_4]$. Значения других показателей объектов-представителей рассчитываются как средние значения групп.

Распределение ресурсов решали методом линейного программирования. Один из вариантов размещения ремонтных предприятий, полученный в ходе решения методом линейного программирования, предлагает следующее распределение ремонтов. Мастерская общего назначения в МТС загружается работами от хозяйств: “Ленинский” (46 единиц), “Кировский” (61 единица); “Краснознаменская” ЦРМ должна дополнительно выполнять работы хозяйств им. Первого Мая (34 единицы) и “Верхнедонское” (59 единиц). В ЦРМ с-за “Шумилинский” целесообразно выполнение работ хозяйств “Красное Знамя" (81 единица), им. Первого мая (48 единиц). ЦРМ “Кировского” загружается работами “Песковатского” (27 единиц) и “Краснооктябрьского” (32 единицы). В сельхозпредприятиях им. Первого мая, “Верхнедонское”, “Краснооктябрьское” и “Песковатское” ЦРМ строить нецелесообразно. Реализация обоснованного рационального плана размещения (не говоря уже об оптимальном) существенно

сокращает капитальные вложения на строительство ремонтно-обслуживающей базы данного района.

В сравнении с базой без распределения ремонтно-обслуживающих работ во втором варианте экономия капитальных вложений составляет 595 тыс. рублей (40 %), а в третьем – 289 тыс. рублей (20 %).

В дополнение к распределению ремонтно-обслуживающих работ по сети ремонтно-обслуживающих предприятий исследовали методику расчета мощности самих мастерских в соответствии с потребностью в ремонтно-обслуживающих работах, что было выявлено на основе натурных экспериментов.

Рассмотрев подсистему обслуживания РОР, пришли к выводу, что имеет место система, идентифицируемая методами теории массового обслуживания. При Пуассоновском входящем потоке процесс в ЦРМ классифицируется по Кедаллу как разомкнутая, без потерь (с ожиданием), с N постами обслуживания, поэтому его описали методом вложенной марковской цепи (в соответствии с размеченным графом состояний системы дифференциальных уравнений и получены их решения.

По данным расчета, в рассмотренном примере эффект дает увеличение постановочных мест до шести. При дальнейшем увеличении их числа ущерб снижается незначительно, так как с увеличением количества машиномест вероятность ожидания начала ремонта МТА уменьшается. Получено распределение вероятностей состояний при числе машиномест n = 2, 4, 6, 8, и 10.

9.6.12. Изучение обслуживающих подсистем показало следующее. Малое время обслуживания на автовесах, а также регулярность потока при одном загрузчике обуславливает на практике небольшую очередь у весовой.

На ток зерно поступает от УТК, максимальное количество которых, как показывает опыт Егорлыкского района, не превышает двух. УТК может дать в сутки до 1120 т зерна, а всего на ток может поступать за час 112 т в час зерна. Для обработки такого количества зерна необходимо до трех агрегатов ЗАВ-40. В том случае, если время рейса составляет 0,5 часа (λ = 5 км) с учетом обработки на току (0,25 ч) за смену автомобиль может сделать не более 13 рейсов, а при максимальном плече перевозок в 60 км не более рейса. В этих случаях автоотряд из автомашин КамАЗ может перевести за смену не более 13 х 16 х 10 = 2080 т (l = 5 км) и не менее 3,0 х 16 х 10 = 480 т зерна. Следовательно, производительность погрузочных средств тока должна составлять от 48 до 208 т в час.

При поточной обработке зерна (поле - зерноочистительный агрегат-перевозка на ХПП) в среднем за час необходимо перевозить до 112 т зерна, однако превышение производительности автоотряда данного значения позволяет иметь автоотрядов по количеству меньше, чем токов, и перераспределять автоотряды между ближними хозяйствами. Хозяйства следует разбить на две группы. К первой относятся такие, у которых поток зерна на ток меньше, чем производительность одного автоотряда. Ко второй группе относятся тока с потоком зерна, превышающим производительность автоотряда, к ним прикрепля-

ются автоотряды с производительностью, максимально соответствующей потоку зерна на тока. За хозяйствами первой группы автоотряды не закрепляются, а автоотряд посылается в случае накопления зерна в объеме, достаточном для его работы в течение суток (смены – для мелких хозяйств).

В качестве примера изучив изменение математического ожидания количества автомашин в очереди на загрузку и коэффициента их простоя, выявили: из-за того, что вероятность простоя загрузчика мала ($p \leq 0{,}00001$), в очереди в среднем при одном погрузчике, численности автострада в 30 автомашин и 10 требованиях на погрузку в час простаивает 13,0 автомашин. Увеличение количества погрузчиков в три раза сокращает очередь в среднем на четыре автомашины. При дальнейшем увеличении производительности погрузочных средств очередь становится еще меньше.

Реализация программы для ПНЗ СХП “Победа” дала следующие результаты. В среднем простаивает 14 автомашин, при работе погрузчика ЗПС-100, и восемь – при использовании самоходного погрузчика Д-565. При замене погрузчика на самоходный Д-565 очередь снизилась на пять автомашин. Максимальная ошибка расчетов составила δ =9 %.

Рассмотрев обслуживание машин на ХПП, установили, что оно имеет несколько фаз: взятие проб, взвешивание, разгрузка. Наблюдения показали, что на элеваторе очередь у разгрузчиков не образуется из-за значительного их количества, поэтому достаточно рассмотреть вероятности образования очередей на взятие проб и. взвешивание. Для ланнрй двухфазной системы (с ожиданием, без потерь из очереди, ограниченным потоком требований, с одной визировочной и весовой) известны описывающие ее соотношения, управляя которыми, можно получить наиболее приемлемые режимы работы рассматриваемой системы, при которых влияние случайных факторов не выводило бы систему из состояния динамической устойчивости, с заданной вероятностью обеспечивая ритмичность перевозок и сводя к несущественным значениям простоев автомашин в очередях.

Для примера варьировали производительностью II фазы обслуживания ХПП. При увеличении ее производительности вдвое в сравнении с существующей на Атаманском элеваторе (за счет ускорения оформления документов, например, автоматизации) очередь в напряженные дни уборки уменьшится от 4,1 до 0,97 машины в среднем, или в 4,2 раза. Надежность работы погрузчиков обеспечивается их нагруженным резервированием, под загрузку автомашин выделяются погрузчики, занятые на буртовании зерна.

Рассмотрев два случая: 1 – производительность последующего поста обслуживания выше, чем у предыдущего. В этом случае задержка возникает у въезда на элеватор; загрузка машин на ЗСК (ПНЗ) может рассматриваться как многопостовая, с ожиданием, без потерь из очереди, без приоритета, с однотипными погрузчиками, с ограниченным потоком требований.

По известным формулам могут быть рассчитаны: вероятности того, что все посты погрузки на ПНЗ свободны от машин и что в системе находится требований, из них часть обслуживается, а n_2 ожидают обслуживания (P_{n1n2});

среднее число автомашин в очереди на ПНЗ (M_2); среднее количество простаивающих погрузчиков (M_3). За критерии эффективности приняты:

- y_1 – математическое ожидание количества машин в очереди;
- y_2 – простой обслуживающей системы в %,
- y_3 – вероятность отсутствия очереди и I и II фазы подсистемы;
- y_4 – коэффициент простоя постов загрузки.

Получены следующие уравнения регрессии, адекватность которых проверена по критерию Фишера

$$y_0 = 1.78 – 0.05X_1 + 0.05X_2 + 0.03X_3 – 0.10X_4;$$
$$y_1 = 36.54 – 2.54X_2 – 33.39X_3 + 5.25X_4 + 2.19X_1*X_3 – 1.04X_2*X_3 – 0.37X_2*X_4 ;$$
$$y_2 = 0.13 - 0.07X_1 + 0.01X_1^2 - 0.01X_1*X_2 - 0.04X*X_1*X_3 + 0.02X_2*X_4 + +0.08X_3^2 - 0.01X_3*X_4;$$
$$y_3 = 1.47 - 3.25X_1 + 10.59X_3 + 0.65X_1^2 - 0.47X_1*X_3 - 1.99X_1*X_3 + +1.16X_2*X_3 + 0.10X_1^2.$$

Научные исследования, и передовой опыт подтверждают целесообразность приема поступающего с полей зернового вороха в бункеры зерноочистительно-сушильных комплексов (ЗСК).

На практике в хозяйствах зерновой ворох принимается в бункеры самой различной вместимости – от 15 до 450 т. Это связано с тем, что вероятностные расчеты по обоснованию подобных бункеров отсутствуют.

Установили, что поток поступления автомашин с зерном на ЗСК подчиняется случайному закону Пуассона, в этом случае ПО3 на ЗСК описывается системой дифференциальных уравнений.

Например, когда на пункт обработки зерна поступает в среднем восемь автопоездов с зерном за каждый час ($\lambda = 8$), а агрегат ЗАВ-40 за это время обслуживает 40 т зернового вороха, что составляет груз 2,6 автопоездов ($\lambda = 2,6$). Зерно скашивается на площадках. Для исключения ручного труда по подработке вороха на площадках и сокращения потерь зерна возможны следующие варианты: сооружение дополнительных ЗАВ-40 или бункера вместимостью 100 т.

С увеличением количества зерноочистительных агрегатов вероятность отказа ($P_{отк}$) снижается, однако при использовании бункера на 100 т она на два порядка ниже (сравнение сделано для рекомендованной и рассчитанной вместимости бункера).

Необходимая вместимость приемного бункера составляет 100, 70 и 50 т. По расчетам показателя n, необходимая вместимость приемного бункера для одного ЗАВ-40 – 100 т.

9.6.13. Обобщение результатов выполнили поэтапно. Вначале изучили влияние случайных факторов на выходные характеристики технологического процесса.

На практике по различным причинам процесс обработки предмета труда является стохастическим, поэтому функция производительности группы МТА на каждой операции выражается законом распределения растениеводства. Вероятность реализации малого времени обслуживания наибольшая - у экспоненциального и наименьшая – у нормального законов. Вероятность реализации средних значений наибольшая у нормальных законов. Равномерное распределение занимает промежуточное положение. По модели GPSS были получены следующие результаты: в случае согласования производительности операций по формуле регулярного входящего потока и обслуживания (то есть без случайностей), коэффициент использования средств механизации равен единице и очереди отсутствуют. При действии вероятностных факторов, которое имеет место в реальных системах, образуются очереди «транзактов» у различных «устройств» по причине стохастического механизма их работы, а также неравномерного (случайного) поступления транзактов. Одновременно наблюдается недоиспользование средств механизации. Наблюдается колебание коэффициента использования последних по операциям – «устройствам» модели. Наибольшая очередь – у узловых операций. Изменяется по операциям и коэффициент использования. Погрешность в нагрузке «устройств», рассчитанных по детерминированным методикам, в реальных условиях действия вероятностных факторов на четырех операциях машиноиспользования в напряженный период из 12 превышает 200 %, на шести – 50 %, на остальных 15 %.

Сравнивание результатов моделирования по различным законам распределения показало: они близки при нормальном и экспоненциальном и отличаются в среднем по процессу 3,47 %. Меньшее значение коэффициента использования соответствует большему значению средней длины очереди; большей абсолютной разнице перечисленных значений Среднее значение простоя средств механизации в очереди имеет минимум при равномерном, максимум при экспоненциальном законах распределения.

На основании этого был сделан вывод о том, что при неизвестном законе распределения целесообразно использование экспоненциального распределения, хотя это и приведет к некоторому занижению эффективности системы при расчетах. В этом случае реализуется принцип гарантированного результата: характеристика технологической системы будет не хуже расчетной. Занижение эффективности составит – 6,94 ± 0,02 при замене нормального закона экспоненциальным. Если этот закон использован вместо равномерного, погрешность возрастет до –6,94 ± 0,070 в среднем. Доверительная вероятность расчетов равна 0,95 при погрешности 5,5 %. Следовательно, как правило, для сельскохозяйственных технологических систем механизации растениеводства значимо действие вероятностных факторов, поэтому разница в оценках использования коэффициента использования при детерминированном и вероятностных подходах составляет от 15 до 200 % на отдельных операциях. Целесообразно применение экспоненциального распределения при неизвестном фактическом законе, погрешность характеристик системы при этом не превысит семи процентов.

Вид закона распределения входящих потоков влияет на надежность, в частности, на параметрические и функциональные отказы и их вероятность. В качестве режимов работы были исследованы: загрузка системы обслуживания, производительность по фазам; интенсивность обслуживания; наличие альтернатив (приводящее к потере заявок); замкнутость или разомкнутость системы, приоритеты очереди, ее наличие, отсутствие или ограничение по длине, вид резервирования, сроки замены машин. В качестве параметров системы анализировали оснащенность техникой (состав и тип МТП); оборудованием; полнокомплектным и неполнокомплектным резервом; численность и мощность постов обслуживания.

Анализ потребностей в запасных узлах, агрегатах, частях позволил установить следующую закономерность, наиболее эффективно наличие «ходовых» запчастей; с увеличением номенклатуры и норм неполнокомплектного резервирования отдача вложенных в запчасти средств снижается; также влияет и уровень неснижаемого запаса; 20 % номенклатуры запчастей в среднем позволяют устранить до 60 % отказов, связанных с заменами частей; остальные 80 % - оставшиеся 40 %.

Аналогично положение и с обеспечением технологическим оборудованием: 5-7 его наиболее часто встречающихся видов позволяет устранить 75-80 % отказов, требующих применения данного вида оборудования. Данный вид закономерности имеет физический смысл, заключающийся в реализации закона редких событий в интенсивности и потоке заявок на запчасти и оборудование.

9.6.14. Устойчивость системы как свойство системы сохранять выходные параметры в заданных пределах повышается введением обратной отрицательной связи, которая представляет собой аналитика, оснащенного ЭВМ и математическими моделями, реализованными в компьютерных программах. В результате расчетов было установлено, что с увеличением производительности и количества постов вероятность функционального отказа снижается, но возрастает вероятность параметрического отказа обслуживающей системы. Данное явление объясняется экспоненциальным распределением промежутков времени между поступлениями заявок и продолжительности их обслуживания. При менее жестком режиме работы (законы равномерной плотности, Гаусса, Релея) указанные вероятности отказов снижаются. С увеличением численности обслуживаемых машин в замкнутой системе, ростом параметра входящего потока, устойчивость процесса повышается. Это выражается в уменьшении дисперсии выходных параметров и объясняется действием закона больших чисел. Также установлено, что многопостовые системы более устойчивы, чем однопостовые. Устойчивость системы возрастает при увеличении численности МТП. Устойчивость снижается в начале процесса из-за переходных процессов. Устойчивость результатов возрастает при увеличении количества реализаций модели на ЭВМ, а при их количестве свыше 120 становится пригодным для инженерных расчетов: ошибка < 10 % при доверительной вероятности 0,95, в наших опытах число реализаций превышало значение 200, поэтому достоверность по указанному признаку обеспечена.

Изучение на моделях загрузки постов показало, что по коэффициенту загрузки система неустойчива при незначительном количестве постов (10-20 % от возможного), так как изменение численности меньше, чем изменение коэффициента (применен критерий Ляпунова). Установили такие отрезки, на которых изменение численности постов на 1 % вызывает снижение загрузки постов ТО МТП на 2-5 %.

Многопостовые системы обслуживания МТП, производственной эксплуатации по типу модели, устойчивее к изменению интенсивности (параметру λ входящего потока) по критериям безотказности и экономической эффективности (суммарные простои постов обслуживания и обслуживаемых транкзактов меньше). С увеличением абсциссы (количество МТА, постов ремонта) и уменьшением λ снижается вероятность отказа. Объясняется действием закона больших чисел, а также таким свойством параметра λ, что он характеризует и математическое ожидание, и дисперсию. Устойчивость изменяется с изменением закона, описывающего поток транкзактов. Уменьшение λ пропорционально уменьшает дисперсию и повышает устойчивость. Устойчивость снижается в начале процесса из-за переходных процессов. Устойчивость результатов возрастает при увеличении количества реализаций модели на ЭВМ, а при их количестве свыше 120 становится пригодным для инженерных расчетов: ошибка < 10 % при доверительной вероятности 0,95, в наших опытах число реализаций превышало значение 200, поэтому достоверность по указанному признаку обеспечена.

Устойчивость процесса УТЗП нарушается: погодными условиями (снижается поток зерна на ЗСК и ПНЗ); отклонениями от часового графика перевозок; случайностями в процессе обработки автомашины на току и ХПП. Для повышения устойчивости процесса необходимо, чтобы в случае действия случайных факторов система ПНЗ-АТК-ХПП не затоварилась (то есть $\lambda \cdot \mu^{1} \leq 1$.

Снижение дисперсии возможно и при введении *ООС,* что было исследовано при производственной апробации. Изучение на моделях загрузки постов показало, что по коэффициенту загрузки система неустойчива при незначительном количестве постов (10-20 % от возможного), так как изменение численности меньше, чем изменение коэффициента (применен критерий Ляпунова). Например, установили такие отрезки, на которых изменение численности постов на 1 % вызывает снижение загрузки МТП на 2-5 %.

Многопостовые системы обслуживания МТП более устойчивы к изменению интенсивности (параметру λ входящего потока) по критериям безотказности и экономической эффективности (суммарные простои постов обслуживания и обслуживаемых транкзактов меньше). С увеличением абсциссы (количество МТА, постов ремонта) и уменьшением λ снижается вероятность отказа. Устойчивость изменяется с изменением закона, описывающего поток транкзактов. Уменьшение λ пропорционально уменьшает дисперсию и повышает устойчивость системы. В данном критерии можно увидеть проявление нового следствия теоремы Маркова, а также свойство устойчивости частот при переменных условиях опыта, называемое теоремой Пуассона. Устойчивость параметров надежности и эффективности

системы связано с его энтропией $H(x)$. С увеличением надежности как системы обслуживания, так и подсистемы управления, в том числе введением обратной отрицательной связи для процесса ЭМТП снижается энтропия.

9.6.15. Энтропия выступает в качестве меры неопределенности изучаемой и равна нулю при однозначности системы ЭМТП, то есть энтропия была бы равна нолю при абсолютной надежности системы ЭМТП, когда ее граф состояний состоял бы из одного элемента, и состояние тоже было бы одно. Реальные системы ЭМТП имеют различное количество состояний, при их увеличении и при приближении их вероятности друг к другу энтропия возрастает до максимальных значений.

Задача инженерно-технической службы состоит в структуризации системы, снижения уровня ее неопределенности путем воздействия на состояния системы системными методами, введением обратной информационной связи, которая, по расчетам, снижает вероятность отказа. Таким образом, информационные технологии, применение математического моделирования на ЭВМ процессов машиноиспользования позволяет получить значимый материальный эффект.

По данным расчетов, энтропия коррелируется с минимальными значениями критерия эффективности, так как оптимальные значения соответствуют минимальному рассеиванию энергии и рациональному использованию ресурсов МТП. Она изменяется в соответствии с вероятностями состояний системы, реализуемых посредством математического ожидания обслуживания, простаивающих постов.

Когда вероятности простоя постов и МТА приближаются по значению друг к другу, суммарная энтропия двух систем (обслуживаемой и обслуживающей) энтропия возрастает. В точке экстремума энтропия системы с равновозможными состояниями равна логарифму числа состояний и имеет максимальное значение. В исследуемых случаях изучались несколько подсистем ЭМТП, их суммарная энтропия в случае независимости подсистем, элементов равна аддитивной сумме на основании теоремы сложения энтропии. Энтропия объединенной системы производственной, технической эксплуатации и подсистемы управления, которые связаны между собой, равна энтропии одной из подсистем, суммированной с условной энтропией других подсистем.

9.6.16. В результате наблюдений за многоразовыми системами, моделировании работы сетей массового обслуживания (Се МО), реализации статистических моделей были подмечены два свойства системы данного типа:

- ♦ средняя длина очереди больше у узлов структуры системы, где сходится несколько потоков;
- ♦ средняя длина очереди связана с определенными номерами фаз и четными числами.

Первое можно объяснить тем, что при слиянии потоков вероятность небольших отрезков времени между поступлениями заявок возрастает, и закон распределения в большей степени приближается к Вейбуллу.

Второе свойство не столь очевидно, и связано со сложным взаимодействием факторов, на которые накладываются субъективные отношения исполнителей (например, автомашины закрепляют за МТА, и МТА – за полем; звено из 5-7 человек более продуктивно и т.д.).

Модель позволяет согласовать производительности отдельных операций, обоснования уровней межоперационных запасов и заделов, выбрать метод резервирования, исследовать устойчивости и надежности систем машиноиспользования и др. В результате исследования на указанной модели установлено следующее. Общими для всех систем данного типа являются следующие закономерности:

♦ устойчивость системы по отказам возрастает при увеличении числа участвующих в процессе машин;

♦ неравномерность загрузки обслуживающих постов наиболее резко снижается при увеличении их численности до 5...7; дальнейшее увеличение их численности менее эффективно;

♦ коэффициент загрузки постов, близкий к единице, возможен в случае строго определенного числа постов и неустойчив по этому параметру (1 % изменение численности постов вызывает 2-5 % изменение загрузки;

♦ многопостовые системы на 30 % более устойчивы к изменению потока требований; в целом системы более устойчивы к изменению требований, чем численности или производительности постов (фаз для многофазных систем);

♦ для работы групп машин преимущественно более высокие показатели имеют системы с четным числом обслуживаемых машин (диапазон от 2 до 8); для устранения 80 % отказов необходимо 4 наименования оборудования, а 90 % - 12; для устранения 80 % отказов необходимо 20 % от требуемой номенклатуры запчастей, а 90 % - 40 %.

♦ использованные математические модели мало чувствительны к виду входящего процесса; ошибка от замены эмпирического входящего процесса Пуассоновским не превышает 7 %;

♦ для процессов восстановления и технического обслуживания в СХП юга России характерны Пуассоновские входящие потоки и экспоненциальные механизмы обслуживания, тогда как производственная эксплуатация (потоки материалов, транспортных единиц, распределения производительностей технических средств, производственных условий) описываются распределениями Вейбулла, Гаусса и др.;

♦ многофазовые системы технологических процессов машиноиспользования в нестационарных режимах (начало работы) могут иметь место апериодические автоколебания, однако в стационарном режиме обладают признаками эргодичности;

♦ для многофазных систем характерно сгущение требований в узлах графовой модели процесса; возрастает количество следующих одно за другим требований и увеличиваются отдельные промежутки времени между образовавшимися группами.

♦ более устойчивы структуры многофазовых систем с большим числом параллельных фаз;

♦ наименее устойчивы многофазовые системы по производительностям фаз; несогласование в пределах 10% приводит к возникновению очередей;

♦ определяющей является фаза со статистически меньшей производительностью, возле нее образуется межфазовый "задел"; регулирование межоперационных заделов с использованием математического моделирования позволяет значимо повысить эффективность системы.

♦ в случае, если первая фаза является определяющей, последующие фазы работают с меньшим коэффициентом загрузки;

♦ в случае, когда фазы упорядочены по возрастанию производительности, устойчивость системы к функциональным отказам выше, чем в случае упорядочения по убыванию; во втором случае выше надежность по технологическим отказам.

♦ во всех случаях увеличения численности машин и фаз увеличивается устойчивость показателей надежности и эффективности (экономическая эффективность процесса изменяется по другим законам).

9.6.17. Задачи управления надежностью и эффективностью решается на ЭВМ применительно к возникающим ситуациям для конкретного хозяйства при управлении эксплуатацией МТП. С этой целью может быть разработан АРМ «Инженер», в состав моделей которого может быть включена рассмотренная программа. Возможности использования данной методики, в частности для обоснования агрегата для комплексной механизации труда ремонтно-обслуживающих рабочих, что подтверждено разработкой технического задания (1982 г), по которому был изготовлен агрегат ТО (1983 г.), прошедший государственные испытания на Северо-Кавказской МИС. (1984-85 гг.). Агрегат используется в ОПХ МИС и МИС по настоящее время – свыше пятнадцати лет. Заказы на него поступали не только от СХП, но и фермеров.

Разработанная организация ТО и машиноиспользования с применением системных методов прошла производственную проверку, в т.ч. в базовых СХП Ростовской области при работе соискателя в отделе внедрения научных разработок института (1987 г.). Результаты внедрения показали, что простои рабочих звена по хранению снизились на 20 %, а коэффициент использования времени смены звеном составил 0,90...0,92, коэффициент использования средств механизации – 0,96. Из всех поставленных на хранение машин только 6 % были установлены с превышением допустимого ГОСТом на хранение срока. Практически от всех 22 базовых СХП института поступили заявки на внедрение данной разработки. Разработки были включены в Перечень работ, подлежащих первоочередному внедрению на девяностые годы.

С помощью разработанных моделей и выполненных машинных экспериментов с использованием теории планирования экспериментов, дисперсионного анализа, установлены не только рациональные структуры процессов, состав технологического оборудования и его база, но и выявлены основные закономерности функционирования средств механизации на уровнях

производственных подразделений, сельхозпредприятий и их ассоциаций. По данным производственной проверки рекомендуется введение в практику сельхозпредприятий обратной информационной связи в составе локальной компьютерной сети, использующей разработанные программы математического моделирования процессов машиноиспользования. Инженерная служба со временем должна быть трансформирована в подсистему обеспечения надежности и эффективности ("служба надежности") реорганизованного сельхозпредприятия или ассоциации сельхозтоваропроизводителей (фермеров).

В результате экспериментальных исследований установлены закономерности и точечные характеристики:

♦ описывающие потоки требований на ремонтно-обслуживающие операции, адекватность по критериям согласия установлена;

♦ описывающие материальные потоки в многофазовой системе обслуживания транкзактов (модель технико-технологического комплекса в период уборки зерновых колосовых культур, модель послеуборочной обработки зерна).

В результате математического моделирования производственных элементов ЭМТП установлены следующие зависимости:

♦ между структурой исследуемых систем и их показателями надежности и эффективности;

♦ между режимами работы (механизмом функционирования) и критерием эффективности;

♦ рациональные составы технологического оборудования и его базы.

Общие закономерности функционирования.

От 5 до 7 наименований технологического оборудования обеспечивают устранение от 75 до 90 % отказов.

Общими для всех систем данного типа являются закономерности:

♦ устойчивость системы по отказам возрастает при увеличении числа участвующих в процессе машин;

♦ неравномерность загрузки обслуживающих постов наиболее резко снижается при увеличении их численности до 5...7; дальнейшее увеличение их численности менее эффективно; коэффициент загрузки постов, близкий к единице, возможен в случае строго определенного числа постов и неустойчив по этому параметру (1 % изменение численности постов вызывает 2-5 % изменение загрузки;

♦ многопостовые системы на 30 % и более устойчивы к изменению потока требований; в целом системы более устойчивы к изменению требований, чем численности или производительности постов (фаз для многофазных систем);

♦ для работы групп машин преимущественно более высокие показатели имеют системы с четным числом обслуживаемых машин (диапазон от 2 до 8); для устранения 80 % отказов необходимо 4 наименования

оборудования, а 90 % - 12; для устранения 80 % отказов необходимо 20 % от требуемой номенклатуры запчастей, а 90 % - 40 %.

♦ использованные математические модели мало чувствительны к виду входящего процесса; ошибка от замены эмпирического входящего процесса Пуассоновским не превышает 7 %;

♦ для процессов восстановления и технического обслуживания в СХП юга России характерны Пуассоновские входящие потоки и экспоненциальные механизмы обслуживания, тогда как производственная эксплуатация (потоки материалов, транспортных единиц, распределения производительностей технических средств, производственных условий) описываются распределениями Вейбулла, Гаусса и др.;

♦ многофазовые системы технологических процессов машиноиспользования в нестационарных режимах (начало работы) могут иметь место апериодические автоколебания, однако в стационарном режиме обладают признаками эргодичности, ординарности и .....

♦ для многофазных систем характерно сгущение требований в узлах графовой модели процесса; возрастает количество следующих одно за другим требований и увеличиваются отдельные промежутки времени между образовавшимися группами.

♦ более устойчивы структуры многофазовых систем с большим числом параллельных фаз;

♦ наименее устойчивы многофазовые системы по производительностям фаз; несогласование в пределах 10 % приводит к возникновению очередей;

♦ определяющей является фаза со статистически меньшей производительностью, возле нее образуется межфазовый "задел"; регулирование межоперационных заделов с использованием математического моделирования позволяет значимо повысить эффективность системы.

♦ в случае, если первая фаза является определяющей, последующие фазы работают с меньшим коэффициентом загрузки;

♦ в случае, когда фазы упорядочены по возрастанию производительности, устойчивость системы к функциональным отказам выше, чем в случае упорядочения по убыванию. Во втором случае выше надежность по технологическим отказам;

Таблица 9.16

Результаты моделирования процесса использования МТП

Номер устройства (операции) и закон	Число входов	Среднее время обслуживания одного транзакта	Коэффициент использования устройства	Число сообщений, прерванных на устройстве	Максимальная длина очереди	средняя длина очереди, время	общее число вхождений в очередь	среднее время пребывания в очереди	текущая длина
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 экс. 1 норм. 1равн.	189 223 189 170	19,89 14,251 19,989 21,665	0,989 0,836 0,989 0,969	109 182 109 87	50 5 50 58	18022 1961 29831	237 224 223	28897 33267 508340	49 2 54
2 экс. 2 норм. 2 равн.	12 24 12 13	316,583 156,167 316,583 272,154	0,999 0,986 0,999 0,931	254 209 254 82	5 5 5 2	3526 2336 1025	14 24 13	957142 370000 299768	3 1 1
3 экс. 3 норм. 3 равн.	110 92 110 104	23,41 22,57 23,409 1,308	0,677 0,546 0,677 0,035	301 301	5 4 5 1	1285 0817 0035	112 92 104	43616 33782 1307	6 25 24 1 721
4 экс. 4 норм. 4 равн.	9 3 9 6	156,22 102,000 156,222 50,5	0,37 0,080 0,370 0,079	301 244	1 9 3 6	4385 1021 3036	9 3 275	1851666 1293333 41959	9 3 4 0 0 41 959
5 экс. 5 норм. 5 равн.	284 297 284 272	12,92 12,00 12,915 12,287	0,965 0937 0865 0,879	185 200 185 243	27 16 9	1329 5041 2315	301 312 276	16779 61397 3188	18 16 2 0 0 31 88
6 экс. 6 норм. 6 равн.	276 298 276 275	12,82 11,913 12,822 12,32	0,931 0,934 0,931 0,891	230 168 230 79	21 8 7	10099 2542 5373	292 298 442	131431 32410 461936	17 1 107 25 56 489 630
7 экс. 7 норм. 7 равн.	276 298 275	12,82 11,91 12,32	0931 0,934 0,891	230 168 79	129 149 107	62457 6764 1174	423 446 167	561082 576311 26718	126 149
8 экс. 8 норм. 8 равн.	147 148 167	11,66 12,926 12,21	0,451 0,503 0,536	151	10 9 9	101 1054 0668	147 148 167	26115 27087 15221	1 0 0 15 221
9 экс. 9 норм. 9 равн.	146 148 167	13,295 12,520 11,958	0,510 0,487 0,525	 100	5 2 4	0724 0537 3682	146 148 209	18863 13797 66956	0 0 66 956
10 экс. 10 норм. 10 равн.	218 209 203	15,119 16,909 16,103	0,867 0,90 0,86	306 149 228	24 23 12	8306 7741 1644	222 231 272	142189 127354 22974	5 23 1 0 02297
11 экс. 11 норм. 11 равн.	257 274 272	13,907 11,182 10,875	0,940 0,806 0,778	164 219 91	30 6 6	16412 1446 2732	283 275 6	220374 19985 1730333	27 2 6
12 экс. 12 норм. 12 равн.	131 106 116	26,893 34,047 32,310	0,927 0,949 0,986	209 94 42	17 10 26	6718 4049 11141	140 112 141	182346 137401 300262	10 7 26 00 300 262

♦ во всех случаях увеличения численности машин и фаз увеличивается устойчивость показателей надежности и эффективности (экономическая эффективность процесса изменяется по другим законам).

Разработанная организация прошла производственную проверку в базовых СХП Ростовской области, в том числе при работе соискателя в отделе внедрения научных разработок института (1987 г.). Результаты внедрения показали, что простои рабочих звена по хранению снизились на 20 %, а коэффициент использования времени смены звеном составил 0,90...0,92, коэффициент использования средств механизации – 0,96. Из всех поставленных на хранение машин только 6 % были установлены с превышением допустимого ГОСТом на хранение срока. Практически от всех 22 базовых СХП института поступили заявки на внедрение данной разработки. Она была включена в Перечень работ МСХ, подлежащих первоочередному внедрению.

10. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМНЫХ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ

10.1. Обоснование методов оценки и анализа

10.1.1. Экономические исследования имеют своей целью обоснование принятия решения по реализации диссертационной разработки в практике сельскохозяйственного производства. Они основаны на данных производственной апробации и внедрении.

При оценке инвестиций в данное решение приняли следующие допущения:

- могут быть реализованы любые варианты машиноиспользования;
- финансовые потоки от внедрения и инвестиций (внедрение не всегда требует инвестиций, поэтому упомянуто и внедрение, и инвестиции) не зависят от инвестиций в другие подразделения, предприятия, инфраструктуру;
- размеры денежных потоков могут быть рассчитаны;
- отсутствуют инвесторы, способные оказать влияние на стоимость активов предприятия через рынок финансовых инструментов.

Это означает также доступность кредитных ресурсов по единой банковской ставке, кредиторы не корректируют ставки при изменении ставки рефинансирования, дебиторские задолженности приносят имеют равную доходность, дивиденды равнозначны, налоговая политика не изменяется.

При анализе ориентировались на рыночный подход, разработанный в университетах США и Великобритании.

Анализ эффективности капитальных вложений (в дальнейшем – инвестиций) позволяет принимать решения, относящиеся к направлению текущих расходов (current outlays) в расчете на будущие прибыли. Инвестиционные решения могут быть приняты на основе технико-экономических исследований, результатом последних является технико-экономическое обоснование (ТЭО). В свою очередь, на основе ТЭО может быть разработан бизнес-план. Исследования должны были дать ответы на следующие вопросы:

- почему сельскохозяйственные предприятия должны ориентироваться на системные методы управления параметрами технологических процессов;

♦ какой объём капитальных вложений должно сделать (инвестировать) предприятие;

♦ предположительные источники финансирования.

В основе методики – учет стоимости основных фондов (cost of funds), именно МТП и подсистемы управления. Ответ на поставленные вопросы дает анализ эффективности капитальных вложений. Он выполнен в соответствии с «Методикой определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники», разработанной под эгидой РАСХН /253, 254/.

Общая методика данных исследований предусматривала такие этапы исследования, как производственная апробация и её анализ; внедрение и его анализ; оценку разработки по вышеуказанной «Методике…» /253/.

Экономическая оценка выполнялась на основе системного подхода также по этапам:

♦ обоснование частной методики экономического анализа и формализация процесса (в данном разделе);

♦ подготовка информационного обеспечения моделей;

♦ разработка и реализация на ЭВМ математической модели;

♦ математическое моделирование;

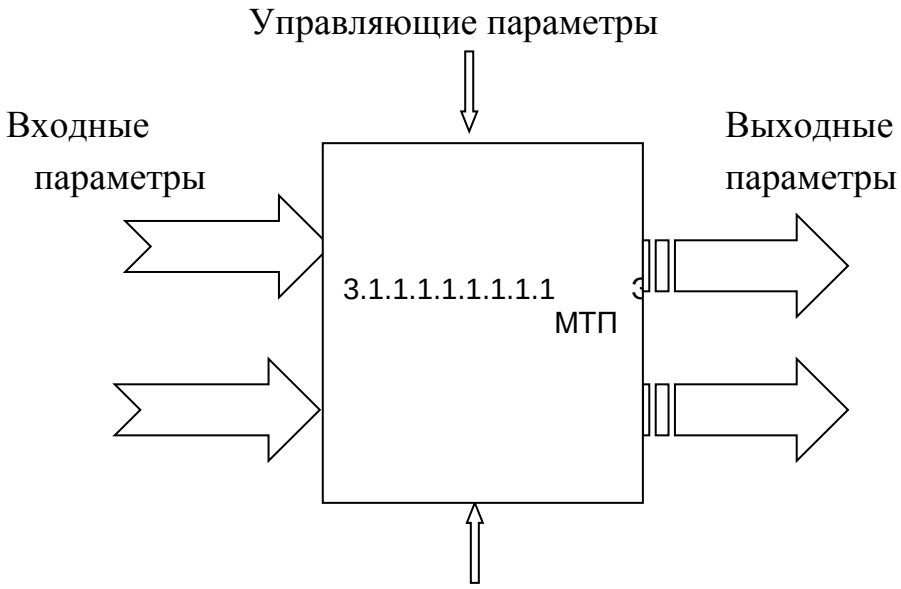
♦ оценка результатов моделирования с учетом нестабильности рынка, делового фона, ограничениях на альтернативы, действия временного фактора и инфляции.

В общем виде математическая модель имеет вид «черного ящика», на входе которого – исходные параметры технологического процесса, на выходе – критерии эффективности. Извне на «черный ящик» также влияют управляющие и конструктивные факторы.

Модель принятия решения имеет вид /536/

Альтернативные	$x_{11}\ x_{12}\ \ldots\ x_{in}$		(10.1)
Ре шения	$\boldsymbol{x_{21}\ x_{22}\ \ldots\ x_{jn}}$		*Состояние*
Результаты	$y_{11}\ y_{12}\ \ldots\ y_{1n}$	E_1	*факторов*
Критерий решения	$y_{m1}\ y_{m2}\ \ldots\ y_{mn}$	Em	*надежности*

Процесс ЭМТП как черный ящик



Конструктивные параметры

Рис 10.1

Решения по ЭМТП обозначены как x_{in}, x_{jn}. Возможная эффективность обозначена через y, а конструктивные – через E.

При анализе было установлено, что в рыночной экономике США рассматриваются две ситуации – альтернативы и ранжирование критериев эффективности. Выбор делается как по уровню прибыльности, так и по критерию общественного благосостояния, а также другим вспомогательным критериям. В нашем случае было целесообразно выполнить оценку по комплексному критерию, включающему как затраты, так и упущенную выгоду (ущерб от простоев техники).

Дополнительно можно рассчитать бюджетную эффективность, то есть рост поступления налогов в связи с улучшением показателей эффективности и

надежности. Учитывая тот факт, что сельхозтоваропрозводители освобождены от налога на прибыль, а НДС теоретически возмещается за счет приобретения ресурсов, относимых на себестоимость, эффект значим в части внебюджетных фондов при росте фонда оплаты труда за счет повышения производительности МТП (при сдельно-премиальной оплате труда).

С другой стороны, системные методы обеспечивают экономическую эффективность производства при сокращении численности МЬП, что позволяет уменьшить основные фонды , соответственно снизится налог на имущество, однако сельхозтоваропроизводители имеют льготу в части данного вида налогообложения.

Альтернативным предлагаемому комплексному критерию является критерий максимальной рентабельности (profits), так как СХП имеют акционеров или владельцев паев и акций. Управление осуществляется в интересах владельцев указанных СХП теоретически, так как в практике Российского АПК мелкие акционеры и собственники долей, паёв не получают сколь либо существенных дивидендов с начала приватизации реформирования, поскольку финансовые потоки приватизированы менеджментом в лце директоров, председателей и финансовых работников.

В рамках данной теории предполагается максимизировать общественное благосостояние при максимизации прибыли отдельного предприятия (теория «невидимой руки» А. Смита). В современных условиях информатизации, когда маркетинговая информация доступна всем, процесс видоизменился: сельхозтоваропроизводитель максимизирует прибыль посредством увеличения разницы между продажами и издержками. Состав последних значимо отличается от аналогичных на Западе. Например, в России, в отличие от США, состав расходов, включаемых в себестоимость, определяется Постановлениями №552 и №661. В свою очередь, уровень затрат определяется ценой ресурсов, в том числе ГСМ, на рынке. Цены зависят от спроса, на который влияют финансовые возможности СХП, в том числе их выручка. Будущие поступления определяются ценой сельскохозяйственных продуктов, которые произведены с использованием приобретаемых факторов производства: техникой для села, средств агрохимии, запчастями, сельскохозяйственным инвентарем, ГСМ, и др. Фонд оплаты труда ввиду его незначительности (средняя зарплата равна 700-750 рублей) значимого влияния не оказывает. Цены на ресурсы отражают спрос. Если спрос подтверждается кредитными ресурсами, повышением дохода СХП по причине роста цен на сельхозпродукцию, стоимость факторов производства возрастает. Это ежегодно подтверждает практика. Рост цен на фак-

торы производства коррелируется с массовой продажей урожая, ростом цен, предоставлением кредитов. Рост стоимости факторов производства снижает доходность, то есть цена уравновешивает спрос и приближается к доли валового дохода от данного фактора производства. В результате дополнительно привлеченный за счет экономии на ЭМТП фактор не принесет чистый доход, так как валовый доход от привлеченного дополнительно фактора не покроет издержек на его приобретение. В данном случае имеет место «встроенный фактор регулирования». При приобретении СХП необходимых факторов производства их стоимость отражает стоимость той продукции, от производства которой СХП отказалось. Затраты являются альтернативными издержками, отражающими доход от факторов производства, который можно получить при наилучшем альтернативном варианте использования. На основе базового и нового вариантов можно найти альтернативную стоимость нового варианта (opportunity cost) как упущенную выгоду при реализации альтернативы.

Например, имеется один и тот же МТП и издержки на его эксплуатацию, включая работы по ТОРХ (а), производственную эксплуатацию (б) и реализацию системных методов (в). Стоимость МТП при реализации варианта «В» - «Г». Можно также МТП продать, а вырученные средства вложить в финансовые инструменты, получив не более 16% (нынешняя ставка по депозитам), а можно использовать двумя альтернативными методами. Если примем базовый вариант, потеряем доход Г/К и В, если новый – то Г, если выберем продажу – А, Б, В (табл. 10.1) .

Вторым аргументом, помимо выявленного «встроенного регулятора», является административные, олигархические и мафиозные барьеры на пути товаров и финансов, препятствующие их выходу на рынок сельскохозяйственных продуктов.

Таблица 10.1

Альтернативные доходы по вариантам /536/

Решение	ТОРХ "а"	Эксплуатация "б"	Системная ЭМТП "в"	Первоначальная стоимость	Рыночная при продаже
Прибыль по вариантам					
базовый	А	Б	Нет	-	-
новый	А	Б	В		
Продажа МТП	Нет	Нет	Нет	Г	Г/К

Достоверность технико-экономического обоснования (ТЭО) предлагаемой работы зависит от адекватности методики расчета издержек и доходов. Коллизии в данном вопросе могут быть в выборе альтернатив. Например, существует мнение, что при составлении финансового плана значимы потоки наличных денежных средств (cash flow). Нетрудно доказать, что данное суждение основано на цели максимизации дивидендов. В этом случае предпочтение отдается альтернативам, увеличивающим активы СХП в рыночных условиях. С этой целью учитывается фактическое снижение надежности и эффективности эксплуатации техники. Это не соответствует существующему в России закону о бухгалтерском учете ПБУ по учету основных средств, так как в активах значится не адекватная рынку стоимость, а стоимость, регламентированная и определенная по инструкциям МПС и ПБУ (рис. 10.2).

Таким образом, в России данный выбор лишен экономического смысла. Предположив возможность установления у нас рыночной экономики, можно предположить и рост стоимости СХП в целом при реализации в нем нашей научной разработки. Это произойдет в случае, если величина дисконтированного по времени, рискам и инфляции дохода от внедрения будет больше, чем связанные с этим издержки. Интересно отметить, что в 2000 году Россия ведущими экономистами и финансистами мира не отнесена к странам с рыночной экономикой. Она заняла 98 место по свободе экономики.

Также отметили необходимость учета дополнительных доходов от внедрения как ответ на вопрос об эффективности. С этой целью необходимо рассчитать будущие финансовые поток. В настоящее время их учет представляет академический, а не практический интерес.

Затем был рассмотрен вариант обоснования ТЭО в соответствии с отмеченными ПБУ. В этом случае активы оцениваются в соответствии с нормативными документами: износ первоначальной стоимости основных средств наряду со стоимостью МБП, фондом оплаты труда включается в себестоимость эксплуатации техники (на основе Постановлений №№551, 661). Адекватный экономический износ не учитывается. А он, как известно, имеет компоненты: моральный, физический, функциональный.

Устаревание может быть как экономическим, так и функциональным. Последнее может быть связано с увеличенными затратами на ТОРХ МТП или увеличенными затратами на приобретение аналогичных ЭВМ в прошлом (рис.10.2).

Все виды износа наиболее точно определяются при оценке МТП, затраты на ТОРХ и надежность определяется при испытаниях на машинно-испытательных станциях.

Принятый в «Методике…» метод считает ТОРХ постоянными, амортизация исчисляется по бухгалтерскому методу, инфляция не учитывается, то есть разновременные затраты в течение года складываются, хотя рубль в начале и конце года имеет разное товарное наполнение.

Взаимосвязь потока отказов λ, фактической рыночной стоимости оборудования $Ц_р$ и балансовой стоимости $Б$ основного оборудования

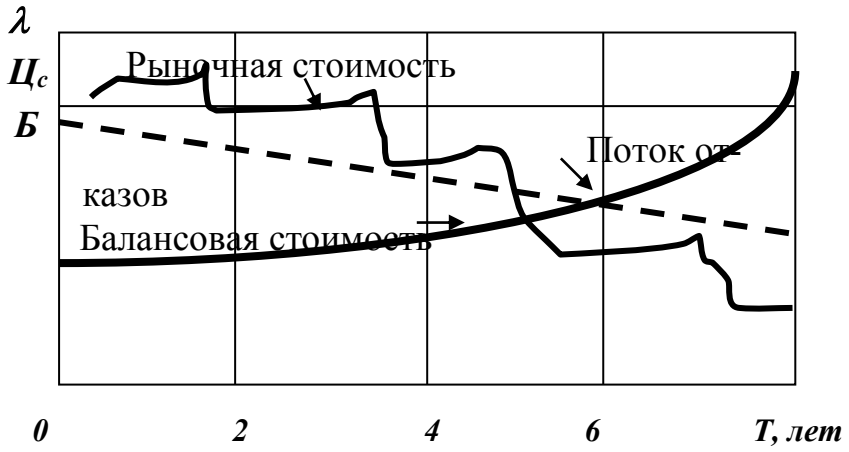


Рис. 10.2

Закономерности изменения затрат на ТОРХ в рублях R или $, выработки W надежности **Н** от срока службы T

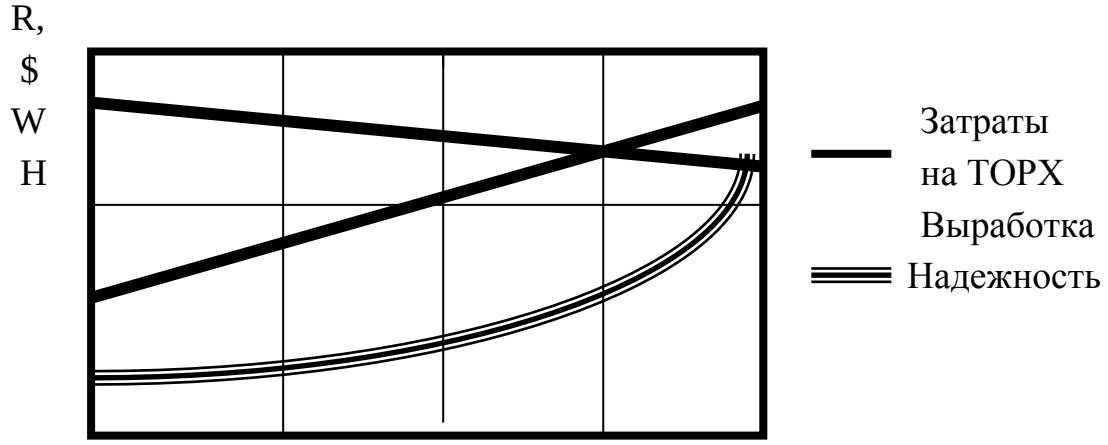


Рис. 10.3

Экономическое обоснование должно учитывать не только прямой экономический эффект (direct cost), но и дополнительные издержки и выгоды, которые не всегда выражаются в денежном выражении. Эффективность внедрения системных методов состоит, в уменьшении вероятности возникновения функциональных, параметрических отказов системы, что проявляется посредством сокращения непроизводственных простоев. Данное явление выражается через стоимость полученной экономии, которая измеряется себестоимостью: единицы работы МТП, сэкономленного рабочего времени (по средней тарифной ставке с начислениями), уменьшенной потребности в факторах производства, сокращении потребности в сельскохозяйственной техники, достигнутой внедрением информационной обратной связи, оптимизацией срока службы, ремонтного, технического обслуживания, управления полнокомплектным, неполно комплектным резервированием. Сокращение функциональных отказов приводит не только к снижению количества непроизводственных простоев, уменьшая при этом потребность в МТП, но и в ряде случаев уменьшает параметрические отказы технологической системы, увеличивая сбор урожая за счет соблюдения агротехнических сроков. Улучшение параметров безотказности уменьшает нервное напряжение трактористов, менеджеров (снижает текучесть кадров); появляется возможность научного, обоснованного на математическом моделировании, управления эффективностью и надежностью; одновременно будут востребованы специалисты с современным уровнем образования. Применение новых компьютеров, создание рабочих мест для специалистов, использование интеллектуального потенциала инженеров, снижение психологической нагрузки выразить финансово сложно, в задачи данной работы не входит.

Косвенные последствия (external effect) реализуются вне области ответственности инженерного руководства: снижается загрязнение окружающей среды (меньше сливы масел в поле, ниже дымность двигателей, меньше питания для вредителей сельскохозяйственных культур), повышается общественное благосостояние и уровень интеллектуальности труда, - это положительные аспекты. С другой стороны, другие подразделения предприятия могут быть недовольны более высокой оплатой трактористов, инженеров в зоне внедрения – это предпосылки конфликтов. Налоговые органы предъявят претензии по поводу списания техники по показателям экономической эффективности, а не по Постановлению № 1072, что чревато арбитражным разбирательством. Инвестирование означает отказ от текущего потребления в расчете на будущую выгоду:

внедряя системные методы, собственник средств отказывается от «проедания» средств в пользу будущих дивидендов (доходов от земельной доли и имущественного пая, земельной и(или) банковской ренты, дохода от аренды). Это явление носит имя Hirschleifer'a (рис. 10.4).

Если увеличивается текущее потребление в год внедрения (ось абсцисс), то снижается доход от внедрения в последующий год (ось ординат). Например, можно инвестировать все средства, тогда доход будет максимальным, а можно инвестировать 0А или 0Б средств, в этом случае доход снижается по гиперболе.

Кривая инвестиционных возможностей эксплуатации МТП в СХП после реформирования, при переходе к рынку

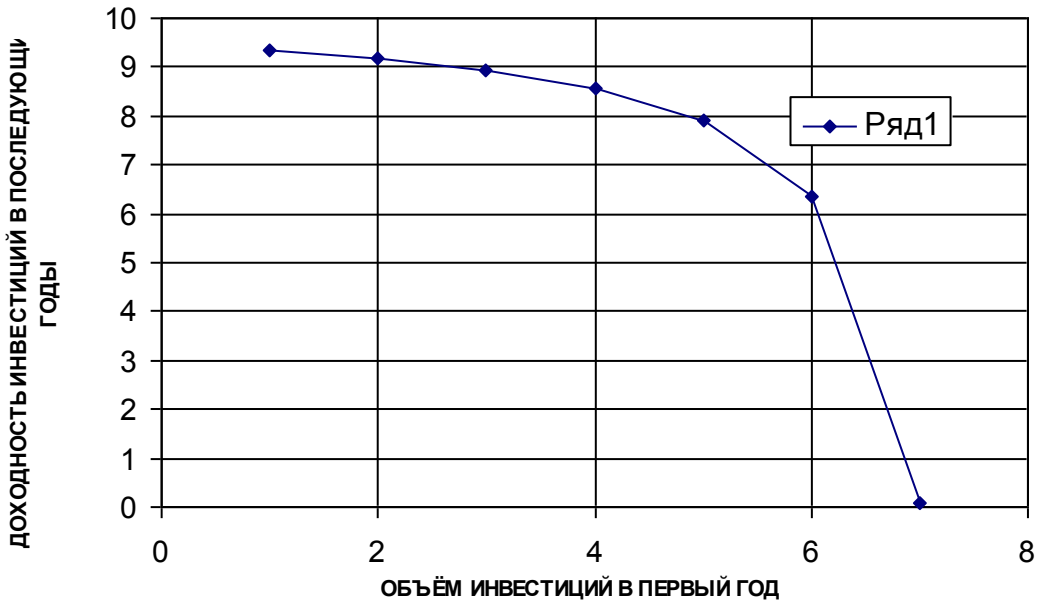


Рис. 10.4

Рынок капитала вводит задачу дисконтирования в предположении указанных допущений. Рынок капитала позволяет кредитовать и заимствовать средства, например, для создания системы управления и приобретения семян, удобрений, горючего. Оценка эффективности будет адекватной в том случае, когда будет достигнуто оптимальное использование ресурсов во времени, как из собственных средств, так из внешних (эмиссия, кредит и т.д.), для чего используются методы дисконтирования.

Доходность инвестиций S на N лет при ставке r обычно рассчитывается с использованием сложных процентов

$$S = 1(1 + r)^N, \qquad (10.2)$$

Конечная стоимость суммы V, инвестированной на N лет с доходностью r , может быть подсчитана по формуле /536/

$$V = S/(1 + r)^N, \qquad \textbf{(10.3)}$$

а общая дисконтированная стоимость всех потоков – по формуле /536/

$$V = S_1(1 + r)^N + S_2(1 + r)^N + \ldots = \sum_{i=1}^{n} S_1(1 + r)^N. \qquad \textbf{(10.4)}$$

При решении вопроса об эффективности разработки следует воспользоваться следующим условием /536/

$$\sum_{n=0}^{n=\infty} I_n(1 + r)^n = \sum_{n=0}^{n=\infty} D_n(1 + r)^n, \qquad \textbf{(10.5)}$$

где левая часть уравнения описывает дисконтированную стоимость инвестиций, а правая дисконтированную стоимость всех чистых входящих финансовых потоков. Ставка процента, при которой сохраняется равенство, называется внутрифирменной нормой прибыли (internal rate of return) данной разработки.

Это – максимальная ставка процента, под который сельскохозяйственное предприятие могло бы взять кредит, В настоящее время кредит стоит не менее ставки рефинансирования, равной 32 %. Следовательно, доходность разработки должна быть не ниже данной ставки.

Рискованность инвестиций в зависимости от вероятной рентабельности внедрения научной разработки в сфере машиноиспользования и ТО

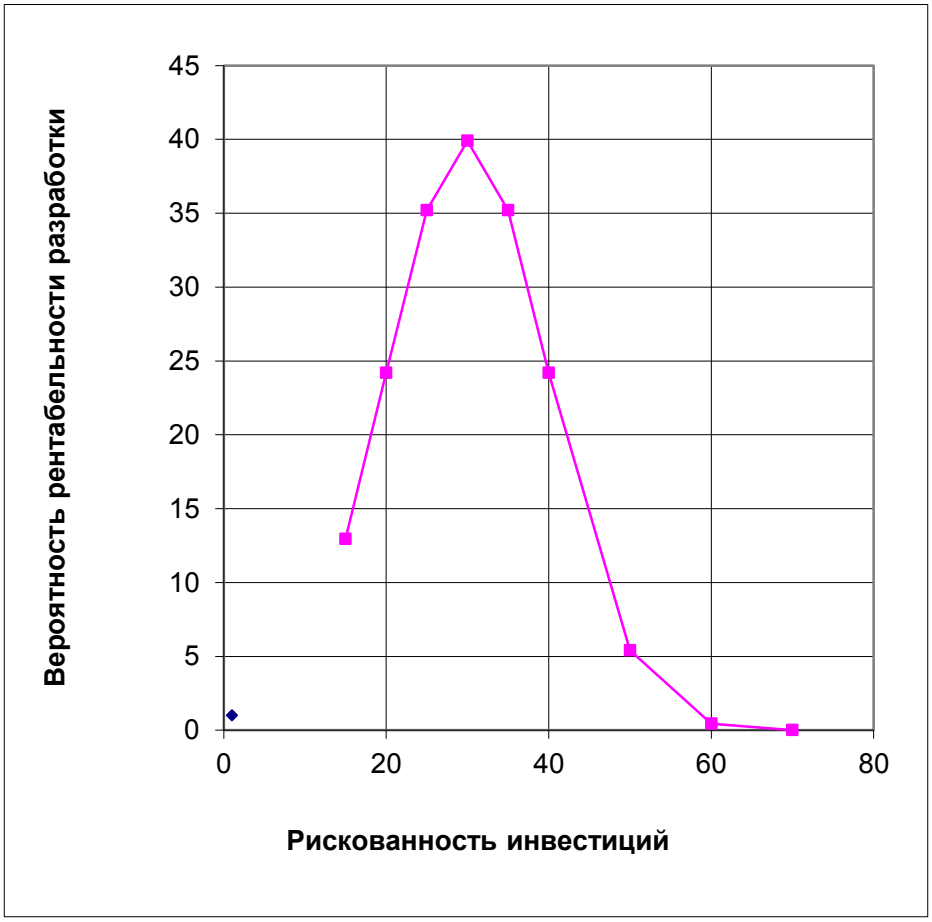


Рис. 10.5

Инфляция искажает результаты расчетов по приведенной формуле, так как денежные средства обесцениваются, а инвестиции – нет (согласно допущениям), поэтому целесообразно использовать инфляционные ставки дисконта (inflated diskont rates): откорректировать потоки финансовых средств по адекватной ставке дисконта, которая равна в настоящее время 20 %. Таким образом, если мы получим доход менее (32+20) %, экономической эффективности не будет: разработка будет экономически некорректна.

Сельскохозяйственное производство является рискованной областью инвестиций, поэтому имеет альтернативные исходы. Из графика (рис. 10.5) следует, что вероятность получения большей рентабельности сопряжена с большим риском. С некоторого значения риск не оправдывается. Аналогично повышенная рентабельность связана с большим риском.

Риск для своей компенсации требует прибавления некоторого процента. За последние 10 лет вероятность отрицательного результата по растениеводству юга России составила 0,30, поэтому рентабельность должна быть увеличена на 30 %. Можно взять верхнюю границу риска $B_г$ (гарантированный результат) и нижнюю границу $H_г$ риска. Границы рассчитываются методами математической статистики по всем годам и возделываемым культурам. В этом случае гарантированного результата требуется не менее (32 + 20 + $B_г$) % рентабельности.

Инфляция и риск могут быть приняты в среднем за год, что упрощает расчеты и приемлемо для растениеводства, имеющего менее одного (за счет паров и незасеянных площадей) оборот капитала в год. Для справки – в 1998 г. в Зерноградском районе незасеянными остались 20% площади пашни. Стоимость капитала - это стоимость альтернативных основных оборотных фондов, используемых для внедрения разработки. Она либо определяется на рынке, либо является условно-расчетной.

10.1.2. Для инвестиций можно использовать альтернативные рыночные средства, нераспределенную на дивиденды прибыль, безналичные статьи, долгосрочную задолженность, дебиторскую и даже кредиторскую (особенности России ввиду сложности деликтных отношений), акционерный капитал. Ставка рыночных финансовых средств известна. Стоимость ренты к ней близка. Использование для инвестиций дохода не значит бесплатность данного ресурса, так как в этом случае будет потерян альтернативный доход, например, не будет сформирован инвестиционный портфель и соответственно не будет соответствующих финансовых инструментов. В стабильных странах цена капитала равна рыночной ставке обмена между сегодняшними и будущими деньгами.

По поводу использования для инноваций безналичной статьи (амортизации): на западе на величину амортизации делается налоговая скидка (в России подобное понятие отсутствует), поэтому «у них» безналичная статья используется в расчетах по стоимости нераспределенной прибыли. «У нас» цена данного вопроса неопределенна, так как амортизация может быть в том числе распределена в фонд потребления. Неофициально данный процесс получил название «проедание основных фондов», цена вопроса близка к нолю. Однако если безналичные средства будут инвестированы в разработку, то их цена будет равна стоимости нераспределенной прибыли за вычетом амортизации с момента введения в действие. Использование кредиторской задолженности, в основном бюджету и внебюджетным фондам, используется большинством российских предприятий, однако этот путь незаконен. Дебиторскую задолженность использовать для целей инвестирования можно, но сложно по причине отсутствия её рынка. Вексель как средство инвестирования пытался использовать «Тверьуниверсалбанк», однако впоследствии из-за отсутствия цивилизованных методов работы с данным инструментом. От работы с векселем с целью инвестирования отказался и АКБ «Донинвест».

Рассмотрим возможности инвестирования за счет долгосрочных задолженности. На Западе долгосрочные кредиты и долговые обязательства дешевле обыкновенных акций (напомним, что у них их цена равна банковской ставке), так как процентные платежи по ним менее определенны. Фермеры США берут долгосрочный кредит по 6 %, что ниже инфляции, то есть практически такие средства бесплатны. В России инвестиции рискованны, следовательно, чем на больший срок предоставляется кредит, тем он дороже (за исключением частично или полностью субсидируемых из бюджета кредитов, которые предоставляются при условии личной заинтересованности чиновников). По этой причине данный вариант не рассматривается.

Особый вид долга – привилегированные акции. Данный финансовый инструмент в реальной сфере экономики мало распространен среди мелких акционеров, он – привилегия менеджмента предприятий, поэтому как инструмент инвестирования не рассматривается.

При отсутствии риска нет разницы между стоимостью кредита и акции. В условиях неопределенности экономики России акционерный капитал дешевле. Рыночная стоимость акционерного способа внедрённой разработки (то есть создание под разработку акционерного общества) равна

$$V_0 = \sum_{}^{\infty} D_i/(1 + k)^i, \qquad \textbf{(10.7)}$$

где V_0 - стоимость АО;

k – коэффициент дисконтирования;

i – год внедрения.

Таким образом, стоимость проекта в виде АО определяется суммарной стоимостью дисконтированных дивидендов. В практике России дивиденд несущественен. Например, в текущем году дивиденд «Норильскгазпрома» составил 2,5 % от балансовой цены акции, значительно меньший процент от рыночной (рыночная цена колеблется по причине роста цен на энергоносители). Доходность сельскохозяйственной разработки на порядок ниже, чем в газовой отрасли, поэтому цена акционерного капитала близка к нолю. По этой причине приняли вариант внедрения на указанных началах.

Низкая стоимость данного вида капитала объяснятся не только экономической ситуацией и незащищенностью прав отечественных инвесторов и акционеров, но в большей степени – особенностями фискальной системы. В США прибыли облагаются налогом на корпорации, а поступающая к акционерам, финансирующих проект, экономия от налогов равна суммам выплат процентов по долгу (например, дивидендам по привилегированным акциям), умноженному на налоговую ставку для данной фирмы. Интересно отметить, что фермеры в частных беседах с ними признавали налоговую нагрузку незначительной (25…45 $/акр – для сельхозпроизводства и до 13 % - при производстве «греховных» товаров: вина, табака). Для сравнения – в России на рублю фонда потребления необходимо отдать налогами четыре (Постановлением Конституционного суда России отчисления во внебюджетные фонды признаны налогами).

Если в России будет рыночная экономика, то средневзвешенная стоимость капитала после уплаты налогов можно будет определить по формуле /536/

$$R = [(Y - k_d I)(1 - t)]/V_e]*[V_e/V_o] + k_d[I/V_0], \qquad \textbf{(10.7)}$$

где Y – полный годовой доход от проекта

t_d - стоимость долга;

R - средневзвешенная стоимость капитала;

I – долговые обязательства;

T – предельная ставка налога на корпорации**;**

V_e - рыночная стоимость акций фирмы;

V_0 – рыночная стоимость долга и акций.

Для реформированного сельского хозяйства больший интерес, чем акционирование, представляет участие в прибыли, так как работники колхозов и совхозов в своей большей части стали членами кооперативов, дольщиками артелей, обществ с ограниченной ответственностью, а на селе еще не забыли хозрасчетные отношения. Гипотезы Модильяни и Миллера основаны как раз на участии в прибыли, так как предполагает средние прибыли постоянными, однако она идентична дивидендной модели (если это дивиденд привилегированных акций), и по этой причине не актуальна.

10.2. Методика исследований и оценки

10.2.1. Методика предусматривает следующие этапы анализа: формирование информационного обеспечения моделей, разработку математической модели и моделирование экономических показателей, оценку результатов моделирования.

Этап исследования в соответствии с р. 2 «Методики…» /253/ - первый. Определялась сравнительная экономическая эффективность за счет снижения себестоимости. Дополнительные показатели: стоимостные, трудовые, энергетические.

Информационная база включала в себя следующее: зональные условия ведения сельскохозяйственного производства, разработанные ведущими НИУ Юга России /427, 428/; технологические схемы, обоснованные также НИУ, включая перспективные технологии /428/; технические, технологические, эксплуатационные показатели ЭМТП, полученные расчетным методом (плановые).

Данные были получены из следующих источников: действующая нормативная база, данные сравнительных испытаний на Северо-Кавказской МИС, данные производственной апробации в ряде типичных районов Ростовской области, данные экспериментальной проверки в ОПХ «Экспериментальное», данные внедрения в фермерских хозяйствах, входящих в региональную ассоциация «АККОР», а также данные заводов- изготовителей и маркетинговая информация. Она была получена путем проведения маркетинговых исследований по стандартной методике /253/. Экономический эффект $Э_{ср}$ определили по формулам /253/

$$Э_{ср} = С_б - С_н \qquad \textbf{(10.9)}$$

$$Э_{ср} = З_б - З_н, \qquad \textbf{(10.10)}$$

где $C_н$ и $C_б$ соответственно себестоимость производства валовой продукции в новом и базовом вариантах;

$З_б$ и $З_н$ соответственно эксплуатационные затраты в базовом и новом вариантах.

Долгосрочные вложения экономическую эффективность определяли за срок внедрения, по величине доходности за ряд лет, причем для приведения разновременных затрат, результатов и эффектов использовали норму дисконта, равную приемлемой для инвестора норме прибыли на произведенные затраты. В качестве инвесторов предполагались акционеры, обеспечивающие наиболее дешевые ресурсы. Как было показано выше, приемлемой нормой прибыли может быть либо банковский процент на депозит (в среднем 16 %), либо средняя доходность обыкновенных акций сельскохозяйственных предприятий с учетом: рисков при достигнутом среднем 9 % уровне рентабельности (см. рис. 9.1), инфляции на уровне прогнозируемой на ближайшее время ставки рефинансирования центрального банка России (18 %).

Затраты, результаты и эффективность приводили «к базисному варианту путем умножения на коэффициент приведения»

$$\alpha = 1/(1 + E_н)^t, \qquad \textbf{(10.11)}$$

где t – год вложения средств;

$E_н$ – принятая норма прибыли /253/.

Балансовая прибыль определялась в соответствии с инструкцией МНС № 552, а чистая – как разность между балансовой прибылью и платежами в бюджет и внебюджетные фонды (экологический, местные, областные), не включенными в себестоимость. В соответствии с отмеченной методикой чистую прибыль уменьшили на цену инвестиций (см. п. 4.7 «Методики…»).

Из показателей затрат предпочтение отдано эксплуатационным затратам, так как внедрение разработки не влияет на затраты на семена, удобрения, средства защиты растений, общепроизводственные расходы, что соответствует п. 4.9 «Методики …» /253/.

Себестоимость была рассчитана в соответствии с инструкцией МНС № 552 на ЭВМ (см. приложение), что допускается п. 4.10. /253/.

Исчисление эксплуатационных расходов соответствует методики р. 3 /253/. Статьи эксплуатационных затрат были разделены на постоянные и переменные. К первым отнесли амортизационные отчисления, расходы на содер-

жание сооружений, общепроизводственные расходы, расчеты с бюджетом и внебюджетными фондами. К переменным отнесли затраты на техническое обслуживание, ремонт, хранение (ТОРХ), топливо и энергию, вспомогательные материалы и оплату труда с отчислениями. Эксплуатационные затраты рассчитали по каждому МТА и каждому виду работ, затем пересчитали на один гектар, 100 га, один центнер продукции. Урожайность брали на трех уровнях: верхнем (урожайный год), среднем и нижнем (неурожай). Алгоритм расчета и технологические карты приведены в приложениях. Расчетные формулы приведены ниже.

10.2.2. Амортизационные отчисления определили по формуле /253/

$$З_а = Б*На/(100*Тгод*Wч), \ руб/га, \ руб/Ц \quad \textbf{(10.12)}$$

$$З_а = Б*На\ Аг/(100*Тгод*Wч), \ руб \quad \textbf{(10.13)}$$

где $Б$ – балансовая стоимость машины;

$м_1$ – коэффициент перевода рыночной стоимости в балансовую;

$Н_а$ – норма амортизационных отчислений по Постановлению Совета Министров № 1072;

$Т_{год}$ – годовая нормативная загрузка машины /253/;

$W_ч$ – часовая производительность МТА ;

$К$ – количество всего МТП (по технологической карте);

$А_г$ – годовой объем работ /253/.

Балансовая стоимость определена по формуле /253/

$$Б = Ц*(1 + НДС)*100^{-1}\ (1 + Н_{нац})100^{-1} + З_{СМ} + З_{ТР} \quad \textbf{(10.14)}$$

где $Ц$ - цена производителя, определенная по счет-фактуре или прайс-листу;

$Н_{ДС}$ – налог на добавленную стоимость, $Н_{ДС}$ = 20 %;

$Н_{НАЦ}$ - снабженческо-сбытовая наценка в 25 %;

$З_{СМ}$ – затраты на строительно-монтажные и пусконаладочные работы в руб;

$З_{ТР}$ – затраты предприятия на доставку техники, руб, $З_{ТР} + З_{СМ}$ = 10 % для мобильной техники /254/.

Затраты на ремонт, ТО и хранение определили по формулам /253/

- на единицу работы

$$З_{ТО} = Б*Нто/(100*Тгод*Wч),\ Руб/га,\ руб/Ц; \quad (10.15)$$

- на операцию

$$Зто = Б*Нто\ Аг/(100*Тгод*Wч),\ руб; \quad (10.16)$$

- на полный объём работ или на МТП

$$Зто = Б*Нто\ К/100,\ руб \quad (10.17)$$

- на единицу работы

$$Зр = Б*Нр/(100*Тгод*Wч),\ Руб/га,\ руб/Ц; \quad (10.18)$$

- на операцию

$$Зр = Б*Нр\ Аг/(100*Тгод*Wч),\ руб; \quad (10.19)$$

- **н**а полный объём работ или на МТП

$$Зр = Б*Нр\ К/100,\ руб\ ; \quad (10.20)$$

- на единицу работы

$$Зх = Б*Нх/(100*Тгод*Wч),\ Руб/га,\ руб/Ц; \quad (10.21)$$

- на полный объём механизированных работ

$$Э_{ХР} = Н_{ХР}*К*А_Г/(Т_{ГОД}*W_Г),\ руб; \quad (10.22)$$

- по МТП

$$З_{ХР} = \sum Н_{ХР}*К,\ руб \quad (10.23)$$

где H_{TO}, $H_{P,}$ H_{XP} - соответственно отчисления на ремонт, техническое обслуживание и хранение /254/.

Норматив на хранение определили по формуле

$$H_{XP} = S*K_{XP}*H^{A}_{XP}*100^{-1} \quad \textbf{(10.24)}$$

где S – площадь, занимаемая одной машиной, м^2

K_{XP} - удельная стоимость 1 м^2 машинного места, руб, /254/;

H^{A}_{XP} – удельный норматив, руб /254/.

Фонд оплаты труда $З_O$ определили из соотношения

$$З_O = C_{TAP}*K_{CЛ}*(1 + K_{ДОП})*Л/W_Ч, \ {}^{руб}/_{ц}, {}^{руб}/_{Га}, \quad \textbf{(10.25)}$$

где C_{TAP} – тарифная ставка по ЕТС для соответствующего разряда в руб/ч;

$K_{CЛ}$ - коэффициент сложности работ, на основании которого начисляются доплаты за условия труда;

$K_{ДОП}$ - размер дополнительной оплаты труда за результаты, коэффициент к C_{TAP};

$Л$ – численность обслуживающего персонала, чел.

Затраты на вспомогательные материалы определили по формуле

$$З_B = H_B*Ц_B, \ руб; \quad \textbf{(10.26)}$$

где H_B – удельный расход материала, руб,/.ц, руб/га /254/;

$Ц_B$ – цена единицы расходуемого материала, руб/ц, руб/шт ;

Суммы отчислений во внебюджетные фонды, а также основные налоги определяются в процентах от фонда оплаты труда в следующих размерах (табл. 10.3). Налогооблагаемая база: для внебюджетных фондов и нужд милиции, образования, транспортного налога – все выплаты работникам, для налогов на имущество– остаточная стоимость имущества.

Сумму налогов определили по выражению

$$H_O = H_{ГТ} + H_{ГТ} + H_Э + H_Т, \quad \textbf{(10.27)}$$

где $H_{ГТ}$, $H_{ГТ}$, $H_Э$, $H_Э$ – соответственно сборы инспекции Гостехнадзора, налогов на имущество, экологию, транспорт.

Сумма каждого налога определена в соответствие с действующим законодательством и инструкциями МНС.

Таблица 10.3

Отчисления во внебюджетные фонды, ставки сборов
за экологию и другие

Наименование фонда или сбора	Ставка, %
Внебюджетные фонды: пенсионный (льготная ставка для сельхозтоваропроизводителей)	20,6
социального страхования	5,4
медицинского страхования	3,6
содействия занятости	1,5
содержания жилфонда	1,5
на нужды милиции и образования	0,3
на имущество (имеется льгота)	2
транспортный налог	1

10.3. Результаты расчета экономической эффективности

10.3.1. Результаты расчетов экономической эффективности сведены в таблицы. Таблица 10.4 содержит экономические результаты производственной апробации комплексной системы управления технологическими процессами в наиболее напряженный период полевых работ; таблица 9.5 – результаты определения эксплуатационных затрат по утвержденной Минсельхозпродом методике /253/.

Оценка результатов исследований и моделирования ТЭО проведена также в соответствии с утвержденной методикой /253/.

Прежде всего, была рассчитана экономия эксплуатационных затрат и степень их снижения как отношение экономии к базовому значению, выраженное в процентах.

Сравнительная экономическая эффективность по снижению расхода ГСМ, затрат труда и других составляющих ущерба от простоев техники определена как разность данных значений по сравниваемым вариантам. При дис-

контировании использовали коэффициент приведения (10.12) и обоснованную норму дисконта.

Сумма получаемой прибыли определена по формуле /253/

$$Пч = Ц - С - Кр, \text{ руб}, \qquad \textbf{(10.28)}$$

где $П_ч$ – чистая прибыль, руб;

$Ц$ – стоимость (выручка) реализованной конечной продукции (работ, услуг), руб;

$С$ – полная себестоимость реализованной продукции, руб;

$К_р$ – сумма ежегодно возвращаемых средств, равна нулю, так как капитал акционерный, и на время внедрения выплата дивидендов не предусмотрена.

Общая величина прибыли получена путем дисконтирования с использованием выражений (10.2-10.5), (10.7-10.8) по специальной программе на ЭВМ.

Расчет дополнительных показателей выполнен по следующим зависимостям /253/

- срок окупаемости инвестиций

$$T_О = {}^{Кэ}/_{Э}, \qquad \textbf{(10.29)}$$

- срок окупаемости дополнительных капиталовложений

$$T_Д = {}^{DКо}/_{DПв}, \qquad \textbf{(10.30)}$$

- производительность труда

$$П_Р = {}^{В}/_{Кр} \qquad \textbf{(10.31)}$$

- рост производительности труда как отношение затрат в базовом и новом вариантах, исчисленное в процентах
- энергетическая эффективность

$$R = {}^{Enp}/_{Е_Э} \qquad \textbf{(10.32)}$$

где $К_О$ – инвестиции, руб;

$Э$ – экономическая эффективность инвестиций, руб;

$DК_О$ - прирост годовой валовой продукции, руб;

$К_Р$ – численность среднесписочных работников, руб;

$Е_{ПР}$ – количество произведенной энергии, МДж;

$E_Э$ – количество затраченной энергии, МДж.

10.3.2. Результаты расчетов экономической эффективности разработки был выполнен методом наложения на базовое СХП, сравнивались базовый вариант и вариант, предложенный работе. Приняты затраты по изменяемым статьям себестоимости ЭМТП.

Таблица 10.3

Расчет эксплуатационных затрат, в тыс. руб.

Статьи затрат	Обозначение	Базовый вариант тыс. руб.	Новый вариант тыс. руб.
1	2	3	4
Амортизационные отчисления	$З_а$	116,00	104,00
Техническое обслуживание, ремонт, хранение	$З_{то}$	163,20	146,90
Топливо и энергия, всего	$З_т$	26,33	26,33
Оплата труда с начислениями	$З_в$	26,02	23,47
В том числе доплата за условия труда	$З_{ут}$	19,85	17,90
Платежи в фонд занятости	$З_{офзн}$	0,30	0,27
Отчисления на соцстрахование	$З_{оссс}$	1,07	0,97
Отчисления в ФОМС	$З_{офмс}$	0,71	0,64
Отчисления в ПФР	$З_{опфр}$	4,09	3,69
Налогообложение	$З_н$	С.-х. производство имеет льготу	
Итого затрат	$З_{итог}$	331,55	300,7

Анализ результатов расчета показал, что годовая экономия эксплуатационных затрат составит 39,11 тыс.руб в расчете на 1 млн.руб. ДПФ (3,9 %), эксплуатационные затраты снижаются на 9,32 %; затраты труда – на 9,80 % (табл.10.3).

Наложили результаты расчета на фермерское хозяйство растениеводческого направления Южного Федерального округа. В этом случае годовая экономия составит, с учетом дисконта α, 12,1 тыс.руб. Наложили результаты расчета на АОЗТ Кирова Зерноградского района Ростовской области (см.форма АПК). Эксплуатационные затраты составили 5553, а экономия составит 517 тыс.руб.: В расчете на 1 га $\frac{517}{10723} = 0{,}048$ тыс.руб., с учетом дисконта 0,23

тыс.руб./га, или $\frac{0,23}{2,33} = 0,1$ тыс.руб./т. Всего 2330 тыс.руб. в расчете на валовый сбор зерна в физической массе после доработки.

Производственная апробация была выполнена производственная апробация результатов исследования на примере эксплуатации МТП в уборочный период. В это время происходит уборочно-транспортный и заготовительный процесс - УТЗП. Апробация выполнена по плану НИР ВНИПТИМЭСХ отделом хлебоуборки с участием соискателя.

Разработка плана адсорбции и его реализация осуществлялась с использованием сист5емы математических моделей и ЭВМ (см.рис.8.1).

Моделирование всей системы ЭТМЛ было сведено к разработке моделей планирования отдельных элементов и управления: в системе особое место занимало решение вопросов формирования технологических подсистем и комплексов.

Рассмотрим апробацию на примере УТЗП.

Реализация моделей для УТЗП обеспечивалась организационной структурой управления, включая в себя, помимо отмеченной системы моделей и соответствующих программ для ЭВМ, организационные подразделения (группа анализа и внедрения), финансируемая ВНИПТИМЭСХ по программе ГКНТ.

Методика исследования эффективности предусматривала внедрение системы и анализ результатов его работы.

Проведение уборки регламентировалось «Проектами системы УТЗП», которые разрабатывались в ВНИПТИМЭСХ с участием соискателя.

В последнем были изложены технологические, организационные, технические требования к системе, а также мероприятия по ее эффективному внедрению, которые включали:

- ♦ сбор исходных данных, утверждение инициативной группы по внедрению системы в составе представителей ВНИПТИМЭСХ и райсельхозуправление доведения содержания проекта дог работников СХП;
- ♦ обсуждение отдельных элементов систем в СХП и ПП, участвующих в УТЗП;
- ♦ создание и доработку всех подсистем, предусмотренных проектом, хронометражное наблюдение за УТЗП, исследования и апробацию в производственных условиях комплексной системы организации УТЗП.

Апробация и исследования по структуре подсистем УТЗП включали в себя внедрение рекомендованных подсистем и элементов, уяснение результатов внедрения и построения реальной структуры, выявление эффективности системы.

Управление УТЗП, как показали наблюдения, включает в себя операции сбора информации, проверки ее на достоверность, выявление проблем управления и оценку их приоритета, расчет эффективности вариантов управленческих решений, подготовку распоряжений (приказов) и контроль за их выполнением. С целью повышения эффективности управления расчеты велись на установленной на ХПП ЭВМ.

Технико-экономический анализ результатов внедрения системы организации УТЗП района был проведен на основании фактических отчетных данных на примере Егорлыкского района с учетом следующего:

♦ затраты, осуществленные на возделывании зерновых культур на этапах, предшествующих УТЗП, исключались из общей суммы затрат на производство;

♦ эффект определяли как прирост выручки от реализации зерновых культур с учетом изменения затрат на основную и реализованную продукцию.

Преимущество управления системой уборочных, транспортных и заготовительных работ в районе, в первую очередь, выразилось в сокращении сроков проведения уборки. Так, Егорлыкский район начал уборку 9 июля. К этому числу в Ремонтненском районе было свалено 22,4 % всей уборочной площади, в Песчанокопском – 27 %, а в Заветинском – 18,2 %. Однако на 1 августа Егорлыский район обмолотил столько же, сколько и лидер в хлебоуборке к этому времени – Заветинский район (89 %), а в последующие дни вышел на первое место в области по убранной площади. Средний темп уборки в погожие дни достигал 15-17 % от общей уборочной площади.

Сокращение срока уборки в последующие годы внедрения по сравнению с ее средней продолжительностью в предыдущие годы обеспечило повышение качества зерна, увеличило долю сильных и ценных сортов пшениц в сданной государству продукции, что отразилось на увеличении выручки хозяйств, полученной от реализации зерновых культур. Увеличились заготовки семенного зерна на 17992 т, пшеницы сильных сортов – на 9678 т и ценных – на 1040 т. В текущих ценах прибавка составила

$$(3{,}6 \text{ руб./т} - 1{,}9 \text{ руб./т}) \cdot 17992 = 30586$$

$$(4{,}5\text{-}1{,}9) \cdot 17992 + (3{,}2\text{-}1{,}9) \cdot 9678 + (3{,}6\text{-}1{,}9) \cdot 1040 = 61 \text{ млн.}128 \text{ тыс.руб.}$$

Таблица 10.4

Исходные данные для расчета эксплуатационных затрат на уборку в Егорлыкском районе Ростовской области

Показатели	Годы внедрения				
	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
Урожайность, ц/га	20,8	20,6	20,8	32,9	23,7
Среднедневная выработка на 1 комбайн, га	12.1	11,8	13,5	14,6	13,95
Фактическая сезонная загрузка 1 комбайна, ч	110	119	104	96	100
Расход топлива, кг/га					
СК-6	11,5	11,6	11,3	10,9	11,4
СК-5	9,8	10,0	9,3	8,9	9,0
Амортизационные отчисления на реновацию, руб./ч					
СК-6	6,99	6,46	7,40	8,01	7,69
Ск-5	6,49	5,97	6,83	7,40	7,10
Затраты на капитальный и текущий ремонты, техническое обслуживание, руб./ч					
СК-6	6,48	5,99	6,36	7,43	7,13
СК-5	5,99	5,54	6,34	6,86	6,59
Затраты труда комбайнера по У1 разряду для первой группы районов на уровне урожая зерновых культур составляет 1,95 руб./ч					
Затраты на топливо-смазочные материалы, руб./ч					
СК-6	0,86	0,85	0,94	0,99	0,96
СК-5	0,74	0,73	0,78	0,81	0,78
Затраты на хранение – в соответствии с нормативами трудоемкости подготовки к хранению, обслуживания в период хранения и снятия с хранения – 0,13 руб./т					
Состав комбайнового парка района, шт.	367	369	370	371	372
в том числе СК-6	169	170	171	172	173
СК-5	198	199	199	199	199

Таблица 10.5

Результаты расчета эксплуатационных затрат на уборку*

Показатели	Годы				
	1981	1982	1983	1984	1985
1	2	3	4	5	6
Эксплуатационные затраты на 1 т намолота, руб.					
СК-6	9,12	8,85	8,61	5,63	7,53
СК-5	7,33	8,07	7,99	4,99	7,00
Эксплуатационные затраты на работу комбайна, руб./ч					
СК-6	16,41	15,38	17,28	19,32	17,79
СК-5	13,18	14,02	16,03	17,05	16,55
Эксплуатационные затраты на 1 т намолота в среднем на комбайн, руб.	8,14	8,41	8,27	5,25	7,24

Данные расчета свидетельствуют о существенном снижении затрат на эксплуатацию зерноуборочных комбайнов в период внедрения системы. В четвертый год эксплуатационные затраты снизились на 90,6 руб. (36 %) в сравнении с предыдущими годами, с учетом сбора зерна потенциальная экономия эксплуатационных затрат составляла более 16200 тыс.руб., - фактически получено 9069 тыс.руб. в текущих ценах 2000 г. Не реализованы значительные резервы системы УТЗП из-за недостаточно полного выполнения руководством СХП рекомендаций ВНИПТИМЭСХ.

Эффективность исследования системы в производственных условиях (табл.9.6) показывает, что сроки проведения уборки сокращены с 20-25 до 10-12 рабочих дней и сократилась потребность в механизаторах.

В последние годы количество комбайнов, занятых на уборке, сократилось на 13 машин марки СК-5 и СК-6 общей стоимостью (в ценах 1982 г.) 170 тыс.руб., в ценах 1991 г. Среднедневная выработка зерноуборочных комбайнов возросла с 11,8 до 14,6 га, а жаток – на 14,5 % и достигала 32.2 га в сутки. Требуемый парк сократился на 10,1 %, следовательно, на 1/10 нужно меньше ОПФ.

Последовательно возросла по годам внедрения эффективность системы, определенная по фактическим отчетным данным РАПО. В 1982 г. она составила 169,2 (2,7 руб./га), а в 1984 г. – 302,3 тыс.руб. (5,5 руб./га) без учета эффекта от уменьшения численности участвовавших в УТЗП механизаторов в зерноубо-

* В сопоставимых ценах 1991 г.

рочных комбайнов, поскольку неиспользованная техника оставалась на балансе хозяйств (в ценах 1991 г.).

Как показали расчеты, эффективность внедрения системы не исчерпана. Расчетный фактический народнохозяйственный эффект может составить $ 540,0 тыс. в расчете на район с уборочной площадью в 50,0 тыс.га. Эффект достигается за счет снижения эксплуатационных затрат на одну тонну намолота в среднем на зерноуборочный комбайн на $ 3,2. Фактически производительность уборочной техники увеличена в среднем в 1,35 раза, сокращена численность комбайнеров и водителей автомашин. Увеличено производство сильных пшениц от нуля до 9678 т, а ценных – от 6950 до 7890 т. Эффект на 1 га посевных площадей – 292 руб. в текущих ценах.

10.3 Выводы

10.3.1. Инфляция и риск могут быть приняты в среднем за год, что упрощает расчеты и приемлемо для растениеводства, имеющего менее одного (за счет паров и незасеянных площадей) оборот капитала в год. Для инвестиций можно использовать альтернативные рыночные средства, нераспределенную на дивиденды прибыль, безналичные статьи, долгосрочную задолженность, акционерный капитал. При отсутствии риска нет разницы между стоимостью кредита и акции, однако в условиях неопределенности экономики России акционерный капитал дешевле.

10.3.2. Внедрение разработок позволяет сократить простои техники по техническим и организационным причинам в 1/15 - 1/120 раза, эффективность дополнительных капиталовложений - 0.5 руб/руб; фондоотдача МТП возрастает на 8-10%., сокращается фондоёмкость на 8-10% за счет замены части техники информационной технологией, уменьшающей энтропию системы. Годовая экономия составляет 39,11 тыс. руб. в расчете на 1 млн. руб. основных производственных фондов растениеводства. Эксплуатационные затраты снижаются на 9.32%, затраты труда – на 9.8%. Удельные эксплуатационные затраты – 48 руб/га, с учетом дисконта 0,1 руб/т; срок окупаемости для СХП – 0,5 лет, для К(Ф)Х - 1,2 года. Выходом предлагаемой системы является качественно новый уровень машиноиспользования, решение ранее не решаемых задач; повышение оперативности решения вопросов; способствует развитию инфраструктуры. Разработка устойчива по отношению к формам собственности и способствует развитию инфраструктуры.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Теория обоснования ЭМТП в новых условиях развивается недостаточно, несмотря на то, что сельскохозяйственные товаропроизводители нуждаются в конкурентоспособной, эффективной и надежной системе инженерно-технического обеспечения, учитывающей новые альтернативы. МТП в настоящее время на 90 % изношен, что снижает уровень продовольственной безопасности страны. Задача производства в достаточной степени надежной техники не решена: коэффициент готовности техники имеет значения от 0,51 до 0,90, что ниже нормативного, тенденции повышения качества и надежности техники отсутствует. Стоимость и эксплуатация зарубежных машин значительно дороже при отсутствии системы технического сервиса. Уменьшение МТП и его эксплуатационной надежности привели к пропорциональному сокращению обрабатываемых площадей в пять раз. Альтернативный путь - компенсация конструктивных недостатков техники путем внедрения в систему ее использования соответствующих структур: подсистем управления эффективностью и надежностью процесса машиноиспользования на основе системного анализа. Он позволяет создать надежные систем ЭМТП из машин недостаточной надежности.

2. За рубежом вопросы эксплуатационной надежности решают дилеры, фирмы-производители техники, фермерские партнерств (кооперативы), так как у фермеров США и Европы инженерно-технических объектов в собственности нет. Инженерная инфраструктура России и зарубежных стран несопоставимы, поэтому необходимы и другие методы ЭМПТ, чем на Западе. Может быть весьма полезным опыт эффективного применения информационных технологий и математического моделирования при ЭМТП (системного анализа).

3. Эффективность применения системного анализа в сфере ЭМТП может быть основана на необходимых и достаточных предпосылках: управление эффективностью ЭМТП как сложной технологической системы является информационным процессом, влияющим на энтропию, обратно пропорциональную логарифму вероятности состояний системы, причем наиболее вероятным является состояние отказа системы, а наименее вероятным – отсутствие отказов, которому соответствует минимальная энтропия; на основании следствия теоремы Мура-Шеннона теоретически возможно создание надежных систем ЭМТП из машин недостаточной надежности; так как процесс перехода системы из одного состояния в другое происходит под действием причинно-следственных связей, ЭМТП можно рассматривать как марковскую цепь; в настоящее время при снижении эксплуатационной надежности МТП закономерно усиливается значимость инженерно-технического обеспечения его использования, ремонтов и ТО; априорная информация и опыт моделирования технических систем предопределяют Байесовский подход к проблеме ЭМТП; введение обратной информационной связи обеспечивает повышение устойчивости структуры и функций ЭМТП за счет учета изменений выходных параметров и возмущений внешней среды, которые носят стохастический характер. Системы ЭМТП: со-

стоят из множества вероятностных элементов; характеризуются многофазовостью, обменом с окружающей средой массой и энергии, - цель функционирования достигается в вероятностном смысле, - поэтому рассмотрены как энергоэнтропийные системы.. Выявлена закономерность процессов поддержания уровня энтропии системы и подсистем ЭМТП в заданных пределах, заданная циклами ЭМТП и связанная с годностью конструктивных и неконструктивных элементов, что определяет сложный характер функционирования системы ЭМТП.

4. Сложный характер функционирования системы машиноиспользования обуславливает системный подход к ней как к технологической системе, имеющей функциональные, параметрические и др. отказы и управляемой системными методами. Идентифицировав входные, управляющие, возмущающие и выходные параметры; классифицировав возмущающие параметры на технические, технологические и погодные; рассмотрев с позиций теории надежности модели системы ЭМТП, предложили управлять эффективностью и надежностью ЭМТП методами информационного регулирования переходов системы из более вероятного состояния (отказа) в менее вероятное состояние (эффективной работы) на основе математического моделирования. С этой целью предлагается использовать изоморфные реальному процессу математические модели, разработанные на основе декомпозиции системы.

5. Декомпозиция системы выполнена путем выделения подсистем и производственных элементов, объединенные целевой функцией, которая включала издержки производственной и технической эксплуатации, рассчитанные по функциям надежности и зависящие от вероятностей функциональных и параметрических отказов. Рассмотрев векторы входных $\bar{X}$, управляющих $\bar{\Gamma}$, конструктивных $\bar{B}$ параметров; движение системы ЭМТП как случайный процесс $Z(t, \omega)$ в n-мерном пространстве состояний операторы H и G переходы и выходов, пришли к выводу о том, что исследование режимов работы системы должно быть выполнено на модели, основанной на представлении процесса функционирования в виде абстрактного математического объекта – агрегата, причем в агрегате происходит обслуживание транкзакта. Операторы H и G основаны на моделях надежности ЭМТП. Установленный факт равенства математических ожиданий взаимно независимых потоков отказов X_n МТА математическому ожиданию их суммы относительно идентичности видов распределения потоков отказов для различных сельхозмашин (плотность распределения сумм X_n записывается в виде свертки функций $F(x) \ldots Fij(x)$, которые имеют преобразование Лапласа) позволил использовать дополнительно для формирования потоков отказов МТП данные МИС об отказах машин и МТА. В результате вероятности функционального и параметрического отказов систем ЭМТП определяются методами теории надежности, причем среднее время безотказной работы определяется интегральной функции вероятностей состояний, а коэффициент готовности - вероятностью нахождения системы в работоспособном состоянии, используя точечные характеристики входящего потока.

6. Выявленное опытным путем свойство эргодичности входящего потока и использование принципа «гарантированного результата» позволяют с достаточной вероятностью описывать отдельные элементы и подсистемы системы ЭМТП, классифицированные по Кендаллу методами теории марковских процессов, а установленная идентичность обслуживания транкзактов во многофазовой системе явлению образования межоперационных или межфазных заделов (запасов) - обобщить процессы технической и производственной эксплуатации МТП и распространить методы системного анализа на область ЭМТП, разработав математические модели и алгоритмы: эксплуатации МТП СХП в напряженный период полевых работ (на основе системы моделирования дискретных систем GPSS Мичиганского университета; она описывает ЭМТП как СеМО, имеющую соответствующие технологическим операциям фазы, между которыми по определенным технологией правилам циркулируют транкзакты, образуя входящие и выходящие потоки, а сама модель состоит из агрегатов, соответствующих технологическим операциям), эксплуатации комплекса машин по характерным периодам полевых работ (ресурсная модель на основе *R*-сети: для целей моделирования на основе *R*-сети ресурсы классифицированы как технические, технологические, положительные, отрицательные и др.), частные модели замкнутых и разомкнутых процессов обслуживания (статистические и аналитические модели разработаны методом вложенной марковской цепи и на основе *K*-сети). Для формирования информационного обеспечения моделей выполнены экспериментальные исследования.

7. В результате экспериментальных исследований установлены закономерности и точечные характеристики:

♦ описывающие потоки требований на ремонтно-обслуживающие операции, их адекватность по критериям согласия установлена;

♦ описывающие материальные потоки в многофазовой системе обслуживания транкзактов (модель технико-технологического комплекса в период уборки зерновых колосовых культур, модель послеуборочной обработки зерна).

На основании анализа опытных данных, объем массивов которых определён по уравнению и неравенству Чебышева при уровне значимости 0,1 и вероятности 0,90, установлено следующее:

♦ доверительная вероятность исследований составляет 0,90-0,95 при погрешности не более 10 %; достоверность также подтверждена анализом по критериям Стьюдента, Пирсона χ^2, Фишера, Колмогорова и др. при обработке данных на ЭВМ по американским «SAS» и «SAP» и др.;

♦ потоки требований на ремонтно-техническое обслуживание и другие потоки системы эксплуатации описываются законами Пуассона и Вейбулла с вероятностью соответствия (0,30 ... 0,94), а механизм их обслуживания является экспоненциальным;

♦ материальные потоки требований производственной эксплуатации описываются законами Гаусса, Вейбулла, Пуассона, экспоненциальным, причем не менее 30 % потоков из исследованных идентифицируются законом Гаусса;

♦ эргодичность процессов, отсутствие последействия, ординарность и стационарность входящих процессов подтверждена экспериментально;

♦ достоверность исследований, адекватность полученных результатов, репрезентативность выборок установлена методами теории вероятностей: нижний уровень погрешности исследований – 10 % при доверительной вероятности 0,90, согласованность теоретических и экспериментальных данных определялась критериями Пирсона > 0,50, Колмогорова > 0,60;

♦ вероятность согласия подобранных характеристик входящего потока и механизма обслуживания системы ЭМТП с аппроксимирующими законами находилась в пределах $P(\chi^2)$ = 0,3-0,90, $P(L)$ = 0,4-0,5;

♦ распределение времени передачи сообщения о появлении требования и скорости доставки подчинялись нормальному закону, распределение времени переездов – закону Вейбулла, а механизм обслуживания – экспоненциальному закону.

Выявленные закономерности использованы при моделировании.

8. Устойчивость результатов моделирования возрастает при увеличении количества реализаций модели на ЭВМ, а при их количестве свыше 120 становится пригодным для инженерных расчетов: уровень значимости 0,01 при доверительной вероятности 0,95, в наших опытах число реализаций превышало значение 200, поэтому достоверность по указанному признаку обеспечена. Моделируемые данные адекватны реальным с доверительной вероятностью 0,9 при погрешности не более 10 % в том числе: относительная ошибка рассчитанных выходных показателей системы составила: по моделям статистического моделирования - 7 %; по алгоритму *R*-сети находится в пределах ошибки информационного обеспечения моделей (δ = 8 %); коэффициенты готовности, полученные при машинном эксперименте и производственном опыте, составили соответственно 0,65 и 0,69; 0,70 и 0,73; 0,68 и 0,72: абсолютная ошибка составила 0,04; 0,03 и 0,04; относительная – 5,8 %; 4,2 % и 5,6 % (анализ результатов моделирования, проведенный на примере обслуживания группы кормоуборочных машин). При проверке алгоритма GPSS на адекватность установлено соответствие модели оригиналу с доверительной вероятностью 0,95 при погрешности не более 10. Следовательно, разработанные модели адекватно описывают процессы ЭМТП.

9. В результате исследований на адекватных моделях и производственными экспериментами установлены позволяющие управлять ЭМТП зависимости:

♦ между структурой исследуемых систем и показателями их надежности и эффективности;

♦ между режимами работы, механизмом функционирования и эффективностью;

♦ рациональное распределение ресурсов для ремонтов, ТО и резервирования;

♦ общие закономерности функционирования технологических систем машиноиспользования.

К примеру: при P_β = 0,95 получили следующие рациональные соотношения основных (γ_1) и обслуживающих (γ_2) машин при потоке заявок с характеристикой μ = 3,5 и обслуживании с λ= 2,1 кормодобывающего отряда для расстояния плеча переезда 5 км; γ_1; γ_2 = 2:4; 4:7; 6:10; 8:12; 10:11. Использование описанной техники в соответствии с пропорцией 6:10 и выбранного метода ТО позволило заготовить и подвести к местам зимовки скота за восемь рабочих дней 1600 т сена, что было выше средних данных по Пролетарскому району в два раза. Среднечасовая выработка агрегата на прессовании составила 4,60 т. По данным лабораторных исследований, все заготовленное сено отвечало первому классу; содержание каротина колебалось в пределах 80-120 мг/кг, то есть оно было в 2,5-4 раза выше требуемого ГОСТ 4808-75. Рассчитав вероятность безотказной работы пресс-подборщика $0{,}95 \le P_1 \le 0{,}98$ и тракторов $0{,}90 \le P_2 \le 0{,}95$, установили что для кормоуборки метод ТО "постоянное дежурство" мало приемлем: рекомендуется метод ТО во время пересмены. Простои машинно-тракторных агрегатов из-за ожидания транспорта не превышали 5,5 %, теоретическое значение – 5 %, погрешность расчетов Δ = 0,5 %. Суммарные простои тракторов по техническим причинам составили 8 часов, или 1,7 %. Используя статистическую модель на алгоритме K-сети, оценили работу комплекса машин по показателям надежности: коэффициенту оперативной готовности и коэффициенту надежности: средняя наработка на отказ составила $t_{ср}$ = 226 часов, средняя продолжительность восстановления – 4 часа. Коэффициент оперативной готовности k объекта за 10-часовую смену составил $k_{огк}$ = 0,95; коэффициент готовности объекта $K_{ог}$ = 0,70; коэффициент готовности отряда как системы $K_г$ =0,90.

10. Использование математических методов для планирования технической эксплуатации, планирования развития подсистемы ремонта на перспективу позволяет заменить от 1/5 до 2/5 инвестиций в развитие РОБ информацией, которая позволяет экономить ресурсы. С целью обоснования ресурсов ремонтно-обслуживающей базы холдинга СХП или МТС исследовали признаки, определяющие ее размещение и мощность, затем рассчитали коэффициенты эластичности для этих факторов по данным регрессионных моделей. Они составили соответственно для X_2 (расход ТСМ), X_3 (площадь пашни) и X_1 (потребная площадь для хранения) 1,0; 1,16: 0,10. Значения масштабного фактора в дальнейших итерациях были уточнены и составили 0,313; 0,302; 0,385. В результате многофакторного обоснования объекта-представителя на основе распознания образов при Евклидовой метрике (метод кластерного анализа) были получены следующие результаты. При разбиении исходных объектов на две группы число элементов в последних получилось равным, при делении на большее число групп – различным. Устойчивой является совокупность объектов (3, 23, 24, 22, 26, 19, 0, 10, 8, 9, 27), которая выделяется при различном количестве кластеров. Объекты 21, 15, 25 далеки от всех группировок. Наименьшая дисперсия средних значений наблюдается в последнем разбиении, на основе чего выделены

четыре объекта-представителя со значениями $M[X]$, $\sigma[X_1]$, $M[X_2]$, $\sigma[X_2]$, $\sigma[X_3]$, $\sigma[X_4]$. Значения других показателей объектов-представителей рассчитываются как средние значения групп.

11. Обобщение результатов выполнили поэтапно. Вначале изучили влияние случайных факторов на выходные характеристики технологического процесса, так как для сельскохозяйственных технологических систем механизации растениеводства значимо действие вероятностных факторов. Разница в оценках использования коэффициента использования при детерминированном и вероятностных подходах составляет от 15 до 200 % на отдельных операциях. Целесообразно применение экспоненциального распределения при неизвестном фактическом законе, погрешность характеристик системы при этом не превысит семи процентов. Затем установили, что вероятность реализации малого времени обслуживания наибольшая - у экспоненциального и наименьшая – у нормального законов. Вероятность реализации средних значений наибольшая у закон Гаусса. Равномерное распределение занимает промежуточное положение. По модели GPSS были получены следующие результаты: в случае согласования производительности операций по формуле регулярного входящего потока и обслуживания (то есть без случайностей), коэффициент использования средств механизации равен единице и очереди отсутствуют. При действии вероятностных факторов, которое имеет место в реальных системах, образуются очереди «транзактов» у различных «устройств» по причине стохастического механизма их работы, а также неравномерного (случайного) поступления транзактов. Одновременно наблюдается недоиспользование средств механизации. Наблюдается колебание коэффициента использования последних по операциям – «устройствам» модели. Наибольшая очередь – у узловых операций. Изменяется по операциям и коэффициент использования. Погрешность в нагрузке «устройств», рассчитанных по детерминированным методикам, в реальных условиях действия вероятностных факторов на четырех операциях машиноиспользования в напряженный период из 12 превышает 200 %, на шести – 50 %, на остальных 15 %.

12. Сравнивание результатов моделирования по различным законам распределения показало: они близки при нормальном и экспоненциальном и отличаются в среднем по процессу 3,47%.. Меньшее значение коэффициента использования соответствует большему значению средней длины очереди; большей абсолютной разнице перечисленных значений Среднее значение простоя средств механизации в очереди имеет минимум при равномерном, максимум при экспоненциальном законах распределения. На основании этого был сделан вывод о том, что при неизвестном законе распределения целесообразно использование экспоненциального распределения, хотя это и приведет к некоторому занижению эффективности системы при расчетах. В этом случае реализуется принцип гарантированного результата: характеристика технологической системы будет не хуже расчетной. Занижение эффективности составит – 6,94 ± 0,02 при замене нормального закона экспоненциальным. Если этот закон использо-

ван вместо равномерного, погрешность возрастет до –6,94 ± 0,070 в среднем. Доверительная вероятность расчетов равна 0,95 при погрешности 5,5 %.

13. Вид закона распределения входящих потоков влияет на надежность, в частности, на параметрические и функциональные отказы и их вероятность. В качестве режимов работы были исследованы: загрузка системы обслуживания, производительность по фазам; интенсивность обслуживания; наличие альтернатив (приводящее к потере заявок); замкнутость или разомкнутость системы, приоритеты очереди, ее наличие, отсутствие или ограничение по длине, вид резервирования, сроки замены машин. Анализ потребностей в запасных узлах, агрегатах, частях позволил установить следующую закономерность, наиболее эффективно наличие «ходовых» запчастей; с увеличением номенклатуры и норм неполнокомплектного резервирования отдача вложенных в запчасти средств снижается; также влияет и уровень неснижаемого запаса; 20 % номенклатуры запчастей в среднем позволяют устранить до 60 % отказов, связанных с заменами частей; остальные 80 % - оставшиеся 40 %.Аналогично положение и с обеспечением технологическим оборудованием: 5-7 его наиболее часто встречающихся видов позволяет устранить 75-80 % отказов, требующих применения данного вида оборудования. Данный вид закономерности имеет физический смысл, заключающийся в реализации закона редких событий в интенсивности и потоке заявок на запчасти и оборудование.

14. Устойчивость ЭМТП как свойство системы сохранять выходные параметры в заданных пределах повышается введением обратной отрицательной связи. Установлено, что с увеличением производительности и количества постов вероятность функционального отказа снижается, но возрастает вероятность параметрического отказа обслуживающей системы. Данное явление объясняется экспоненциальным распределением промежутков времени между поступлениями заявок и продолжительности их обслуживания. При менее жестком режиме работы (законы равномерной плотности, Гаусса, Релея) указанные вероятности отказов снижаются. С увеличением численности обслуживаемых машин в замкнутой системе, ростом параметра входящего потока, устойчивость процесса повышается. Это выражается в уменьшении дисперсии выходных параметров и объясняется действием закона больших чисел. Также установлено, что многопостовые системы более устойчивы, чем однопостовые. Устойчивость системы возрастает при увеличении численности МТП. Устойчивость снижается в начале процесса из-за переходных процессов.

15. Изучение на моделях загрузки постов показало, что по коэффициенту загрузки система неустойчива при незначительном количестве постов (10-20 % от возможного), так как изменение численности меньше, чем изменение коэффициента (применен критерий Ляпунова). Установили такие отрезки, на которых изменение численности постов на 1 % вызывает снижение загрузки постов ТО МТП на 2-5 %. Многопостовые системы обслуживания МТП, производственной эксплуатации по типу модели, устойчивее к изменению интенсивности (параметру λ входящего потока) по критериям безотказности и экономи-

ческой эффективности (суммарные простои постов обслуживания и обслуживаемых транкзактов меньше). С увеличением абсциссы (количество МТА, постов ремонта) и уменьшением λ снижается вероятность отказа. Объясняется действием закона больших чисел, а также таким свойством параметра λ, что он характеризует и математическое ожидание, и дисперсию. Устойчивость изменяется с изменением закона, описывающего поток транкзактов. Уменьшение λ пропорционально уменьшает дисперсию и повышает устойчивость. Снижение дисперсии возможно и при введении *ООС,* что было исследовано при производственной апробации. Изучение на моделях загрузки постов показало, что по коэффициенту загрузки система неустойчива при незначительном количестве постов (10-20 % от возможного), так как изменение численности меньше, чем изменение коэффициента (применен критерий Ляпунова). Имеются отрезки, на которых изменение численности постов на 1 % вызывает снижение загрузки МТП на 2-5 %.

16. Многопостовые системы обслуживания МТП более устойчивы к изменению интенсивности (параметру λ входящего потока) по критериям безотказности и экономической эффективности (суммарные простои постов обслуживания и обслуживаемых транкзактов меньше). С увеличением абсциссы (количество МТА, постов ремонта) и уменьшением λ снижается вероятность отказа. Устойчивость изменяется с изменением закона, описывающего поток транкзактов. Уменьшение λ пропорционально уменьшает дисперсию и повышает устойчивость системы. В данном критерии можно увидеть проявление нового следствия теоремы Маркова, а также свойство устойчивости частот при переменных условиях опыта, называемое теоремой Пуассона. Устойчивость параметров надежности и эффективности системы связано с его энтропией *H(x)*. С увеличением надежности как системы обслуживания, так и подсистемы управления, в том числе введением обратной отрицательной связи для процесса ЭМТП снижается энтропия.

17. Задача инженерно-технической службы состоит в структуризации системы, снижения уровня ее неопределенности путем воздействия на состояния системы системными методами, введением обратной информационной связи, которая, по расчетам, снижает вероятность отказа. Таким образом информационные технологии, применение математического моделирования на ЭВМ процессов машиноиспользования позволяет получить значимый материальный эффект. По данным расчетов, энтропия коррелируется с минимальными значениями критерия эффективности, так как оптимальные значения соответствуют минимальному рассеиванию энергии и рациональному использованию ресурсов МТП. Она изменяется в соответствии с вероятностями состояний системы, реализуемых посредством математического ожидания обслуживания, простаивающих постов. Когда вероятности простоя постов и МТА приближаются по значению друг к другу, суммарная энтропия двух систем (обслуживаемой и обслуживающей) энтропия возрастает. В точке экстремума энтропия системы с равновозможными состояниями равна логарифму числа состояний и имеет максимальное значение. В исследуемых случаях изучались несколько подсистем

ЭМТП, их суммарная энтропия в случае независимости подсистем, элементов равна аддитивной сумме на основании теоремы сложения энтропии. Энтропия объединенной системы производственной, технической эксплуатации и подсистемы управления, которые связаны между собой, равна энтропии одной из подсистем, суммированной с условной энтропией других подсистем.

18. В результате наблюдений за многоразовыми системами, моделировании работы сетей массового обслуживания (Се МО), реализации статистических моделей были подмечены два свойства системы данного типа:

♦ средняя длина очереди больше у узлов структуры системы, где сходится несколько потоков;

♦ средняя длина очереди связана с определенными номерами фаз и четными числами.

В результате исследования установлено следующее, что общими для всех систем данного типа являются следующие закономерности:

♦ устойчивость системы по отказам возрастает при увеличении числа участвующих в процессе машин;

♦ неравномерность загрузки обслуживающих постов наиболее резко снижается при увеличении их численности до 5...7; дальнейшее увеличение их численности менее эффективно;

♦ коэффициент загрузки постов, близкий к единице, возможен в случае строго определенного числа постов и неустойчив по этому параметру (1 % изменение численности постов вызывает 2-5 % изменение загрузки;

♦ многопостовые системы на 30 % более устойчивы к изменению потока требований; в целом системы более устойчивы к изменению требований, чем численности или производительности постов (фаз для многофазных систем);

♦ для работы групп машин преимущественно более высокие показатели имеют системы с четным числом обслуживаемых машин (диапазон от 2 до 8); для устранения 80 % отказов необходимо 4 наименования оборудования, а 90 % - 12; для устранения 80 % отказов необходимо 20 % от требуемой номенклатуры запчастей, а 90 % - 40 %.

♦ использованные математические модели мало чувствительны к виду входящего процесса; ошибка от замены эмпирического входящего процесса Пуассоновским не превышает 7 %;

♦ для процессов восстановления и технического обслуживания в СХП юга России характерны Пуассоновские входящие потоки и экспоненциальные механизмы обслуживания, тогда как производственная эксплуатация (потоки материалов, транспортных единиц, распределения производительностей технических средств, производственных условий) описываются распределениями Вейбулла, Гаусса и др.;

♦ многофазовые системы технологических процессов машиноиспользования в нестационарных режимах (начало работы) могут иметь место апериодические автоколебания, однако в стационарном режиме обладают признаками эргодичности;

♦ для многофазных систем характерно сгущение требований в узлах графовой модели процесса; возрастает количество следующих одно за другим требований и увеличиваются отдельные промежутки времени между образовавшимися группами.

♦ более устойчивы структуры многофазовых систем с большим числом параллельных фаз;

♦ наименее устойчивы многофазовые системы по производительностям фаз; несогласование в пределах 10 % приводит к возникновению очередей;

♦ определяющей является фаза со статистически меньшей производительностью, возле нее образуется межфазовый «задел»; регулирование межоперационных заделов с использованием математического моделирования позволяет значимо повысить эффективность системы.

♦ в случае если первая фаза является определяющей, последующие фазы работают с меньшим коэффициентом загрузки;

♦ в случае, когда фазы упорядочены по возрастанию производительности, устойчивость системы к функциональным отказам выше, чем в случае упорядочения по убыванию; во втором случае выше надежность по технологическим отказам.

♦ во всех случаях увеличения численности машин и фаз увеличивается устойчивость показателей надежности и эффективности (экономическая эффективность процесса изменяется по другим законам).

От 5 до 7 наименований технологического оборудования обеспечивают устранение от 75 до 90 % отказов.

19. В результате исследований и анализа передового опыта предложено за базу структур обеспечения надежности и эффективности принять такие элементы, как подсистема управления надежностью, «машинные парки» различных организационнно-правовых форм, многоуровневая система резервирования, подсистема контроля загрузки ремонтно-обслуживающих служб. Уменьшение влияния функциональных и технологических отказов в снижении производительности МТА достигается оптимизацией структуры эксплуатации МТА в характерные периоды полевых работ. Разработанная организация прошла производственную проверку в базовых СХП Ростовской области, в том числе при работе соискателя в отделе внедрения научных разработок института (1987 г.). Результаты внедрения показали, Практически от всех 22 базовых СХП института поступили заявки на внедрение данной разработки. Она была включена в Перечень работ МСХ, подлежащих первоочередному внедрению.

20. Внедрение разработок позволяет сократить простои техники по техническим и организационным причинам в 1/15 - 1/120 раза, эффективность дополнительных капиталовложений - 0.5 руб/руб; фондоотдача МТП возрастает на 8-10 %, сокращается фондоемкость на 8-10 % за счет замены части техники информационной технологией, уменьшающей энтропию системы. Годовая экономия составляет 39,11 тыс. руб. в расчете на 1 млн. руб. основных производственных фондов растениеводства. Эксплуатационные затраты

снижаются на 9,32 %, затраты труда – на 9,8 %. Удельные эксплуатационные затраты – 48 руб/га, с учетом дисконта 0,1 руб/т; срок окупаемости для СХП – 0,5 лет, для К(Ф)Х 1,2 года (рассчитан методом наложения). Выходом предлагаемой системы является качественно новый уровень машиноиспользования, решение ранее не решаемых задач; повышение оперативности решения вопросов; способствует развитию инфраструктуры. Разработка устойчива по отношению к формам собственности и способствует развитию инфраструктуры.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Автоматизация управления уборочно-транспортно-заготовительными работами / В.В. Гусев, М.В. Бутрименко, В.А. Мельцев, Э.В. Штанагай // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. “Теория и практика совершенствов. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ. - Ташкент, 1986. - С. 79-81

2. Агафонов Н.И., Курочкин В.Н. К обоснованию набора постов и базы мобильного технологического оборудования для ремонтно-обслуживающей группы // Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства: - Зерноград, 1978.- вып. 29. - С. 32-40

3. Аграрная реформа на Северном Кавказе: опыт, проблемы, перспективы / Шутьков А.А., Лысенко Е.С., Кузнецов В.В. и др. - Ростов-н/Д: Полиграф, 1994. - 136 с.

4. Аграрные преобразования: опыт и перспективы / выводы и предложения международной экономической конференции, г. Орел, 3-5 июля 1993 г. // Аграрные преобразования: опыт и перспективы: Материалы междунар. экон. конф. 3-5 июня 1993 г. - Орел, 1994. - С.198-206

5. Акофф Р. Искусство решения проблем. /Пер. с англ.- М.: Мир, 1982. - 224 с., ил.

6. Аксенов В. М., Пащенко Ф. Ф. Об адаптивной идентификации объектов в замкнутых системах // Автоматика и телемеханика.- 1980.- № 10. - С. 70-80.

7. Алексеев Г. М. Энергоэнтропика. - М.: Знание, 1983. - 192 с.

8. Алиев К.И. Методологические основы формирования МТП в Республике Азербайджан в условиях экономических реформ // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1999. - № 2-3. - С. 8-9

9. Алиев К.И. Машинно-технологические станции - веление времени // Механизация и электрификация сельского хозяйства,. -1999. - № 8. - С. 3

10. Алиев К.И.. Математическая модель выполнения технологических операций в условиях реформирования сельского хозяйства // Техника в сельском хозяйстве. - 1999. - № 3. - С. 11-13

11. Алферьев В.П. Ресурсное обеспечение сельского хозяйства // Техника и оборудование для села. - 1998. - №№ 11-12. - С. 39-41

12. Анализ эксплуатационной надежности с.-х. техники: Отчет о НИР / ВИМ; Науч. руков. д.т.н. проф. В.Н. Ткачев. - М., 1983. - 120 с.

13.Андреев П.П., Костин В.Д. Опыт реализации научно-технических разработок в АПК через технопарковые формирования // Инженерно-техническое обеспечение АПК. - 1995. - № 6. - С. 16-19

14.Анискин В.И. 70-летию ВИМа посвящается // Техника в сельском хозяйстве. – 1999. - №6. – С. 6-17

15.Анискин В.И., Елизаров В.П., Зюлин А.И. Механизация послеуборочной обработки зерна и подготовки зерна // Техника в сельском хозяйстве. – 1999. - № 6. – С.43-46

16. Анискин В.И., Ирха Е.П. Агротехнополис "Зерно Кубани" - центр комплексного освоения и развития системы высокоэффективных наукоемких производств сельскохозяйственной продукции // Инженерно-техническое обеспечение АПК. - 1995. - № 6. - с. 19-21

17. Аристов А. И., Борисенко Б. С. Применение теории массового обслуживания для решения практических задач надежности. - М.: Знание, 1983. - С.3-64.

18. Арнольд В. И. Теория катастроф. - М.: Наука, 1990. - 128 с.

19. Аронов Э.Л., Буклагин Д.С. Организация и ведение крестьянских дворов (хозяйств) в Китайской Народной Республике. - М.: Информагротех, 1995. - 48 с.

20. Артемьев Ю. Н. Основы надежности сельскохозяйственной техники. - М.: МИИСП, 1973. – 164 с.

21. Артур И. Блумфилд, Вильфред Этьер. Развитие теории международных экономических отношений. // Современная экономичесвая мысль . Под ред. В.С. Афаасьева и Р.М. Энтова. - М.: Прогресс, 1982. - С. 721-745.

22. Базаров Н. Резервы технической эксплуатации МТП // Агропромышленный комплекс Таджикистана.- 1988.- № 2.- С.35-36.

23. Байхельт Ф., Франкен П. Надежность и техническое обслуживание: Пер. с нем. М.Г. Коновалова / Под ред. И.А. Ушакова. - М.: Радио и связь, 1988. - 392 с.

24. Бакаев И.А., Ревенко В.Л. Опыт разработки и эксплуатации функциональных подсистем ГАСУ "Урожай" // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. "Теория и практика совершенствов. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ. - Ташкент, 1986. - С.17-18.

25. Банишевский В.Н., Руднева О.Л. Централизованное управление транспортно-производственными процессами в РАПО // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. "Теория и практика совершенствов. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ. - Ташкент, 1986. - С.85-87

26. Барлоу Р., Прошан Ф. Математическая теория надежности: Пер. с англ. проф. И.А. Ушакова / Под ред. академика Б.В. Гнеденко - М.: Советское радио, 1969. - 488 с.

27. Барлоу Р., Прошан Ф. Статистическая теория надежности и испытания на безотказность. - М.: Наука, 1984. - 234 с.

28. Барнагян В.С., Сергеева Л.М. Применение метода имитационного моделирования для оптимизации структуры уборочно-транспортных комплексов// Повышение эффективности уборочных работ. - Зерноград: 1983. - С. 68-73.

29. Басакер Р., Саати Т. Конечные графы и сети.- М.: Наука, 1974. – 366 с.

30. Баутин В.М., Аронов Э.Л. Организационно-экономические аспекты технического обслуживания фермерских хозяйств США.: Обзор. информ. - М.: ВНИИТЭИагропром, 1991. - 58 с.

31. Баутин В.М., Буклагин Д.С. Аналитико-информационное обеспечение инженерно-технической системы АПК // Техника и оборудование для села. - 1998. - №№ 11-12. - С.49-51

32. Баширов Р.М. Повышение эффективности работы машинно-тракторного парка // Техника в сельском хозяйстве. - 1998. - № 6. - С.19-20.

33. Беллман Р., Калаба Р. Динамическое программирование и современная теория управления: Пер. с англ. - М.: Наука, 1969. – 118 с.

34. Белухин В.П. Организационно-функциональная структура системы // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. “Теория и практика совершенств. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ”. - Ташкент, 1986. - С. 95-97

35. Белухин В.П. Основные направления развития функциональной части ГАСУ “Урожай” // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. “Теория и практика совершенств. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ”. - Ташкент, 1986. - С.47-49

36. Белянцев А.В. Поточно-цикловой метод ведения механизированных работ // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1988. - № 2. - С.34-36.

37. Бёме К., Шпаар Д. Из опыта аграрных преобразований в Восточной Германии // Аграрные преобразования: опыт и перспективы: Материалы междунар. экон. конф. 3-5 июня 1993 г. - Орел, 1994. - С.166-172.

38. Берг А.И. Кибернетика - наука об оптимальном управлении. - М.–Л.,: Энергия, 1964. – 64 с.

39. Бершицкий Ю.И. Оптимизация состава МТП с использованием целочисленного линейного программирования // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1999. - № 1. - С. 23-24.

40. Бескерский В.А., Попов Е.Л. Теория систем автоматического регулирования. - М.: Наука, 1975. – 767 с.

41. Бирман В.Ф. К анализу эффективности использования техники с позиций системного подхода // Инженерно-техническое обеспечение агропромышленного комплекса. - Зерноград, 1987. - С. 78-85.

42. Блынский Ю.Н., Лодыгин Ю.Ф. Автоматизация и оптимизация транспортного процесса на заготовке кормов с использованием имитационных моделей // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. “Теория и практика совершенств. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ”. - Ташкент, 1986. - С.32-34.

43. Боев В.Р. Экономический механизм аграрной реформы // Аграрные преобразования: опыт и перспективы: Материалы междунар. Экон. Конф. 3-5 июня 1993 г. - Орел, 1994. - С. 47-50

44. Большие системы: моделирование организационных механизмов / В.Н. Бурков, Б. Данев, А.К. Еналеев, В.В. Кондратьев, Т.Б. Нанева, А.В. Щепкин / Институт проблем управления. - М.: Наука, 1989.- 151 с.

45. Бородин Н.Ф., Кирилин Н.И. Основы автоматики и автоматизации производственных процессов. - М.: Колос, 1977. - 328 с.

46. Борозенец В.Н., Тарасов В.И. Прогнозирование потребности в запасных частях к дождевальным машинам // Механизация и электрификация сельского хозяйства. -1999. - № 8. - С. 22-25

47. Бортовые терминальные системы управления: Принципы построения и элементы теории / Б.Н. Петров, Ю.П. Портнов- Соколов, А.Я. Андриенко, В.П. Иванов. - М.: Машиностроение, 1983. – 200 с.

48. Борхунов Н., Назаренко А. Цены, инфляция, паритет // Экономика сельского хозяйства России. - 1998. - № 1. - С. 15.

49. Бродский В.З. и др. Таблицы планов экспериментов для факторных полиномиальных моделей: Справ. изд./ В.З Бродский и др.; Под ред. В.В. Налимова. - М.: Металлургия, 1982. - 751 с.

50. Бурков В.Н., Кондратьев В.В. Механизмы функционирования организационных систем. - М.: Наука, 1981. – 383 с.

51. Бурьянов А.И. Проблема транспортного обеспечения сельскохозяйственных предприятий различной формы собственности // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1999. - № 11. - С. 21-25.

52. Бурьянов А.И. Пути разработки системы процессов и технических средств для технологического транспорта в растениеводстве / Под ред. Акад. М.С. Рунчева. - Зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 1991. - 170 с.

53. Бусленко Н.П. Математическое моделирование производственных процессов на электронных вычислительных машинах. - М.: Наука, 1964. - 360 с.

54. Бусленко Н.П. Метод статистического моделирования.- М.: Статистика, 1970. – 112 с.

55. Бусленко Н.П., Калашников В.В., Коваленко И.Н. Лекции по теории сложных систем. - М.: Советское радио, 1973. - 440 с.

56. Валько А.А. Исследование процесса подготовки к хранению сложных с.-х. машин в условиях Северного Кавказа (на примере зерноуборочных комбайнов) / Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Целиноград, Алексеевка, 1973. – 16 с.

57. Вебер П.Л. Экономика научных исследований. - М.: Наука, 1981.

58. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. - М.: Наука, 1969. – 576 с.

59. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей. - М.: Наука, 1973. – 366 с.

60. Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. - М.: Советское радио, 1958. - 214 с.

61. Волков В.Н. Автоматизация в управлении. // Достижения науки и техники АПК. – 1987. - № 1 - С. 24-26.

62. Волков В.Н. Разработка, внедрение и перспективы развития ГАСУ “Урожай” // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. “Теория и практика совершенствов. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ”. - Ташкент, 1986. - С.14-15.

63. Волков В.Н., Мендерева С.И. Эвристический алгоритм оценки экономической эффективности ГАУ “Урожай” при внедрении новых технологий планирования и управления уборочно-транспортно-заготовительным процессом в территориальном разрезе // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. “Теория и практика совершенствов. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ”. - Ташкент, 1986. - С. 120-121.

64. Воронов А.А. Основы теории автоматического управления / Ч. 1 – М.-Л.: Энергия, 1966. – 372 с.

65. Гадасим В.А. Методы расчета структурной надежности сетей сложной конфигурации. - М.: Знание, 1984. – 102 с.

66. Гайдук Н.В. Маркетинговаяч деятельность на ремонтно-техническом предприятии // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1999. - № 2-3. - С. 2-6.

67. Гайдук Н.В. Регулирование производственно-коммерческой деятельности ремонтно-технических предприятий // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1999. - № 1. - С. 8-9.

68. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. - М.: Высшая школа, 1977. - 480 с.

69. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей. - 6-е изд. перераб. и дополн. - М.: Наука, 1988. - 446 с.

70. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. - М.: Наука, 1988. - 524 с.

71. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. - М.: Наука, 1987. – 366 с.

72. Гнеденко Б.В., Хинчин А.Я. Элементарное введение в теорию вероятностей. - М.: Наука, 1982. - 160 с.

73. Гношинский В.И. Теоретические основы инженерного прогнозирования. - М.: Наука, 1973. - 170 с.

74. Гончаров П.Л. Итоги работы научно-исследовательских учреждений Сибирского отделения РАСХН // Вестник РАСХН. - 1999. - № 1. - С. 7-9.

75. Горлов С. Аграрная сфера США: состояние и перспективы развития // АПК: экономика, управление. – 1999. - № 9. - С. 41-44.

76. ГОСТ 27.002.-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – Изд-во стандартов, 1990. – 34 с.

77. ГОСТ 27.004-85. Надежность в технике. Системы технологические. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 13 с.

78. Гражданский кодекс Р.С.Ф.С.Р. от 31 октября 1922 г.

79. Гражданский кодекс Российской Федерации от 12 августа 1996 г. № 110-ФЗ. Часть 2 // Собрание законодательства Российской Федерации. - 1996 г. - № 34. - Ст. 4025.

80. Гражданский кодекс Российской Федерации от 30 ноября 1994 г. № 51-ФЗ. Часть 1 // Сборник Кодексов Российской Федерации. - М.: Проспект, 1997. - С. 76-132.

81. Гражданский кодекс РСФСР от 11 июля 1964 г. // Свод законов РФ. – Т.2. – М., 1988. – С.3-115.

82. Гряздов С. Организационно-правовые формы сельскохозяйственных предприятий: оценки и перспективы // АПК: экономика, управления. - 1999. - № 9. - С. 45-51.

83. Гуд Г.Х., Маккол Р.Э. Системотехника. - М.: Советское радио, 1962. – 383 с.

84. Гущин В.А. Планирование технического обслуживания МТП в колхозах и совхозах // Проблемы эффективного использования, технического обслуживания, ремонта и хранения сельскохозяйственной техники. - М., 1984. - Ч.1. - С. 34-35

85. Гущин В.А., Почечуев М.Г. Прогрессивный метод снижения простоев сельскохозяйственной техники // Проблемы эффективного использования, технического обслуживания, ремонта и хранения сельскохозяйственной техники. - М., 1984. - Ч.1. - С. 47-49.

86. Давидович И. Аграрная реформа в Румынии // Экономика сельского хозяйства России. – 1998. - № 2 – С.37.

87. Денисов А.А., Колесников Д.Н. Теория больших систем управления. - Л.: Энергоиздат, 1982. - 288 с.

88. Детков В.К., Северцев Н.А. Основные вопросы эксплуатации сложных систем. - М.: Высшая школа, 1976. - 405 с.

89. Дисперсионный анализ и синтез планов на ЭВМ // АН СССР, Научный совет по комплексной программе “Кибернетика” // Е.В. Маркова , В.И. Денисов, И.А. Полетаева, В.В. Пономарёв. - М.: Наука, 1982. - 195 с.

90. Дмитриев А.К., Мальцев П.А. Основы теории построения и контроля сложных систем. - Л.: Энергоатомиздат, 1988. - 192 с.

91. Долгачев Г.Г. Эксплуатационные возможности имитационных моделей прогнозирования регионального уборочно-транспортного процесса на примере зерновых культур и линии перевозки “поле-ток” // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. “Теория и практика совершенствов. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ”. - Ташкент, 1986. - С.16-117.

92. Драгайцев В.И. Использование машин в сельском хозяйстве стран Западной Европы и России // Инженерно-техническое обеспечение АПК. - 1996. - № 3. - С. 24-25.

93. Дубов А.М. Математико-статистическая оценка эффективности в экономических задачах. - М.: Финансы и статистика, 1982.

94. Дудкин В. Свиридов В. Эффективное землепользование в сельскохозяйственных предприятиях // АПК: экономика, управление. - 1998. - № 1. - С. 17-21.

95. Думитру Д. Процесс формирования новой аграрной структуры в Румынии // Аграрные преобразования: опыт и перспективы: Материалы междунар. экон. конф. 3-5 июня 1993 г. - Орел, 1994. - С.176-183.

96. Думлер С.А. Управление производством и кибернетика. - М.: Машиностроение, 1969. - 424 с.

97. Евтюшенков Н.С. Оценка надежности автомобилей "ГАЗ", работающих в сельскохозяйственном производстве // Сб. науч. тр. / ВИМ. - М., 1992. - Т.125. - С. 103-109

98. Емелин Л.И., Хмелевой Н.М. Об организации фирменного обслуживания сельскохозяйственной техники // Кооперация машиностроительных и ремонтных предприятий при организации технического сервиса в АПК. - М., 1989. - С. 7-17.

99. Ермолов Л.С., Кряжков В.М., Чекун В.Е. Основы надежности с.-х. техники. - М.: Колос, 1974. - 223 с.

100. Ермолов Л.С., Кряжков В.М., Черкун В.Е. Основы надежности сельскохозяйственной техники. - М.: Колос, 1974. – 223 с.

101. Ерохин М.Н. Развитие и реализация идей В.П. Горячкина // Механизация и электрификация сельского хозяйства. -1998. - № 5. - С.2-4.

102. Жданов В.И., Жабоев А.Б. Нормирование показателей надежности и установление цены новой техники // Сб. науч. трудов / ВИМ. – 1992. - т.125. - С.137-142.

103. Жданов В.Н., Путилина В.Е. Влияние сроков эксплуатации на эффективность использования зерноуборочных комбайнов // Проблемы эффективного использования, технического обслуживания, ремонта и хранения сельскохозяйственной техники. - М., 1984. - Ч.1. - С. 38-39.

104. Жожикашвили В.А., Вишневский В.М. Сети массового обслуживания. Теория и применение к сетям ЭВМ. - М.: Радио и связь, 1988. - 152 с.

105. Завалишин Ф.С. Основы расчета механизированных процессов в растениеводстве. - М.: Колос, 1979. - 320 с.

106. Заверюха А.Х. Состояние материально-технитческой базы АПК // Научно-технический прогресс в инженерной сфере АПК России: Материалы науч. - практ. конф. - М., 1994. - С. 5-10.

107. Законодательство США о государственному регулированию аграрного сектора // Техника и оборудование для села. – 1998. - № 8. – С. 51-53.

108. Законодательство США по государственному регулированию аграрного сектора // Техника и оборудование для села. - 1998. - № 8. - С.51-53.

109. Земельный кодекс РСФСР от 25.04.91 г. с изменениями и дополнениями // Сборник кодексов Рос. Федерации. – М.: Изд. - ТОО Транспорт, 1997. – 374 с.

110. Злобинский В.И., Лубков Н.В. Оценка надежности сложных технических систем методом статистического моделирования с использованием иерархических моделей // Надежность и контроль качества. - 1986. - № 7.

111. Зубарев С.Д., Кузнецов В.В. Теоретико-вероятностное моделирование уборочно-транспортно-заготовительного процесса // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. “Теория и практика совершенствов. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ”. - Ташкент, 1986. - С. 97-98.

112. Зуев В.М. Обоснованное формирование состава машинно-тракторного парка // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1988.- № 2. – С. 36-38.

113. Зыков В.А., Крамаренко С.Н. О резервах растениеводства, связанных с ростом коэффициента своевременности механизированных работ // Комплексная механизация производственных процессов в растениеводстве. - Зерноград, 1987. - С. 124-131.

114. Ибрагимова И. Конъюнктура мирового рынка зерна // Экономика сельского хозяйство России. – 1998. - № 1. - С. 36.

115. Ибрагимова И. Государственное регулирование рынка в Канаде // Экономика сельского хозяйства России. - 1998. - № 2. - С. 26.

116. Иванов Б.Л. Экономическая целесообразность проката с.-х. техники // Экономические методы хозяйствования в инженерной службе АПК. - М., 1989. - С. 7-11.

117. Игнатов В.Д. Методы оптимизации резерва машин в уборочно-транспортных системах // Повышение эфективности работы сельскохозяйственных машин и тракторов /Сб. науч. тр. / Новосибирский СЧХИ. - Новосибирск, 1982. - С. 77-87.

118. Игнатов В.Д. Применение ЭВМ для выбора рациональных технологий использования транспорта на уборке урожая // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. “Теория и практика совершенствов. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ”. - Ташкент, 1986. - С. 49-51.

119. Игнатьев Г.С. Эффективность технического сервиса в сельском хозяйстве при рыночных условиях // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1999. - № 2-3. - С. 31-32.

120. Изменения в совместной аграрной политике ЕС, связанные с предстоящим расширением Евросоюза. Дайджест “Agra europe” // Экономика в сельском хозяйстве России. - 1988. - № 1. - с. 29.

121. Интервью с Савченко Е.С. // Экономика сельского хозяйства России. - 1998. - № 1. - С.13-14.

122. Иофинов С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка. - М.: Колос, 1974. – 480 с.

123. Иофинов С.А., Скробач В.Ф., Исаева Т.Т. Расчет оптимального состава машинно-тракторных агрегатов в технологических звеньях мобильных

поточных линий // Механизация и электрификация сельского хозяйства.- 1983.- № 3.- С. 33-35.

124. Иследование операций: В 2-х томах. Т. 1: Пер. с англ. / под ред. Дж. Моудера, С. Элмаграби. - М.: Мир, 1981. - 712 с.

125. Иследование операций: В 2-х томах. Т. 2: Пер. с англ. / под ред. Дж. Моудера, С. Элмаграби. - М.: Мир, 1981. - 671 с.

126. Исмаилов Н.И. Межхозяйственное использование техники как система массового обслуживания фермерских хозяйств // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1998. - № 9. - С. 4-6.

127. Йосс Ж., Джозеф Д. Элементарная теория устойчивости и бифуркаций: Пер. с англ. В.Н. Рубановского / Под ред. Н. Н. Моисеева. - М.: Мир, 1983. - 301 с.

128. К вопросу автоматизации управления уборочно-транспортно-заготовительным процессов в кормопроизводстве / Р.А. Вартанян, Ю.С. Ншанян, А.Г. Гущян, Г.С. Аветисян, М.М. Хачатрян // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. “Теория и практика совершенствов. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ”. - Ташкент, 1986. - С.59-61.

129. Кавалерчик К.М., Геллер М.Ш. Сезонная наработка комбайнов в зависимости от сроков их эксплуатации // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. - 1978.- № 9. - С. 35-39.

130. Какабаев Г. Эксплуатационно-техническая надежность мобильных сельскохозяйственных агрегатов в технических линиях возделывания хлопчатника. - Автореф. дис. ... канд. техн. наук - Л., 1984. - 16 с.

131. Караульщиков В.П., Шишонок Н.А. Основные методологические концепции эксплуатационного обеспечения сложных систем. - М.: Знание, 1987. - 90 с.

132. Карпов В.И. Методы моделирования технологических систем элеваторов и их использование в ГАСУ “Урожай” // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. “Теория и практика совершенствов. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ”. - Ташкент, 1986. - С. 57-58.

133. Карпов Л.И. Основы динамической надежности машин //Вестник РАСХН. - 1999. - № 5. - С. 20-22.

134. Карпутов С.А., Копчиков Г.П. Хозрасчет на машинном дворе. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1988. - № 2.- С.8-11.

135. Касл Э, Бекер М., Нелсон А. Эффективное фермерское хозяйствование. - Москва: Агропромиздат, 1991. - 496 с.

136. Кацыгин В.В., Мельников Е.С., Федорчук А.И. Оперативное управление использованием сельскохозяйственной техники в условиях РАПО // Проблемы эффективного использования, технического обслуживания, ремонта и хранения сельскохозяйственной техники. - М., 1984. - Ч.1. - С. 23-25.

137. Кёниг В., Изермайер Ф. Структурные изменения в сельском хозяйстве Восточной Германии // Аграрные преобразования: опыт и перспективы: Материалы междунар. экон. конф. 3-5 июня 1993 г. - Орел, 1994. - С. 184-192.

138. Киртбая Ю.К. Резервы в использовании машинно-тракторного парка. - М.: Колос, 1982. - 319 с.

139. Клятис Л.М., Нахатакян Р.Х. К теории прогнозирования показателей надежности серийной техники по результатам ускоренных испытаний ее опытных образцов // Сб. науч. тр. / ВИМ. - М., 1992. - Т.125. - С. 76-83.

140. Кудрявцев Е.М. Исследование операций в задачах, алгоритмах и программах. – М.: Радио и связь, 1984. – 184 с.

141. Коваленко И.Н. Роль институтов в ускорении научно-технического процесса в сельском хозяйстве // Интенсификация научных исследований в агропромышленном комплексе. - Зерноград, 1987. - С. 27-36.

142. Коваленко Н.Н., Кузнецов И.Ю. Методы расчета высоконадежных систем. - М.: Радио и связь, 1988. - 176 с.

143. Козлов Б., Ушаков И. Справочник по расчету надежности. - М.: Советское радио, 1978. - 472 с.

144. Козлов Б.А., Ушаков И.А. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики. - М.: Советское радио, 1975. – 471 с.

145. Кокс Д.-Р., Смит У.-Л. Теория очередей: Пер. с англ. / Под ред. А.Д. Соловьева. - М.: Мир, 1966. – 218 с.

146. Кокс Д., Смит В. Теория восстановления. - М.: Советское радио, 1967. - 298 с.

147. Колесник А.В. Оперативное управление перевозками урожая // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. “Теория и практика совершенствов. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ”. - Ташкент, 1986. - С. 69-70.

148. Колмогоров А.Н. Основы теории марковских цепей с бесконечным числом возможных состояний / Матем. сб. - М., 1936. – Т. 1143. - С. 607-610.

149. Комов Н.В. Управление земельными ресурсами // Аграрные преобразования: опыт и перспективы: Материалы междунар. экон. конф. 3-5 июня 1993 г. - Орел, 1994. - С. 56-68.

150. Конкин Ю.А., Орехов В.Е., Сорокин П.П. Экономические проблемы взаимоотношений при использовании сельскохозяйственной техники в США: Обзорная информация. - М.: АгроНИИИТЭИИТО, 1989. - 68 с.

151. Кононенко А.Ф. Научно-технический прогресс и пути повышения эффективности механизации сельского хозяйства. - М.: ВНИПТИМЭСХ, 1977. – 91 с.

152. Кононенко А.Ф. Пути улучшения использования с.-х. техники. М.: Колос, 1980. - 304 с.

153. Кононенко А.Ф., Каменский А.С. Автоматизированное управление уборкой сельскохозяйственных культур. - М.: Россельхозиздат, 1984. - 120 с.

154. Кононенко А.Ф., Каменской А.С. Системные методы обеспечения надежности сельскохозяйственной техники. - М.: ВНИИТЭИагропром, 1986. - 100 с.

155. Конституция Российской Федерации. – М.: Известия, 1995. – 61 с.

156. Концепция национальной безопасности Российской Федерации: Утв. Указом Президента Рос. Федерации от 17.12.1997, № 1300 // Собрание законодательства Рос. Федерации. - 1997. - № 52. - Ст. 5909

157. Концепция национальной безопасности Российской Федерации: Утв. Указом Президента Рос. Федерации от 10.01.2000 № 24 // Собрание законодательства Рос. Федерации. - 2000. - № 2. - Ст. 170

158. Концепция продовольственной безопасности. МТС в системе агропромышленного производства // Вестник РАСХН. - 1999. - № 4. - С.4-5.

159. Концепция продовольственной безопасности. МТС в системе сельскохозяйственного производства: Материалы заседаний Президиума РАСХН // Вестник сельскохозяйственной науки. - 1999. - № 4. - С. 4-5.

160. Концепция развития инженерно-технического сервиса фермерских хозяйств // Под руководством и при участии академиков РАСХН Л.П. Кормановского, Н.В. Краснощекова, В.И. Черноиванова, В.М. Кряжкова, сотрудников ГОСНИТИ С.С. Черепанова, А.Э. Северного, Л.И. Емелина, Л.М. Пильщикова и др. - М.:ГОСНИТИ, 1992. - 48 с.

161. Копач К.В. Об экономической эффективности личного подсобного хозяйства // Экономика сельского хозяйства и перерабатывающих предприятий. - 1998. - № 3. - С. 44-46.

162. Корж Л.А. Разработка системы моделей уборочно-транспортно-заготовительного процесса в ГАСУ “Урожай” // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. “Теория и практика совершенствов. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ”. - Ташкент, 1986. - С.16.

163. Кормановский Л.П. Инженерная служба АПК: состояние и основные направления научно-технической политики // Инженерно-техническое обеспечение АПК. - 1996. - № 2. - С.2-5.

164. Кормановский Л.П. Научное обеспечение технического прогресса в сельскохозяйственном производстве России // Научно-технический прогресс в инж.-техн. сфере АПК России. - М., 1994. - С.11-25.

165. Кормановский Л.П. Основоположники и продолжатели земледельческой механики // Техника в сельском хозяйстве. - 1999. - № 6. - С. 17-18.

166. Кормановский Л.П. Некоторые обоснования пропашного трактора будущего // Техника в сельском хозяйстве. - 1998. - № 1. – С. 3-6.

167. Кормановский Л.П. Проблема реализации научно-технической политики в инженерной сфере АПК // Научно-технический прогресс в инженерной сфере АПК России: Материалы науч. -практ. конф. Москва - ВИМ 15-16 октября 1997 г. - М., 1998. - С. 9-21.

168. Кормановский Л.П. Энергосбережение – первостепенная задача в предстоящем столетии // Техника в сел. хоз-ве. – 1999. - № 4. – С. 3-6.

169. Коробко Н.П. Исследование эксплуатационно-технической надежности мобильных сельскохозяйственных агрегатов. - Автореф. дис. ... канд. техн. наук – Л, 1979. - 17 с.

170. Королюк В.С., Турбин А.Ф. Математические основы фазового укрупнения сложных систем. - Киев: Наукова Думка, 1978. - 217 с.

171. Королюк В.С., Турбин А.Ф. Полумарковские процессы и их приложения. - Киев: Наукова думка, 1976. - 181 с.

172. Коршунов А.Н. Об оценке эффективности техники в условиях недостоверной исходной информации // Техника в сельском хозяйстве. - 1999. - № 5. - С.13-15.

173. Коршунов А.П. О некоторых критериях оценки эффективности сельскохозяйственной техники // Техника в сельском хозяйстве. – 1998. - № 2. - С.6-10.

174. Коршунов А.П. Системный подход к оценке эффективности электромеханизации с.- х. // Техника в сельском хозяйстве. – 1995. – № 3. – С. 27-31.

175. Косачев Г.Т., Воронин А.Е. Технический потенциал сельского хозяйства: формирование и использование. - М.: Агропромиздат, 1988. - 160 с.

176. Кочнев Л.В., Винарв Р.С. Формирование рациональной структуры уборочно-транспортных отрядов// Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. “Теория и практика совершенствов. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ”. - Ташкент, 1986. - С.72-74.

177. Краснощеков Н.В. Итоги работы отделения механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства в 1997 г. // Научно-технический прогресс в инженерной сфере АПК России: Материалы науч. -практ. конф. Москва - ВИМ 15-16 октября 1997 г. - М., 1998. - С. 22-43.

178. Краснощеков Н.В. МТС и техническая политика в АПК // Техника в сельском хозяйстве. - 1999. - № 5. -С. 3-10.

179. Краснощеков Н.В. Агроинжениринг - пути развития // Научно-технический прогресс в инж. - техн. сфере АПК России. - М., 1994. - С. 26-32.

180. Краснощеков Н.В. Пилюгин Л.М. .От системы машин - к системе технологий // Техника в сельском хозяйстве. - 1999. - № 6. - С. 19-23.

181. Краснощеков Н.В. Стратегия развития технической базы АПК России // Техника и оборудование для села. - 1998. - № 8. - С. 4-7.

182. Краснощеков Н.В., Лазовский В.В. Интенсификация земледелия и животноводства Сибири на базе ресурсосберегающей техники и технологии // Интенсификация научных исследований в агропромышленном комплексе. - Зерноград, 1987. - С.110-117.

183. Криков А.М. Оперативное управление перевозкой урожая с применением микро-ЭВМ // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. “Теория и практика совершенствов. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ”. - Ташкент, 1986. - С.111-112

184. Криков А.М. Структура и расчет агрегатов производственных линий// Вопросы использования машин в условиях Сибири: Сб. науч. тр. - Новосибирск, 1982. - С. 20-26.

185. Кряжков В.М. Перспективные направления повышения работоспособности и качества с.-х. техники // Сб. науч. тр. / ВИМ. – 1992. - Т. 125. - С.6-15.

186. Кряжков В.М. Первоочередные меры по развитию технического и технологического обеспечения АПК // Инженерно-техническое обеспечение АПК. - 1995. - № 1. - С. 6-7.

187. Кряжков В.М. Перспективные направления повышения работоспособности и качества сельскохозяйственной техники // В сб. тр. / ВИМ. - 1992. - Т. 125. - С. 6-16.

188. Кряжков В.М. Состояние и перспективы развития ремонтно-обслуживающей базы АПК // Проблемы эффективного использования, технического обслуживания, ремонта и хранения сельскохозяйственной техники. - М., 1984. - Ч.1. - С. 3-6.

189. Кряжков В.М. ВИМ и тракторизация страны // Техника в сельском хозяйстве. - 1999. - № 6. - С. 24-26.

190. Кряжков В.М. Надежность и качество с.-х. техники. - М.: Агропромиздат, 1989.- 355 с.

191. Кряжков В.М. Надежность и качество сельскохозяйственной техники. - М.: Агропроиздат, 1989. - 335 с.

192. Кряжков В.М. Основные направления повышения надежности машин сельского хозяйства // Сб. научных трудов / ВИМ. - 1988. – Т.117. - С.5-10.

193. Кряжков В.М. Повышение надежности сельскохозяйственной техники при производстве, эксплуатации и ремонте (методические рекомендации). - Л.-Пушкин, 1973.

194. Кряжков В.М., Лисунов К.А. Системный метод обоснования надежности сельскохозяйственных машин // Проблемы эффективного использования, технического обслуживания, ремонта и хранения сельскохозяйственной техники. - М., 1984. - Ч.1. - С. 73-75.

195. Кузин Л.Т. Основы кибернетики. В 2-х т. Т.2. Основы кибернетических моделей. - М.: Энергия, 1979. - 584 с.

196. Кузьмин И.В., Чалый А.А. Методические аспекты проектирования систем ситуационного управления УТЗР // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. “Теория и практика совершенствов. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ”. - Ташкент, 1986. - С.71-72.

197. Кулик В.Т. Алгоритмизация объектов управления. - Киев: Наукова думка, 1968. – 363 с.

198. Кульбаков В.А., Михайлова Л.М., Шкапская Э.В. Об эффективном использовании парка тракторов в сельском хозяйстве // Проблемы эффективного использования, технического обслуживания, ремонта и хранения сельскохозяйственной техники. - М., 1984. - Ч.1. - С. 32-34.

199. Кундис В. Экономический механизм регионального АПК // Экономика сельского хозяйства, России. - 1998. - № 1. - С.28.

200. Курочкин В.Н. Методика системного анализа технической эксплуатации машин на уровне подразделения хозяйства / ВНИПТИМЭСХ. – Зерноград, 1982. – 9 с. – Рукопись деп. во ВНИИТЭИСХ 5.-81981, - № 126-81.

201. Курочкин В.Н. Методика системного анализа уборочно-транспортного комплекса. - М.: Деп. ВИНИТИ, 1981.

202. Курочкин В.Н. Обоснование соотношения между рабочими и транспортными машинами кормодобывающего отряда и метода их технического обслуживания // Механизация и электрификация технологических процессов кормопроизводства и кормоприготовления. – Зерноград, 1980. – С.21-25.

203. Курочкин В.Н. Применение методов теории сложных систем к обоснованию рациональной эксплуатации МТП // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1979. - № 9.

204. Курочкин В.Н. Проблемы обеспечения надежности и эффективности функционирования технологических систем эксплуатации машинно-тракторного парка. – Ч.1 / Всерос. научно-исслед. ин-т механизации сел. хозва. – М., 1993. – 167 с.

205. Курочкин В.Н. Разработка методов управления надежностью МТП в процессе эксплуатации, обеспечивающих сокращение потерь урожая // Роль молодых ученых и специалистов, членов НТО, в реализации Продовольственной программы: Тез. докл. - Зерноград, 1981.

206. Курочкин В.Н. Системный анализ процесса технической эксплуатации уборочно-транспортных комплексов / ВНИПТИМЭСХ. – Зерноград, 1981. – 12 с. – Рукопись деп. во ВНИИТЭИСХ 5.08.81., № 123-81.

207. Курочкин В.Н. Хранение техники на машинных дворах. - М.: Россельхозиздат, 1985. – 180 с.

208. Кустова Н.А. и др. Арендные отношения в колхозе “Большевик” Новосанжарского района Полтавской области // Экономические методы хозяйствования в инженерной службе АПК. - М., 1990. - С.17-24.

209. Кушнерев Н. Роль информации в оперативном управлении АПК // Экономика сельского хозяйства России. - 1998. - № 1. - С. 47-49.

210. Ланге Э.Г. Некоторые результаты управления уборкой урожая // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. “Теория и практика совершенствов. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ”. - Ташкент, 1986. - С.114-115.

211. Лемякин В.Л. Состояние инженерно-технической службы в Волгоградской области и проблемы использования сельскохозяйственной техники // Механизация и электрификация сельского хозяйства,. - 1999. - № 5. - С.5-6.

212. Ленский А.В. Основы проектирования системы ремонта и технического обслуживания сельскохозяйственных машин, рассматриваемой как система массового обслуживания // Труды ГОСНИТИ. - 1973. - Т.37. - С.53-69.

213. Ленский А.В., Хмелевой Н.М., Паклин В.С. Основа проектирования системы технического обслуживания машинно-тракторного парка колхозов и совхозов // Тр. ГОСНИТИ. – 1973. – Т.37. – С.58-68.

214. Лернер М.И. Исследования и оптимизация процесса устранения неисправностей машин с.-х. назначения методом математического моделирования / Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - М., 1970. – 17 с.

215. Лившиц В.М., Голыченко В.Н. Принципы формирования системы ТО машин в хозяйствах Сибири / Метод. реком. под руков. В.А. Кубышева, А.Н. Селиванова, В.В. Лазовского. - Новосибирск, 1978. - 186 с.

216. Лигетт Т. Марковские процессы с локальным воздействием. - М.: Мир, 1989. - 550 с.

217. Лизинг - одна из основных форм обеспечения сельского хозяйства машинами // Техника и оборудование для села. - 1999. - № 5. - С.39.

218. Лимарев В.Я. Поставка сельскохозяйственной техники на лизинговой основе // Техника и оборудование для села. - 1997. - № 8. - С.37-38.

219. Лимарев В.Я., Агафонов Н.И., Курочкин В.Н. Средства и методы ремонтно-обслуживающих работ в производственных подразделениях: Рекомендации. - Зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 1981. – 27 с.

220. Липкович Э.И. Математического моделирования системы машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства // Системный анализ в разработке механизированных сельскохозяйственных технологий. - Зерноград, 1987. - С.59-86.

221. Липкович Э.И. Разработка системы регионального сельхозмашиностроения: проблемы и перспективы // Научно-технический прогресс в инженерной сфере АПК России: Материалы науч. - практ. конф. Москва - ВИМ 15-16 октября 1997 г. - М., 1998. - С.62-64.

222. Липкович Э.И. Роль машинно-тракторных станций в сельском хозяйстве // Техника в сельском хозяйстве. - 1999. - № 5. - С.12-13.

223. Липкович Э.И. Аналитические основы системы машин. - Ростов н/Д: Кн. изд.- во, 1983. - 113 с.

224. Липкович Э.И. Организация уборочно-транспортно-заготовительного процесса в РАПО // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. “Теория и практика совершенствов. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ”. - Ташкент, 1986. - С.67-69.

225. Липкович Э.И. Основы математического моделирования системы машин // Повышение эффективности уборочных работ. - Зерноград, 1983. - С.3-28.

226. Липкович Э.И. Применение математического моделирования в обосновании системы машин // Интенсификация научных исследований в агропромышленном комплексе. - Зерноград, 1987. - С.59-86.

227. Липкович Э.И. Система комплексной организации уборочно-транспортных и заготовительных работ // Сельское хозяйство России. - 1980. - № 8. - С.36-40.

228. Липкович Э.И. Система организации уборочно-транспортного и заготовительного процесса // Вестник с.-х. науки. - 1981. - № 4. – С.59-69.

229. Липкович Э.И. Технологическое энергопотребление и агроэкономика // Вестник РАСХН. - 1999. - № 5. -С.9-11.

230. Лисковский А.З. Совершенствование управления уборочно-транспортно-заготовительными процессами на основе повышения точности прогноза // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. “Теория и практика совершенствов. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ”. - Ташкент, 1986. - С.26-28.

231. Листопад Г.Е. Ускорение научно-технического процесса в области механизации и электрификации агропромышленного комплекса // Интенсификация научных исследований в агропромышленном комплексе. - Зерноград, 1987. - С.20-27.

232. Лозовский В.Г., Прокопенко В.А. Технико-экономическая основа создания МТС в Самарской области // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1999. - № 10. - С.2-5.

233. Лубков Н.В. Оценка надежности технических систем методом статистического моделирования на ЦВМ // Применение, контроль, автоматизация. - 1980. - № 9, т.10. - С.31-32.

234. Лубков Н.В. Рекуррентная процедура моделирования отказов при оценке надежности сложных систем// Изд. АН СССР: Техническая кибернетика. - 1980. - № 3.

235. Лубков Н.В., Степанянц А.С. Аналитические методы оценки надежности технических систем // Применение, контроль, автоматизация. 1979.- № 2. - С.45-53.

236. Лубков Н.В., Степанянц А.С. Надежностный анализ технических систем на основе многоуровневых моделей функционирования. Методика расчета // Теоретические вопросы построения АСУ крупнотоннажными транспортными судами. - М., 1978. - С.193-206.

237. Лукин А.И. Системы массового обслуживания. Анализ систем массового обслуживания с отказами в военной практике. – М.: Воениздат МО СССР. – 1980. - 189 с.

238. Лурье А.Б., Озеров В.Г. О технологической надежности сельскохозяйственных агрегатов и их систем управления // Зап. Ленингр. с.-х. института. - 1975. - Т.2. - С.54-60.

239. Лысенко Е.Г. Эколого-экономические проблемы использования земель в ходе аграрной реформы // Аграрные преобразования: опыт и перспективы: Материалы междунар. экон. конф. 3-5 июня 1993 г. - Орел, 1994. - С.69-73.

240. Любимов В.И. Интеграция инженерно-технической службы АПК // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1999. - № 11. - С.2-4.

241. Любов В.И. Интеграция инженерно-технической службы АПК // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1999. - № 11. - С.2-4.

242. Лясковский А.В. Моделирование управления уборочно-заготовительными процессами // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. “Теория и практика совершенствов. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ”. - Ташкент, 1986. - С.125-126.

243. Марченко С.С. Состояние технического обеспечения сельского хозяйства России // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1998. - № 4. - С.2-3.

244. Маслов Г.Г. , Овчаренко А.С. , Шандыба О.М. Машинно-технологические станции - партнёр сельхозтоваропроизводителя или арендатор // Механизация и электрификация сельского хозяйства,. - 1999. - № 6. - С.6-8.

245. Матвеев В.Ф., Ушаков В.Г. Системы массового обслуживания. - М.: МГУ, 1984. - 240 с.

246. Математика и кибернетика в экономике / Под ред. акад. Н.П. Федоренко. - М.: Колос, 1980. - 112 с.

247. Материалы заседаний Президиума РАСХН // Вестник РАСХН. - 1999. - № 6. - С.5-6.

248. Махутов А.А., Бадардинова Т.Е. Определение спроса на ремонт // Механизация и электрификация сел. хозяйства. - 1999. - № 8. - С.25-27.

249. Медведев А.В. Непараметрические системы адаптации. - Новосибирск: Наука, 1983. - 174 с.

250. Математическое моделирование экономических процессов / Под ред. Е.В. Белоусова, Ю.М. Черемных, Х. Керта, К. Отто. – м.: МГУ, 1990. – 232 с.

251. Методы анализа и синтеза структур управляющих систем / Б.В. Волик, Б.Б Буянов, Н.В. Лубков и др. Под ред. Б.Г. Волика. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 296 с.

252. Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники и рационализаторских предложений/ МСХ СССР и ВАСХНИЛ. - М.: Колос, 1980 - 112 с.

253. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники / Мин-во сел. хоз-ва и продовольствия РФ. - М.,1998. - 219 с.

254. Методика определения экономической эффективности технорлогий и сельскохорзяйственной техники. Ч. 2. Нормативно-справочный материал/ Мин-во сел. хоз-ва и продовольствия РФ. - М., 1998. - 253 с.

255. Методические указания о порядке разработки, согласования и утверждения исходных требований на с.-х. технику / Гос. агропромышленный комитет СССР. - М., 1988. -160 с.

256. Методическое положение о разработке суточных планов-графиков уборочных работ. - Зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 1980.

257. Методы анализа и синтеза структур управляющих систем. / В.Г. Волик, Б.Б. Буянов, Н.В. Лубков, В.И. Максимов, А.С. Степанянц. Под ред. В.Г. Волика. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 296 с.

258. Милосердов В.В. Проблемы преобразования аграрных экономических отношений // Аграрные преобразования: опыт и перспективы: Материалы междунар. экон. конф. 3-5 июня 1993 г. - Орел, 1994. - С.74-105.

259. Мильнер Б.З. Методы анализа и формирования организационных структур: Опыт системных исследований // Системные исследования. Методологические проблемы: Ежегодник.- М.: Наука, 1981.

260. Миротин Л.Б., Гольдин А.Г. Алгоритм составления оперативного плана вывоза-завоза крупнотоннажных контейнеров // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. “Теория и практика совершенствов. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ”. - Ташкент, 1986. - С.101-103.

261. Михлин В.В., Заборин Н.В. Условие обеспечения продовольственной безопасности страны // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1999. - № 7. - С.6-8.

262. Михлин В.М. Типизированные решения по формированию МТС // Механизация и элетрификация сельского хозяйства. - 1998. - № 4. - С.8-12.

263. Михлин В.М., Савин И.Г., Заборин Н.В. Концепция определения числа машинно-технологических станций и их размещения по субъектам Федерации // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1998. - № 6. - С.2-4.

264. Мониторинг технического уровня сельскохозяйственной техники // Техника и оборудование для села. - 1997. - № 8. - С.41-43.

265. Морозова Л.В. Система централизованного планирования сельскохозяйственных перевозок // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. “Теория и практика совершенствов. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ”. - Ташкент, 1986. - С.76-77.

266. Морозова М.В., Лавровский В.А. Оптимизация полевых работ и процессов переработки сельхозпродукции // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. “Теория и практика совершенствов. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ”. - Ташкент, 1986. - С.112-114.

267. Мусин А.М., Ерков А.А. Компьютерный анализ и синтез систем управления сельскохозяйственными объектами // Техника в сельском хозяйстве. - 1998. - № 6. - С.3-6.

268. Нагибина Н.Н. Машинно-технологические станции в Тверской области // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1999. - № 4. - С.20-22.

269. Надежность и эффективность в технике. Справочник в 10 т. Т.1: Методология. Организация. Терминология / Под ред. А.И.Рембеза. - М.: Машиностроение, 1986. - 224 с.

270. Надежность и эффективность в технике. Справочник в 10 т. Т.2: Математические методы в теории надежности и эффективности / Под ред. Б.В. Гнеденко. - М.: Машиностроение, 1986. - 224 с.

271. Надежность серийных тракторов // Материалы ЦМИС: 1985-1992 гг.

272. Народное хозяйство РСФСР за 70 лет. - М.: Финансы и статистика, 1988. - 471 с.

273. Народное хозяйство СССР за 70 лет. - М.: Финансы и статистика, 1988. - 766 с.

274. Народное хозяйство СССР. Статистический ежегодник. 1965-1989 гг. - М.: Финансы и статистика.

275. Нейлор Т. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем: Пер. с англ. - М.: Мир, 1975. - 502 с.

276. Некрасов С.С. Динамика сроков службы сельскохозяйственных машин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1998. - № 8. - С.2-4.

277. Некрасов С.С. Экономические критерии предельного состояния сложных машин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1999. - № 4. - С.20-22.

278. Некрасов С.С. Экономические критерии предельного состояния сложных машин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1999. - № 4. - С.20-22.

279. Никифоров А.Н. Использование топливно-энергетических ресурсов в сельском хозяйстве и разработка энергосберегающих технологий // Проблемы эффективного использования, технического обслуживания, ремонта и хранения сельскохозяйственной техники. - М., 1984. - Ч.1. - С.7-8.

280. Никонов А.А. Научные основы устойчивого развития сельского хозяйства в засушливых районах СССР // Повышение устойчивости с.-х. производства. - М., 1988.

281. Новиков О.А., Петухов С.И. Прикладные вопросы теории массового обслуживания. - М.: Советское радио, 1969. - 502 с.

282. Нормативная продолжительность механизированных полевых сельскохозяйственных работ / Рук. Бейлис В.М.- М.: ВИМ, 1988. - 12 с.

283. Нормативно-справочный материал для экономической оценки сельскохозяйственной техники. - М.: ЦНИИТЭИ, 1980.

284. О бухгалтерском учете и отчетности. Закон РФ от 20.03.96 // Российская газета. - 1996. - Ноябрь, № 228.

285. О введении в действие части первой Гражданского Кодекса Российской Федерации. Федеральный закон от 30 ноября 1994 г. № 52-ФЗ // Комментарий к части первой Гражданского Кодекса Российской Федерации. - М.: Хозяйство и Право. Спарк, 1995. - С.16-20.

286. О государственной политике в сельскохозяйственном машиностроении и об обеспечении сельскохозяйственной техникой агропромышленного комплекса страны: Постановление Совета Федерации Федерального собрания Российской Федерации от 17 июля 1998 г. № 365-СФ // Собрание законодательства РФ. - 1998. - № 30. - Ст.3645.

287. О государственном контроле за качеством и рациональном использовании зерна и продуктов его переработки: Федеральный закон от 5 декабря

1998 г. № 183-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. - 1998 г. - № 49. - Ст.5070.

288. О государственном прогнозировании и программах социально-экономического развития Российской Федерации. Федеральный закон от 20 июля 1995 г. № 115-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. - 1995 г. - № 30. - Ст.2871.

289. О государственном регулировании обеспечения плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. Федеральный закон от 16 июля 1998 г. № 101-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. - 1998 . - № 29. - Ст. 3399.

290. О естественных монополиях // Юридические лица: Сборник законов / Состав. О.М. Козырь и др. - М.:, 1998. - С.113-126.

291. О земельной реформе. Закон РФ от 23.11.90 // Ведомости съезда народных депутатов РФ и Верховного Совета РФ. – 1992. - № 50. – Ст.2962.

292. О конкуренции и ограничении монополистической деятельности на товарных рынках. Федеральный закон от 22 марта 1991 г. № 948-1 с изменениями и дополнениями // Юридические лица: Сборник законов / Состав. О.М. Козырь и др. - М., 1998. - С. 83-112.

293. О Концепции национальной безопасности Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 10.01.2000 № 24 // Собрание законодательства Российской Федерации. - 2000. - № 2. - Ст.170.

294. О крестьянском (фермерском) хозяйстве. Закон РСФСР от 22.11.90 // Законы и постановления РФ - М., 1991 г. – Т.2. - С.26-37.

295. О лицензировании отдельных видов деятельности. Федеральный закон от 25 сентября 1998 г. № 158-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации, 1998 г., - № 39. - Ст.4857.

296. О мерах по стабилизации экономического положения и развитию реформ в агропромышленном комплексе: Указ Президента РФ № 565 от 16 апреля 1996 г. // Российская газета. - 1996. - Май, №4 62. - С.2-4.

297. О науке и государственной научно-технической политике. Федеральный закон от 23 августа 1996 г. № 72-ФЗ // Юридические лица: Сборник законов / Состав. О.М. Козырь и др. - М., 1998. - 912 с..

298. О некоторых мерах по реализации законодательства о несостоятельности (банкротстве) предприятий: Постановление правительства РФ № 498 от 20.05.94 // Российская газета. - 1994. - Июнь, № 29. - С.1-4.

299. О неотложных мерах по осуществлению земельной реформы в РСФСР: Указ Президента РФ от 27.12.91 № 323 // Ведомости съезда народ. Депутатов РСФСР и Верховного Совета РСФСР. - 1992. - № 1. - Ст.53.

300. О несостоятельности (банкротстве). Федеральный закон от 8 января 1998 г. № 6-ФЗ. - Собрание законодательства Российской Федерации. - 1998 г. - № 2. - Ст.222.

301. О поддержке и развитии к(ф)х, их ассоциаций, союзов и кооперативов. Постановление СМ РСФСР от 4.01.91 № 9 // Собрание Постановлений Правительства РФ. - 1991. - № 7. - Ст.105.

302. О порядке осуществления прав собственников земельных долей и имущественных паев: Постановление Правительства РФ № 96 от 01.02.95 // Российская газета. - 1995. – Март, № 13. - С.1-6.

303. О порядке приватизации и реорганизации предприятий и организаций агропромышленного комплекса: Постановление Правительства РФ № 708 от 4.09.92 // Экономика и жизнь. - 1992. - Октябрь, № 678. - С.12-14.

304. О порядке реорганизации колхозов и совхозов. Постановление Правительства РФ № 86 от 29.12.91 // Экономическая реформа и рыночные отношения в АПК. - М., 1992. - Вып.2. - С. 41-42. - М.: Республика, 1992. - 79 с.

305. О приватизации государственных и муниципальных предприятий , жилья: Закон РСФСР от 3 июля 1991 г. - М.: Сов. Россия, 1991. - 56 с.

306. О присоединении Российской Федерации к Конвенции УНИДРУА о международном финансовом лизинге. Федеральный закон от 8 февраля 1998 г. № 14-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. - 1998 г. - № 7. - Ст.787.

307. О программе возрождения Российской деревни и развитии АПК: Постановление съезда народных депутатов РСФСР от 3.12.90. - М.: Республика, 1992 г. - 79 с.

308. О программе развития сельскохозяйственной кооперации на период до 2000 г.: Постановление Коллегии Минсельхозпрода от 07.07.1977 г. № 5-5 / // Экономика сельского хозяйства России. - 1998. - № 3. - С.46-49.

309. О производственных кооперативах. Федеральный закон от 8 февраля 1996 г. № 14-ФЗ // Сборник законов / Состав. О.М. Козырь и др. - М., 1998. - С.387-404.

310. О реализации конституционных прав граждан на землю: Указ Президента Российской Федерации № 337 от 7.03.96 // Российская газета. - 1996. - № 458. - С.6.

311. О регулировании земельных отношений и развития аграрной реформы в России: Указ Президента РФ № 1767 от 27.10.93 // Экономика и жизнь. - 1993. - № 53. - С.6-7.

312. О реформе системы государственного управления АПК РФ: Постановление Правительства РФ № 81 от 29.12.91 // Экономическая реформа и рыночные отношения в АПК. - Нормативные документы. - М., 1992. - Вып.2. - С.334-335.

313. О сельскохозяйственной кооперации. Федеральный закон от 8 декабря 1995 г. // Собрание законодательства Российской Федерации. - 1995 г. - № 50. - Ст.4869.

314. О социальном развитии села. Закон РФ от 21.12.90 г. // Законы и Постановления РФ. - М., 1991. - Т.2 - С.50-60.

315. О финансовом лизинге. Федеральный закон от 16 июля 1998 г. // Собрание законодательства Российской Федерации. - 1998 г. - № 29. - Ст.3399.

316. Об акционерных обществах. Федеральный закон от 26 декабря 1995 № 208-ФЗ с изменениями // Юридические лица: Сборник законов / Состав. О.М. Козырь и др.; - М., 1998. - 912 с.

317. Об аренде и арендных отношениях в СССР: Указ Президиума ВС СССР от 7.04.89 г. // Ведомости Верховного Совета СССТ. - 1998. - № 15. - Ст.105.

318. Об инженерно-технической системе агропромышленного комплекса. Федеральный закон от 24 мая 1999 г. № 100-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации, 1999 г. - № 22. - Ст.2671.

319. Об ипотеке (залоге недвижимости): Федеральный закон от 16 июля 1998 г. № 101-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. - 1998 г. - № 29. - Ст.3400.

320. Об обществах с ограниченной ответственностью. Федеральный закон от 8 февраля 1998 г. № 14-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. - 1998 г. - № 7. - Ст.785.

321. Об организации машинно-технологических станций / Михлин В.М., Кузьмин В.Н., Шаповалова А.П., Корецкий Ю.А. // Инженерно-техническое обеспечение АПК. - 1995. - № 1. - С.12-15.

322. Об утверждении Концепции национальной безопасности Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 17.12.97 № 1300 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 1997.- № 52. - Ст.5909.

323. Огарков А.П. О результатах деятельности научно-исследовательских учреждений Россельхозакадемии в 1998 г. // Вестник РАСХН. - 1999. - № 1. - С.3-6.

324. Ольшански Тадеуш. Совместное использование машин в хозяйствах Польши // Техника и оборудование для села. - 1998. - № 7. - С.47-48.

325. Оптнер С.-Л. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем / Пер. с англ. - М.: Советское радио, 1969. - 216 с.

326. Опыт работы Лабинской МТС в акционерных обществах Краснодарского края / Г.А. Коваленко, В.В. Альшевский, П.С. Федорук // Механизация и электрификация сельского хозяйства. -1999. - № 4. - С.8-9.

327. Организация высокопроизводительного использования техники на уборке хлебов: Рекомендации / Сост. Э.И. Липкович, В.Я. Жуков, Н.И. Шабанов. - Зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 1980. - 39 с.

328. Организация и структура фермерских кооперативов / Пер. С англ. Доклад № 7 - М.: Информагротех, 1996. - 40 с.

329. Организация поточной жатвы хлебов уборочно-транспортными комплексами // Сост. Э. И. Липкович, В.Я. Жуков, В.Ф. Бирман. - Зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 1976. - 49 с.

330. Орсик А.С. Нормативный срок службы сельскохозяйственной техники // Сб. науч. тр. / ВИМ. - М., 1992. - Т.125. - С.133-136.

331. Основы теории оптимального управления / В.Ф. Кротов, Б.А. Лагоша, С.М. Лобанов и др.; Под ред. В.Ф. Кротова. - М.: Высшая школа, 1990. - 429 с.

332. Павлов Б.В., Пушкарева П.В., Щеглов П.С. Проектирование комплексной механизации сельскохозяйственных предприятий. - 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Колос, 1982. - 288 с.

333. Пагнцов А.Г. Анализ основных параметров развития АПК России в условиях осуществления экономических преобразований. Обзорная информация. - М.: НИИТЭИагропром, 1995. - 48 с.

334. Панцов А.Г,. Анализ основных параметров развития АПК России в условиях осуществления экономических преобразованийц // Обзорная информация. - М.: ЦНИИТЭИагроинформ, 1995. - 48 с.

335. Пасечников Н.С. Научные основы технического обслуживания машин в сельском хозяйстве. - М.: Колос, 1983. - 304 с.

336. Пасечников П.Ф. О показателях производительности и надежности технологических процессов сельскохозяйственного производства // Зап. Ленингр. с.-х. Института. - 1969.- Т.140, вып.1 - С.73-81.

337. Пахомчук С. Вертикальная сельскохозяйственная кооперация // Экономика сельского хозяйства России. - 1998. - № 1. - С.4.

338. Перельман И.И. Оперативная идентификация. - М.: Энергоиздат, 1982. - 272 с.

339. Переход к рынку: концепция и программа // Рабочая группа, созданная решением М.С. Горбачева и Б.Н. Ельцина. - М.: Архангельское, 1990. - 239 с.

340. Петров А.П. Организационные резервы эффективного использования машинно-тракторного парка // Проблемы эффективного использования, технического обслуживания, ремонта и хранения сельскохозяйственной техники. - М., 1984. - Ч.1. - С.20-22.

341. Пилюгин Л.М. О совершенствовании разработки системы машин// Науч.-техн. бюл. ВИМ. - 1988. - Вып. 69. - С.32-35.

342. Полушкин О.А., Царев Ю.А. Непараметрический подход к управлению надежностью комбайнов “Дон” // Сб. науч. тр. / ВИМ. - М., 1992. - Т.1225. - С.84-99.

343. Поляк А.А. Нормирование показателей надежности на основе анализа эффективности использования машинно-тракторного агрегата // Науч.-техн. Бюл. / ВИМ. - 1982. - Т.84. - С.29-34.

344. Поляк А.А. Оптимизация нормативов долговечности сельскохозяйственных тракторов // Сб. науч. тр. / ВИМ. - М., 1992. - Т.125. - С.09-115.

345. Поляк А.А. Прогнозирование показателей надежности с.-х. машин в условиях их эксплуатации // Сб. науч. тр. / ВИМ. - 1988. - Т.117. - С.28-42.

346. Посунько Н.С. Управление агропромышленным производством. - М.: Агропромиздат, 1989. - 191 с.

347. Пошкус Б.И. Проблемы аграрной реформы в Российской Федерации // Аграрные преобразования: опыт и перспективы: Материалы междунар. экон. конф. 3-5 июня 1993 г. - Орел, 1994. - С.106-110.

348. Прибытков П.Ф., Скробач В.Ф. Безотказность уборочных агрегатов и комплексов. - Л.: Агропромиздат, 1987. - 207 с.

349. Применение беспоисковых самонастраивающихся систем для управления химико-технологическими процессами (обзор). / Б.Н.Петров и др. // Измерение, контроль, автоматизация. - 1979. - № 3. - С.10-14.

350. Прогноз зернового производства в Евросоюзе. Дайджест “Agra Europe”// Экономика сельского хозяйства России. - 1988. - № 2. - С.33.

351. Программа развития сельскохозяйственной кооперации до 2000 г. : Утв. коллегией Минсельхозпрода 07.07. 1997 г. № 5-5 // Экономика сельского хозяйстваРоссии. - 1997. - № 10. - С.17-20.

352. Производство и применение органических удобрений в колхозах и совхозах Суздальского района Владимирской области. - Владимир: ВНИПТИОУ. - 43 с.

353. Производство прицепной и сельскохозяйственной техники предприятиями России и стран СНГ // Техника и оборудование для села. - 1998. - №№ 11-12. - С.42-43.

354. Проников А.С. Надежность машин. - М.: Машиностроение, 1978. 519 с.

355. Путов В.Е., Марунченко Ю.М. Совершенствование планирования работы транспортного звена в АПК с применением ЭВМ // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. “Теория и практика совершенствов. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ”. - Ташкент, 1986. - С.21-23.

356. Раджанов П., Мусахаджаева Н.М., Мирзамуратов Х.И. Резервы снижения эксплуатационных затрат использования техники и их влияние на себестоимость продукции // Механизация хлопководства: Научно-технические сборник. - М. - Вып.1. - С.24-25.

357. Радченко В.В., Ткаченко В.П., Карамушка Ю.Н. Экономическое обоснование инвестиций в сельскохозяйственную технику и технологии // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1999. - № 4. - С.2-4.

358. Развитие системы МТС в АПК России // Экономика в сельском хозяйстве России. - 1998. - № 2. - С.22.

359. Развитие системы МТС в АПК России: Материалы Минсельхозпрода // Экономика сельского хозяйства, России. - 1998. - № 2. - С.22.

360. Разработка значений потерь за час простоя сельскохозяйственной техники для зоны Урала и предложения по усовершенствованию методики их определения: отчет о НИР / ЧИМЭСХ. – Челябинск, 1975.

361. Разработка и внедрение комплексной системы механизированного возделывания, уборки и переработки всего биологического урожая основных полевых культур применительно к условиям зон Северного Кавказа, ЦЧО и Поволжья, обеспечивающей снижение затрат труда в 1,3...1,5 раза: Отчет о НИР (закл.) / Всерос. н.-и. и проект. - технол. ин-т механизации и электрификации сел. хоз-ва (ВНИПТИМЭСХ); Руководитель работы Липкович Э.И. - № ГР 01820087812; Инв.№ .. б/н. - Зерноград, 1985. Ч.3 Разработка и обоснование структуры комплексной системы возделывания, уборки и переработки всего биологического урожая основных полевых культур и организационно-технологической структуры рабочих процессов. - 90 с.

362. Разработка и внедрение комплексной системы механизированного возделывания, уборки и переработки всего биологического урожая основных

полевых культур применительно к условиям зон Северного Кавказа, ЦЧО и Поволжья, обеспечивающей снижение затрат труда в 1,3...1,5 раза: Отчет о НИР (закл.) / Всерос. н.-и. и проект. - технол. ин-т механизации и электрификации сел. хоз-ва (ВНИПТИМЭСХ); Руководитель работы Липкович Э.И. - № ГР 01820087812; Инв.№ .. б/н. - Зерноград, 1985. Ч.15 Разработка и внедрение структуры комплексной системы возделывания, уборки и переработки всего биологического урожая основных полевых культур применительно к условиям зон Северного Кавказа, ЦЧО и Поволжья, обеспечивающие снижение затрат труда в 1,3...1,5 раза: отчет о НИР (заключительный) / ВНИПТИМЭСХ. - 90 с.

363. Разработка и внедрение комплексной системы механизированного возделывания, уборки и переработки всего биологического урожая основных полевых культур применительно к условиям зон Северного Кавказа, ЦЧО и Поволжья, обеспечивающей снижение затрат труда в 1,3...1,5 раза: Отчет о НИР (закл.) / Всерос. н.-и. и проект. - технол. ин-т механизации и электрификации сел. хоз-ва (ВНИПТИМЭСХ); Руководитель работы Липкович Э.И. - № ГР 01820087812; Инв.№ .. б/н. - Зерноград, 1985. Ч.17 Приложение к Ч.15 и Ч.16. - 53 с.

364. Разработка и внедрение комплексной системы механизированного возделывания, уборки и переработки всего биологического урожая основных полевых культур применительно к условиям зон Северного Кавказа, ЦЧО и Поволжья, обеспечивающей снижение затрат труда в 1,3...1,5 раза: Отчет о НИР (заключ.) / Всерос. н.-и. и проект. - технол. ин-т механизации и электрификации сел. хоз-ва (ВНИПТИМЭСХ); Руководитель работы Липкович Э.И. - № ГР 01820087812; Инв.№ .. б/н. - Зерноград, 1985. Ч.16 Разработка динамической модели системы возделывания, уборки и переработки всего биологического урожая основных полевых культур и проведение ее оптимизации. - 112 с.

365. Разработка и внедрение комплексной системы механизированного возделывания, уборки и переработки всего биологического урожая основных полевых культур применительно к условиям зон Северного Кавказа, ЦЧО и Поволжья, обеспечивающей снижение затрат труда в 1,3...1,5 раза: Отчет о НИР (пром.) / Всерос. н.-и. и проект. - технол. ин-т механизации и электрификации сел. хоз-ва (ВНИПТИМЭСХ); Руководитель работы Липкович Э.И. - № ГР 01820087812; Инв.№ .. б/н. - Зерноград, 1982. Ч.15 Разработка системы управления процессами возделывания, уборки и переработки всего биологического урожая основных полевых культур и проведение ее оптимизации. - 80 с.

366. Разработка и внедрение комплексной системы механизированного возделывания, уборки и переработки всего биологического урожая основных полевых культур применительно к условиям зон Северного Кавказа, ЦЧО и Поволжья, обеспечивающей снижение затрат труда в 1,3...1,5 раза: Отчет о НИР (пром.) / Всерос. н.-и. и проект. - технол. ин-т механизации и электрификации сел. хоз-ва (ВНИПТИМЭСХ); Руководитель работы Липкович Э.И. - № ГР 01820087812; Инв.№ .. б/н. - Зерноград, 1983. Ч.15 Разработка системы управления процессами возделывания, уборки и переработки всего биологического урожая основных полевых культур и проведение ее оптимизации. - 81 с.

367. Разработка и внедрение комплексной системы механизированного возделывания, уборки и переработки всего биологического урожая основных полевых культур применительно к условиям зон Северного Кавказа, ЦЧО и Поволжья, обеспечивающей снижение затрат труда в 1,3...1,5 раза: Отчет о НИР (пром.) / Всерос. н.-и. и проект. - технол. ин-т механизации и электрификации сел. хоз-ва (ВНИПТИМЭСХ); Руководитель работы Липкович Э.И. - № ГР 01820087812; Инв.№ .. б/н. - Зерноград, 1984. Ч.15 Разработка системы управления процессами возделывания, уборки и переработки всего биологического урожая основных полевых культур и проведение ее оптимизации. - 100 с.

368. Разработка и внедрение комплексной системы механизированного возделывания, уборки и переработки всего биологического урожая основных полевых культур применительно к условиям зон Северного Кавказа, ЦЧО и Поволжья, обеспечивающей снижение затрат труда в 1,3...1,5 раза: Отчет о НИР (пром.) / Всерос. н.-и. и проект. - технол. ин-т механизации и электрификации сел. хоз-ва (ВНИПТИМЭСХ); Руководитель работы Липкович Э.И. - № ГР 01820087812; Инв.№ .. б/н. - Зерноград, 1982. Ч.3 Разработка и обоснование структуры комплексной системы возделывания, уборки и переработки всего биологического урожая основных полевых культур и организационно-технологические структуры рабочих процессов. - 90 с.

369. Разработка и внедрение комплексной системы механизированного возделывания, уборки и переработки всего биологического урожая основных полевых культур применительно к условиям зон Северного Кавказа, ЦЧО и Поволжья, обеспечивающей снижение затрат труда в 1,3...1,5 раза: Отчет о НИР (пром.) / Всерос. н.-и. и проект. - технол. ин-т механизации и электрификации сел. хоз-ва (ВНИПТИМЭСХ); Руководитель работы Липкович Э.И. - № ГР 01820087812; Инв.№ .. б/н. - Зерноград, 1983. Ч.3 Разработка и обоснование структуры комплексной системы возделывания, уборки и переработки всего биологического урожая основных полевых культур и организационно-технологические структуры рабочих процессов. - 66 с.

370. Разработка и внедрение комплексной системы механизированного возделывания, уборки и переработки всего биологического урожая основных полевых культур применительно к условиям зон Северного Кавказа, ЦЧО и Поволжья, обеспечивающей снижение затрат труда в 1,3...1,5 раза: Отчет о НИР (заключ.) / Всерос. н.-и. и проект. - технол. ин-т механизации и электрификации сел. хоз-ва (ВНИПТИМЭСХ); Руководитель работы Липкович Э.И. - № ГР 01820087812; Инв.№ .. б/н. - Зерноград, 1985. Ч.3 Разработка системы управления процессами возделывания, уборки и переработки всего биологического урожая основных полевых культур и проведение ее оптимизации. - 90 с.

371. Разумов А.А. Обоснование объединенного комплексного показателя надежности сельскохозяйственной техники // Научно-технический бюллетень ВИМ. -1990. - Вып.76. - С.35-40.

372. Разумов А.Н. Обеспечение необходимой готовности с.-х. машин в условиях их эксплуатации / Сб. науч. тр. / ВИМ. - 1988. - Т.117. - С.43-63.

373. Разумов А.Н. Обоснование моделей готовности машинно-тракторных агрегатов // Сб. науч. тр. / ВИМ. - 1992. - Т.125. - С.143-163.

374. Разумов А.Н. Обоснование моделей формирования готовности парка сельскохозяйственных машин // Сб. науч. тр. / ВИМ. - М., 1988. - Т.125. - С.11-27

375. Райкин А.Л. Элементы теории надежности для проектирования технических систем. - М.: Советское радио, 1967. - 262 с.

376. Райншке К., Ушаков И.А. Оценка надежности систем с использованием графов. - М.: Радио и связь, 1988. – 209 с.

377. Районный уборочный конвейер / Э. И. Липкович, В. Я., Жуков, Н.И. Шабанов. - Ростов н/Д: Ростиздат, 1981. - 30 с.

378. Рассказов М.Я. Методика расчета ремонтной базы с использованием ЭВМ // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1998. - № 3. - С.22-25.

379. Рассказов М.Я. Теоретические основы и опыт организации ремонта и технического обслуживания машин в агропромышленном комплексе // Интенсификация научных исследований в агропромышленном комплексе. - Зерноград, 1987. - С.95-107.

380. Растригин Л.А. Системы экстремального управления. - М.: Наука, 1974. - 630 с.

381. Рациональное землепользование - веление времени: Дискуссионный клуб // Экономика в сельском хозяйстве России. - 1998. - № 2. - С.9-12.

382. Ревенко В.Л. Организация работы уборочно-транспортно-заготовительного комплекса // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. “Теория и практика совершенствов. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ”. - Ташкент, 1986. - С.81-82.

383. Рекомендации по организации хранения техники на машинных дворах колхозов и совхозов / Н.И Агафонов, В.Н. Курочкин, Г.П. Кучмасова, В.Я. Лимарев. - Зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 1981. - 27 с.

384. Рекомендации по организации межхозяйственных жатвенных и уборочно-транспортных отрядов. - Зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 1979. - 11 с.

385. Решение научно-практической конференции “Научно-технический прогресс в инженерно-технической сфере АПК России”, 26-27 октября 1993 г., Москва: ГОСНИТИ // Научно-технический прогресс в инж. - техн. сфере АПК России. - М., 1994. - С.177-181.

386. Решение научно-технической конференции “Научно-технический прогресс в инженерной сфере АПК России” // Научно-технический прогресс в инженерной сфере АПК России: Материалы науч.-практ. конф. Москва, ВИМ 15-16 октября 1997 г. - М., 1998. - С.194-197.

387. Розенберг В.Я., Прохоров А.И. Что такое теория массового обслуживания. - М.: Советское радио, 1965. - 256 с.

388. Романенко Г.А. Актуальные проблемы развития АПК // Аграрные преобразования: опыт и перспективы: Материалы междунар. экон. конф. 3-5 июня 1993 г. - Орел, 1994. - С.3-8.

389. Рубальский Г.В. Задачи управления запасами резервных изделий // Оптимальное резервирование и управление запасами. - М., 1979. - С.70-93.

390. Рубальский Г.В. Решение задач оптимального управления запасами на программируемых калькуляторах. - М.: Знание, 1984.

391. Рудис Э. Некоторые проблемы аграрной реформы в Литве // Аграрные преобразования: опыт и перспективы: Материалы междунар. экон. конф. 3-5 июня 1993 г. - Орел, 1994. - С.148-150.

392. Рудницкий Н.В. Экономико-статистические модели для разных форм хозяйствования // Экономика сельского хозяйства России. - 1998. - № 2. - С.38.

393. Руководство по использованию программного комплекса “Оптимизация состава машинно-тракторного парка хозяйства” при работе на персональном компьютере. - М.: ВИМ, 1990. - 32 с.

394. Рунчев М.С. На машинных дворах // Маяк. - 1986.

395. Рунчев М.С. На основе комплексных целевых программ и системного подхода // Вестник сельскохозяйственной науки. - 1984. - № 10. - С.107-111.

396. Рунчев М.С. Направления исследований ВНИПТИМЭСХ по ускорению научно-технического прогресса в хозяйствах южных районов страны // Комплексная механизация производственных процессов в растениеводстве. - Зерноград, 1987. - С.11-15.

397. Рунчев М.С. О планировании и организации комплексных исследований с использованием системного анализа и математического моделирования // Совершенствование средств механизации возделывания зерновых культур. - Зерноград, 1984. - С.3-12.

398. Рунчев М.С. Применение системного анализа и вычислительной техники в обосновании поточной технологии и управлении производством уборочных работ // Интенсификация научных исследований в агропромышленном комплексенаутр. - Зерноград, 1987.- С.51-58.

399. Рунчев М.С. Применение системного анализа и вычислительной техники в обосновании поточной технологии и правления производством уборочных работ // Интенсификация научных исследований в АПК. - Зерноград, 1987. - С.135-146

400. Рунчев М.С. Прогнозирование основных направлений научно-технического прогресса механизации сельского хозяйства // Инженерно-техническое обеспечение АПК. - 1995. - № 1. - С.6-7.

401. Рунчев М.С. Теория и практика эффективного использования сельскохозяйственной техники // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - Зерноград, 1979. - Вып.34. - С.3-14.

402. Рунчев М.С. Уборочно-транспортные и другие комплексы и повышение производительности труда // Вестник сельскохозяйственной науки. - 1977. - № 11. - С.112-118.

403. Рунчев М.С., Липкович Э.И., Жуков В.Я. Организация уборочных работ специализированными комплексами. - М.: Колос, 1980. - 223 с.

404. Рунчев М.С., Сисюкин Ю.М., Чупринин Н.И. Поточная организация полевых работ. - Россельхозиздат, 1981. - 239 с.

405. Рыжиков Ю.И. Управление запасами. - М.: Наука, 1969. - 343 с.

406. Рынок земли в Чехии // Экономика в сельском хозяйстве России. - 1988. - № 1. - С.29.

407. Система ведения агропромышленного комплекса Ростовской области. В 2 книгах. Кн. 1. - Ростов н/Д, 1998. - 378 с.

408. Саблук П. Состояние и перспективы аграрной реформы на Украине // Аграрные преобразования: опыт и перспективы: Материалы междунар. экон. конф. 3-5 июня 1993 г. - Орел, 1994. - С.151-157.

409. Савин И.Г. Определение минимальных издержек на единицу работы машинно-тракторного агрегата МТС // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1998. - № 8. - С.5-7.

410. Савченко Е. Налоговая система: проблемы, решения // АПК - экономика, управление. - 1998. - № 2. - С.39-46.

411. Савченко Е. Налоговая система: проблемы, решения // АПК экономика, управление. - 1998. - № 2. - С.39-46.

412. Сагановский В.Н. Системная деятельность и ее философское осмысление // Системные исследования. Методические проблемы: Ежегодник. - М.: Наука, 1981. - 280 с.

413. Садовский В.Н. Основания общей теории системы. - М.: Наука, 1984. - 280 с.

414. Сапон Н.С., Колесник А.В. Применение имитационных моделей при планировании и оптимизации процессов УТЗР // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. “Теория и практика совершенствов. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ”. - Ташкент, 1986. - С.70-71.

415. Сборник статистических материалов. - М.: Финансы и статистика, 1990 г. - 238 с.

416. Северный А.Э. Хранение сельскохозяйственной техники. - М.: Россельхозиздат, 1980. - 127 с.

417. Северный А.Э., Поцкалев А.Ф., Новиков А.Л. Справочник по хранению сельскохозяйственной техники. - М.: Колос, 1984. - 223 с.

418. Северный А.Э., Халфин М.А. О системе федерального контроля и регулирования качества сельскохозяйственной техники // Инженерно-техническое обеспечение АПК. - 1995. - № 1. - С.7-11.

419. Северный Э.И. Основные направления развития технического сервиса в АПК // Научно-технический прогресс в инженерной сфере АПК России: Материалы науч. - практ. конф. Москва - ВИМ 15-16 октября 1997 г. - М., 1998. - С.65-74.

420. Селиванов А.И. Основы теории старения машин. - М.: Машиностроение, 1971. - 408 с.

421. Селиванов А.И., Артемьев Ю.Н. Теоретические основы ремонта и надежности сельскохозяйственной техники. - М.: Колос, 1978. - 248 с.

422. Сельскохозяйственные кооперативы: формы и принципы функционирования // Экономика в сельском хозяйстве России. - 1998. - № 1. - С.35.

423. Сергеев А.Л. Концепция совершенствования системы механизации растениеводства // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1987. - № 9. - С.20-24.

424. Сергеев А.Л. Методология прикладных исследований в сельскохозяйственном производстве: Вопросы экономической эффективности. - Ростов н/Д; Кн. изд-во, 1989. - 160 с.

425. Синюков М.И. Планирование организации использования техники в сельском хозяйстве. - М.: Колос, 1982. - 208 с.

426. Система ведения агропромышленного комплекса Ростовской области. В 2 книгах. Кн. 2. - Ростов н/Д, 1998. - 353 с.

427. Система ведения сельского хозяйства Ростовской области на 1981-1985 гг. / Н.П. Борисенко, Н.А. Акимова, Д.М. Пурышев и др. - Ростов н/Д: Кн. Изд-во, 1980. - 303 с.

428. Система машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства на 1981-1990 годы. Ч.1. Растениеводство. - М.: ЦНИИТЭИ, 1982. - 848 с.

429. Системный анализ развития горнодобывающих предприятий (проблемы теории и методологии) / Горный ин-т. Кольский научный центр АН СССР. - Л.: Наука, 1991. - 180 с.

430. Скибневский К.Ю. Перспективные методы диагностирования сельскохозяйственной техники // Сб. науч. тр. / ВИМ. - М., 1992. - Т.125. - С.36-52.

431. Скробач В.Ф., Исаева Т.Т. Оптимизация и управление технологическими линиями // Науч. тр. Ленингр. СХИ. - 1979. - Т.373. - С.61-64.

432. Славин Р.М. Методические основы расчета технико-экономического эффекта // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1980. - № 1. - С.6-10.

433. Соболь Н. М. Метод Монте-Карло. - М.: Наука, 1978. - 64 с.

434. Совершенствование управления уборкой урожая / В.П. Бряузов, Э.Г. Ланге, А.А. Чалый, С.Ш. Фарбер // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. “Теория и практика совершенствов. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ”. - Ташкент, 1986. - С.74-76.

435. Совместное использование машин в хозяйствах Польши. //Техника и оборудование для села. - 1998. - № 7. - С.47-48.

436. Соловьев М.Г. Как улучшить использование уборочной техники // Инженерно-техническое обеспечение АПК. - 1995. - № 6. - С.15-16.

437. Соломкин А.П. Обеспечение технической готовности тракторов// Проблемы эффективного использования, технического обслуживания, ремонта и хранения сельскохозяйственной техники. - М., 1984. - Ч.1. - С.52-55.

438. Состояние и перспективы механизации переработки сельскохозяйственной продукции // Техника и оборудование для села. - 1998. - № 9 - С.7.

439. Состояние Российского рынка тракторов и зерноуборочных комбайнов // Техника и оборудование для села. - 1999. - №№ 1-2. - С.37-39.

440. Социальное развитие села: проблемы и тенденции (Экономический обзор) // АПК: экономика, управление. - 1998. - № 2 . - С.21.

441. Справочная книга по технологии ремонта машин в сельском хозяйстве / Под ред. акад. ВАСХНИЛ А.И. Селиванова. - М.: Колос, 1975. - 600 с.

442. Справочник по прикладной статистике. В 2-х томах. Т.1. :Пер. с англ. / Под ред. Э. Ллойда, У. Ледермана, Ю.Н. Тюрина. - М.: Финансы и статистика, 1989. - 510 с.

443. Справочник по прикладной статистике. В 2-х томах. Т.2.: Пер. с англ. / Под ред. Э.Ллойда, У.Ледермана, Ю.Н.Тюрина. - М.: Финансы и статистика, 1989. - 525 с.

444. Справочник по ремонтно-обслуживающему производству агропромышленного комплекса / Справочное издание. А.П.Корж, В.К.Чумак, А.Г. Ошкали, М.С. Гуторович. - Киев: Урожай, 1988. - 240 с.

445. Справочник проектировщика систем автоматизированного управления производством. Изд. перераб. и дополн. - М.: Машиностроение, 1976. - 590 с.

446. Средства и методы ремонтно-обслуживающих работ в производственных подразделениях колхозов и совхозов: Рекомендации / В.Я. Лимарев, Н.И. Агафонов, В.Н. Курочкин. – Зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 1981. – 27 с.

447. Статистические методы в экспериментальной физике / Пер. с англ.; Под ред. А. А. Тяпкина. - М.: Атомиздат, 1976. - 336 с., ил.

448. Стопалов С. Г., Рачков А.А., Носов Г.И. Машинно-технологические станции как один из путей вывода из кризиса сельского хозяйства // Техника в сельском хозяйстве. - 1998. - № 3. - С.5-7.

449. Стопалов С.Г. Рациональная система ремонтно-технического обслуживания в условиях МТС (на примере Переславской МТС) // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1998. - № 9. - С.2- 4.

450. Стопалов С.Г., Кормаков А.Ф. Определение потерь, вызванных простоями сельскохозяйственных машин // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. - 1977. - № 12.

451. Стратегия выхода из кризиса инженерно-технической сферы АПК // Техника и оборудование для села. - 1999. - № 3. - С.4-7.

452. Строев Е.С. Переход к многоукладной экономике - стратегия развития АПК // Аграрные преобразования: опыт и перспективы: Материалы междунар. эконом. конф. 3-5 июня 1993 г. - Орел, 1994. - С.9-19.

453. Таран В.В. Проблемы энергоресурсного обеспечения сельского хозяйства России // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1999. - № 8. - С.2-3.

454. Таха Х. Введение в исследование операций: В 2-х книгах. Кн.1. / Пер. с англ. - М.: Мир, 1985. - 479 с.

455. Таха Х. Введение в исследование операций: В 2-х книгах. Кн.2. / Пер. с англ. - М.: Мир, 1985. - 496 с.

456. Телипенко Н.С. Научное и нормативно-техническое обеспечение разработки и внедрения ПО Агротехтрактор. - М., 1989. - С.23-25.

457. Тененбаум М.М. Об оценке надежности сельскохозяйственных машин на машиноиспытательных станциях. // Сб. науч. тр. / ВИМ. - М., 1992. - Т.125. - С.31-36.

458. Теория систем с переменной структурой / Под ред. С.В.Емельянова. - М.: Наука, 1970. - 592 с.

459. Типовые технологические карты возделывания и уборки зерновых колосовых культур. - М.: Колос, 1984. - 305 с.

460. Титов Ю.М., Колончук В.М. Особенности оптимизации сроков службы оборудования животноводческих ферм // Проблемы эффективного использования, технического обслуживания, ремонта и хранения сельскохозяйственной техники. - М., 1984. - Ч.1. - С.80-81.

461. Тихонов В.А. Экономика и организация применения техники в сельском хозяйстве. - М.: Колос, 1972. - 343 с.

462. Ткач А. Сельское хозяйство России в 1997 году // Экономика в сельском хозяйстве России. - 1988. - № 2. - С.16.

463. Уайл Д.Дж. Методы поиска экстремума. / Пер. с англ. - М.: Наука, 1967. - 267 с.

464. Уборочно-транспортный и заготовительный процесс в РАПО: основы организации и математическое моделирование: Методические рекомендации/ Э.И. Липкович, В. Н. Курочкин, Л.М. Сергеева и др. – М.: ВАСХНИЛ, 1986. – 144 с.

465. Уборка незерновой части урожая / Э.И. Липкович, В. Жуков, Н. Шабанов, Н. Дмитриенко // Сельские зори. - 1980.- № 7. - С.36-40.

466. Устойчивость адаптивных систем / Пер. с англ. Андерсон Б., Бирман Р., Джонсон К. и др. - М.: Мир, 1989. - 263 с.

467. Уткин В. И. Скользящие режимы и их применение в системах с переменной структурой. - М.: Наука, 1981. - 367 с.

468. Ушаков И. А., Гнис Я. Г. Оценка надежности восстанавливаемых резервированных систем при проектировании. - М., 1986. - 98 с.

469. Ушаков И.А. Методы решения простейших задач оптимального резервирования. - М.: Советское радио, 1969. - 176 с.

470. Ушаков Н.А. Задача оптимального резервирования / Оптимальное резервирование и управление запасами. – М.: Инмаш, 1979. – С.3-69.

471. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения: Перев. с англ. / Под ред. Е.Г.Дынкина с предисловием А.Н. Колмогорова. - М.: Мир, 1964. - 500 с.

472. Фермерский машинный кружок // Техника и оборудование для села. - 1998. - № 9 и № 10 - С.60-61.

473. Ферстер Э., Рейнц Б. Методы корреляционного и регрессионного анализа. / Пер. с нем. - М.: Финансы и статистика, 1983. - 302 с.

474. Флейшман Б.С. Основы системологии. - М.: Радио и связь, 1982. - 368 с.

475. Форрестер Дж. В. Динамика развития города / Пер. с англ. - М.: Прогресс, 1974. - 287 с.

476. Форрестер Дж. В. Мировая динамика / Пер. с англ. - М.: Наука, 1978. - 167 с.

477. Форрестер Дж. В. Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика) / Пер. с англ. - М.: Прогресс, 1971. - 340 с.

478. Фортуна В.А. Насущные задачи повышения эффективности использования сельскохозяйственной техники // Проблемы эффективного использования, технического обслуживания, ремонта и хранения сельскохозяйственной техники. - М., 1984. - Ч.1. - С.36-38.

479. Хабатов В.Ш., Евтюшенков Н.Е., Рожин В.Ф. Оптимизация параметров транспортно-тракторных агрегатов // Научно-технический прогресс в инженерной сфере АПК России: Материалы науч.-практ. конф. Москва - ВИМ 15-16 октября 1997 г. - М., 1998. - С.98-99.

480. Халфин М.А. Проблемы надежности сельскохозяйственной техники // Сб. науч. тр. / ВИМ. - 1992. - Т.125. - С.23-31.

481. Харари Ф. Теория графов. - М.: Мир, 1973. - 300 с.

482. Хлыстун В.Н. Проблемы и результаты аграрной реформы в России. // Аграрные преобразования: опыт и перспективы: Материалы междунар. экон. конф. 3-5 июня 1993 г. - Орел, 1994. - С.125-128.

483. Христова М. Проблемы аграрной реформы в Болгарии // Аграрные преобразования: опыт и перспективы: Материалы междунар. экон. конф. 3-5 июня 1993 г. - Орел, 1994. - С.195-197.

484. Цены на тракторы, автомобили и сельскохозяйственную технику, поставляемую по лизингу // Состояние на январь 1999 г. // Техника и оборудование для села. - 1999. - № 5. - С.38.

485. Чаянов А.В. Избранные произведения. - М.: Московский рабочий, 1989. - 366 с.

486. Черепанов С.С. Совершенствование машиноиспользования в сельском хозяйстве. - М.:ГОСНИТИ, 1998. - № 2. - С.3-5.

487. Черепанов С.С. Методы и средства технического обслуживания машинно-тракторного парка на современном этапе // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - М., 1988.

488. Черепанов С.С. Проблемы инженерного обеспечения современного сельскохозяйственного производства // Научно-технический прогресс в инж.-техн. сфере АПК России. - М., 1994. - С.149-156.

489. Черепанов С.С. Создание машинно-технологических станций // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1999. - № 5. - С.2-5.

490. Черепанов С.С., Северный А.Э. МТС в системе сельскохозяйственного производства // Техника в сельском хозяйстве. - 1999. - № 5. - С.10-12.

491. Черноиванов В.И. Основные направления развития технического сервиса в сельском хозяйстве // Научно-технический прогресс в инж.-техн. сфере АПК России. - М., 1994. - С.40-46.

492. Черноиванов В.И. Проблемы развития инженерно-технической сферы АПК России // Научно-технический прогресс в инженерной сфере АПК

России: Материалы науч.-практ. конф., Москва - ВИМ 15-16 октября 1997 г. - М., 1998. - С.3-8.

493. Черноиванов В.И., Северный А.Э. Машинно-технологические станции в системе сельскохозяйственного производства // Техника в сельском хозяйстве. - 1999. - № 5 - С.10-12.

494. Черноиванов В.И., Северный А.Э. О совершенствовании системы технического сервиса // Инженерно-техническое обеспечение АПК. - 1996. - № 1. - С.2-7.

495. Чертан С.И. Аграрная реформа в Молдове // Аграрные преобразования: опыт и перспективы: Материалы междунар. экон. конф. 3-5 июня 1993 г. - Орел, 1994. - С. 158-160.

496. Чудиковский И. М. Формирование тракторного парка в фермерских хозяйства зарубежных стран: Обзорная информация. – М.: 1994. – 28 с..

497. Шапиро В.Я. Рациональная организация проведения работ уборочно-транспортным комплеском // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. “Теория и практика совершенствов. управления уборочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ”. - Ташкент, 1986. - С.53-54.

498. Шарецкий С.Г. Проблемы адаптации АПК Республики Беларусь к рыночным условиям // Аграрные преобразования: опыт и перспективы: Материалы междунар. экон. конф. 3-5 июня 1993 г. - Орел, 1994. - С.162-165.

499. Шахмаев М.В. Формирование МТП колхозов и совхозов. - М.: Агропромиздат, 1986. - 231 с.

500. Шишонок Н.А., Караульщиков В.П. Построение модели процесса технической эксплуатации систем управления // Электронное моделирование. - 1980.- № 4.- С.7-12.

501. Шмелев Г.А. В. Чаянов о сущности и основных принципах сельскохозяйственной кооперации // АПК - экономика, управление. - 1998. - № 2. - С.11-20.

502. Шпилько А.В. О развитии системы машинно-тракторных станций в АПК // Техника в сельском хозяйстве. - 1998. - № 3. - С.3-5.

503. Шпилько А.В. Развитие материально-технической базы АПК России // Техника и оборудование для села. - 1998. - № 7. - С.4-10.

504. Шпилько А.В. Состояние и меры по реализации технической политики в АПК // Инженерно-техническое обеспечение АПК. - 1996. - № 2. - С.6-9.

505. Шпилько А.В. Вторичный рынок и цена подержанной техники // Техника в сельском хозяйстве. - 1998. - № 6. - С.3-6.

506. Шпилько А.В. Современные проблемы механизации АПК (задачи ВИМ) // Техника в сельском хозяйстве. - 1999. - № 6. - С.27-28.

507. Шрайбер Т. Д. Моделирование на GPSS / Пер. С англ. В.И. Гаргера, И.Л. Шмуйловича. - М.: Машиностроение, 1980. - 592 с.

508. Шульженко М.Г. Экономико-математическая модель согласования региональных и отраслевых планов развития АПК // Тез. докл. и выступл. участн. Всесоюз. конф. “Теория и практика совершенствов. управления убо-

рочно-транспорт.-заготовит. работами в АПК с применением ЭВМ". - Ташкент, 1986. - С.23-24.

509. Шутьков А. Рациональные системы ведения АПК // АПК: экономика, управление. - 1999. - № 2. - С.3-11.

510. Шутьков А.А. Проблемы совершенствования системы управления в агропромышленном производтве Российской Федерации // Аграрные преобразования: опыт и перспективы: Материалы междунар. экон. конф. 3-5 июня 1993 г. - Орел, 1994. - С.129-143.

511. Щеглов П.С. Оценка простоев сельскохозяйственной техники / Тр. Сиб. НИИ механизации иэлектрификации сел. хоз.-ва. - 1970. - Вып.7, Ч.1. - С.77-86.

512. Щеглова Т. Эффективность производства сельскохозяйственной продукции в крупных предприятиях // АПК - экономика, управление. - 1998. - № 1. - С.57-59.

513. Экономика предприятия / Под ред. проф. В. Я. Горфинкеля, проф. У. М. Куприянова. - М.: Банки и Биржи, 1996. - 367 с.

514. Эксплуатационная надежность сельскохозяйственных машин / Анилович В.Я., Дьяченко В.А., Манчинский Ю.А. и др. - Минск: Урожай, 1974. - 264 с.

515. Эльдиев М. Экономическое регулирование продовольственного обеспечения в регионе // АПК - экономика, управление. - 1998. -№ 2. - С.47-52.

516. Эльдиев М., Лишанский Б. Сельскохозяйственные производственные кооперативы // Экономика сельского хозяйства России. - 1998. - № 2. - С.33.

517. Янг Э. Прогнозирование научно-технического прогресса. - М.: Прогресс, 1970. - 240 с.

518. Attrezza turesul Merkata. - Terra e Vita. 1992. Vol. 33, N:10.- p. 7...11.

519. Gliemm, Yoe A. et al. Variable consts of operating farm machinery in Ohio. - American Sosiety of Agricultural Engineers. St7 Yoserph, Paper N:88-1505. 1988.

520. Scott R. H., Gibbons G. Wris hell//Implement & Traktor. 1984. N:8. - P.12-14.

521. Rise of megadealer // Farm Industry News. 1989. Vol. 22, N 9. - P.15.

522. Fogarty B. Recornize his exelence, not just his volume // Implement & Traktor. 1984. N 3. p. 3...4.

523. Sample Legal Documents for Cooperatives. CIR 40. 1990.

524. THomas J. Schriber. Simulation Using GPSS. - The Uniwersity of Michigan. - p. 900.

525. Gliem, Yoe A. et al. Variable costs of operating farm machinery in Ohio& Paper N 88-1505. American Sosity of Agricultural Engineeers. St. Yoseph, 1988.

526. Leontiof W. W. DomesticProduction and Foreign Trade: The American Capital Position Re-examined. - Economia Internazionale, 7 91954), - p. 3...32.

527. Stevens, D. M., and D. E. Agee. Using Farm Machinery Effictientli. University of Wyoming Agricultural Experiment Station

528. Plath J., Ford W. Owning versus Gustom-Hiring Hay Harvesting Machinery. - Colombo Basig, Waschington, Waschington State University Extension Bulletin N:1265.

529. Farms: Number land in farm, and average size of farm. - US: Agricultural Statistica. 1975...1985.

530. Samuelson P.A. Internationasle Trade and the Egnalizathion of Faktor Prices. -Economic Juonal 8, p. 163...184.

531. Shoup W. D. Predicting perfomansce reliabiliti of machinery systems. - Agr. Engg., 1983, vol. 36, N4. - p. 109...122.

532. Joseph Buchan/ Scientific inventory management Touche, Ross, Bailey and Smart, New York. C. E. I. R., San Francisko.

533. Modern Economic Thought/ Edited by Sidney Weintraub. – The University of Pennsylvania Press, Inc. 1977.

534. Leontief W.W. Quantitative Input and Output Relation in the Economic System of the United States. Cembridge, W.W. The University Press/ p. 105-125.

535. Karlin S. Mathematical Methods and Theory of Games, Programming and Economics. Reading, Mass., Addisson-Wesley. Ch. 9.

Научное издание

Курочкин Валентин Николаевич,
доктор технических наук. старший научный сотрудник
лауреат премии Главы Администрации
(Губернатора) Ростовской области
в области науки

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ

монография

Издано в авторской редакции

Объем 30,88 уч. изд. п. л.

Тираж 501 экз.

ООО «Ростиздат»
247010, г. Ростов-на-Дону, ул. Красноармейская, 23