МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО Донской ГАУ)

АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКИЙ ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ – ФИЛИАЛ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» В Г. ЗЕРНОГРАДЕ
(Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ)

Кафедра эксплуатации и технического сервиса
наземных транспортно-технологических средств

С.К. Филатов, Л.Ю. Шевырев, А.Ф. Бельц, А.Н. Каплунов

УПРАВЛЕНИЕ
СОЦИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Практикум

Зерноград – 2024

УДК 656.07(075)
ББК 39.38я73

Печатается по решению методической комиссии
инженерно-технологического факультета
Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО
«Донской государственный аграрный университет» в г. Зернограде

Рецензенты:
д-р техн. наук, профессор кафедры «Технологии и средства механизации агропромышленного комплекса» Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» в г. Зернограде ***Несмиян А.Ю.,***
канд. техн. наук, доцент кафедры «Землеустройство и кадастры» Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» в г. Зернограде
Калинин А.А.

Управление социально-техническими системами: практикум / С.К. Филатов, Л.Ю. Шевырев, А.Ф. Бельц, А.Н. Каплунов – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2024. – 43 с.

Практикум предназначен для студентов всех форм обучения направлений подготовки 23.03.01 Технология транспортных процессов, 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства при изучении дисциплины «Управление социально-техническими системами».

Практикум направлен на закрепление и практическое применение теоретических знаний по принятию эффективных инженерных и управленческих решений при управлении транспортными комплексами и системами. Он содержит методики расчета и примеры решения прикладных задач. Приведены варианты заданий для самостоятельного выполнения.

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры
«Эксплуатация и технический сервис наземных
транспортно-технологических средств».
Протокол № 3 от 14.11.2023 г.

Рассмотрено методической комиссией по направлению
23.03.01 и 23.04.01 Технология транспортных процессов.
Протокол № 6 от 10.04. 2024 г.

© Филатов С.К., Шевырев Л.Ю.,
Бельц А.Ф., Каплунов А.Н., 2024
© Азово-Черноморский инженерный
институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Введение …….. 4
Практическое занятие № 1
Построение дерева целей и систем 5
1.1 Цели работы …….. 5
1.2 Построение дерева целей ……... 5
1.3 Построение дерева систем …… 8
1.4 Контрольные вопросы …… 11
Практическое занятие № 2
Определение критического пути и продолжительности выполнения программы ……. 12
2.1 Цели работы …… 12
2.2 Метод определения критического пути проекта ..…….. 12
2.3 Порядок расчета критического пути ……..…….. 13
2.4 Контрольные вопросы …… 18
Практическое занятие № 3
Оценка влияния факторов методом априорного ранжирования …. 19
3.1 Цели работы …… 19
3.2 Методы интеграции мнений специалистов ……. 19
3.3 Последовательность проведения экспертизы …….. 20
3.4 Контрольные вопросы …… 24
Практическое занятие № 4
Управление возрастной структурой парка ..…….…..... 25
4.1 Цели работы ……...….. 25
4.2 Управление возрастной структурой парка ……..……..... 25
4.3 Расчет показателей ВСП при дискретном списании ……... 26
4.4 Расчет показателей ВСП при случайном списании ……. 31
4.5 Контрольные вопросы …...……. 35
Литература…….. 36
Приложения ……..…….…….. 37

ВВЕДЕНИЕ

В условиях рынка, конкуренции, экономической самостоятельности предприятий важнейшим становится, наряду с техникой и технологией, умение специалиста управлять производством, то есть большими социально-техническими системами, состоящими из многих элементов или подсистем.

Система может функционировать эффективно, если её элементы эффективны и их работа планируется, регулируется и оценивается.

В случае автотранспортного предприятия этими элементами (подсистемами) могут быть: транспортные объекты (автомобили, агрегаты и т.д.), средства обслуживания и ремонта (гаражное, погрузочно-разгрузочное, транспортно-складское оборудование и т.д.), материальные ресурсы, персонал, взаимоотношения с другими подразделениями, его руководством и другие.

Основной целью дисциплины «Управление социально-техническими системами» является формирование у студентов знаний и навыков, необходимых при управлении транспортными системами, являющимися разновидностью больших социально-технических систем, включая современные методы принятия инженерных и управленческих решений.

Практикум предназначен для изучения дисциплины «Управление социально-техническими системами» студентами всех форм обучения направления подготовки 23.03.01 Технология транспортных процессов, 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства.

Целью практических занятий является закрепление теоретического материала на примере решения прикладных задач управления транспортными комплексами и системами. Приложения содержат варианты заданий для самостоятельного выполнения. Каждый вариант имеет свой шифр в виде трехзначного числа: от 111 до 433 (первая цифра шифра изменяется от 1 до 4, вторая и третья – от 1 до 3). Студентам их варианты сообщает преподаватель.

Отчеты по всем практическим работам сшиваются в один документ с общим титульным листом. Каждая практическая работа защищается. В ходе защиты студент должен рассказать о сути работы, привести выводы по работе, а также ответить на контрольные вопросы, приведенные в конце каждой работы.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1
ПОСТРОЕНИЕ ДЕРЕВА ЦЕЛЕЙ И СИСТЕМ

1.1 Цели работы

1) изучение методов построения и анализа дерева целей;
2) ознакомление с верхними уровнями дерева целей;
3) изучение методов построения и анализа дерева систем;
4) ознакомление с верхними уровнями дерева систем.

1.2 Построение дерева целей

Одним из необходимых условий постановки задачи управления является наличие четко поставленной цели управления. При формулировании цели конкретной системы возникает несколько достаточно сложных задач:

– как от общих или обобщенных целей вышестоящей системы перейти к конкретным (количественно описанным) целям подсистемы?

– как сопоставить несколько иногда противоречащих целей?

– как цели соразмерить с ресурсами и как ресурсы распределить между целями?

– как цели подсистем заставить работать на цели системы?

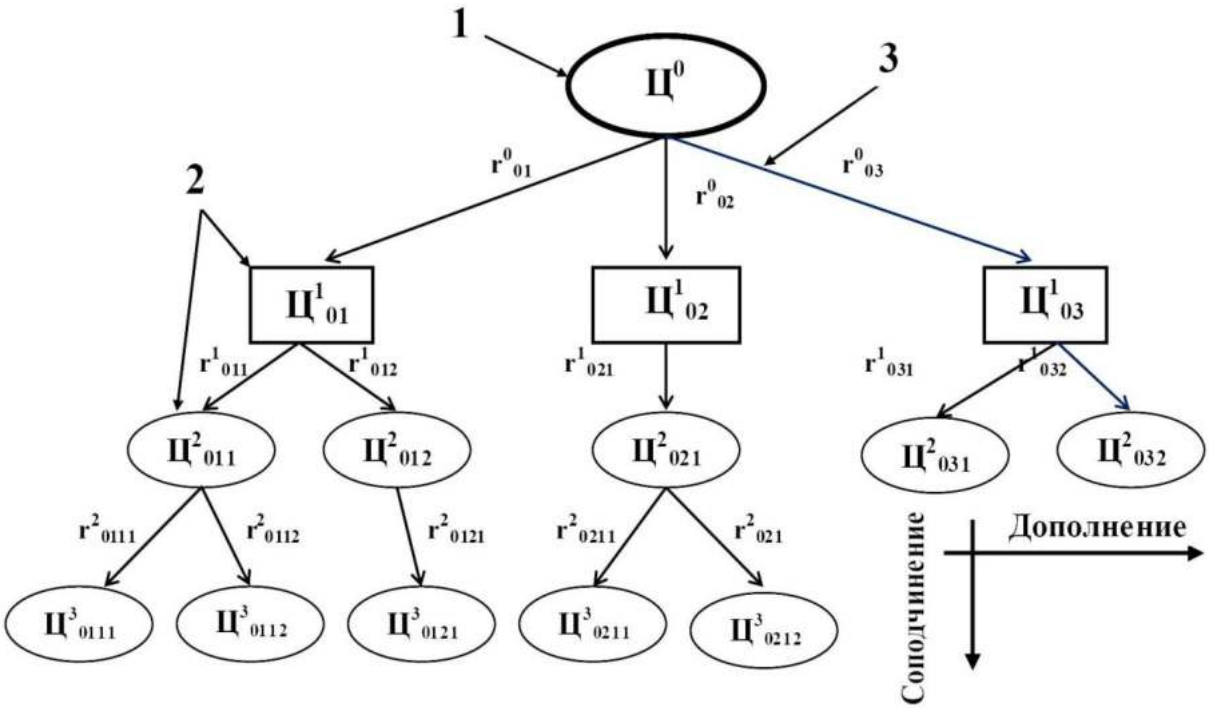
Для решения эти задач применяется **дерево целей – упорядоченная иерархия целей, отражающая их соподчинение и внутренние взаимосвязи.**

При построении дерева целей происходит декомпозиция – разложение цели по уровням, то есть их упрощение, конкретизация, уточнение адресности. Обычно дерево целей имеет одну вершину, называемую корнем (1, рисунок 1.1), который характеризует генеральную цель системы $Ц^0$, располагаемую на высшем уровне. Далее цель высшего уровня разлагается на цели первого уровня $Ц^1_{01}$, $Ц^1_{02}$ … $Ц^1_{0N}$, они, в свою очередь, – на цели второго уровня и так далее. Декомпозиция продолжается до так называемых элементарных целей, которые дальнейшему разложению не подлежат. Например, для персонала АТП – это цели, которых должен добиваться конкретный исполнитель (водитель, слесарь).

В дереве целей отношение цели низшего уровня к цели высшего называется соподчинением. Одна из форм соподчинения – это определение конкретного вклада (весомости) целей низшего уровня в цель высшего уровня. Цели же одного уровня дополняют друг друга.

Цели более высокого уровня соединены с целями следующего (более низкого) уровня дугами (3, рисунок 1.1). Дуги характеризуют отношение между целями разного уровня. Как правило, это отношение типа $Ц^i > Ц^{i+1}$, которое означает, что цель *i*-го уровня доминирует над целью следующего ранга i+1.

Одним из видов отношений может быть значимость (вклад) подцели нижнего уровня в достижение цели верхнего уровня.



1 – корень дерева целей (генеральная цель системы);
2 – вершины дерева целей; 3 – дуги дерева целей

Рисунок 1.1 – Схема дерева целей

Дуги обозначаются $r^{i}_{km,}$

где i – ранг цели, из которой выходит дуга;
k – номер вершины, из которой выходит дуга;
m – номер нижестоящей вершины, в которую входит дуга.

Если, например, генеральная цель $Ц^0$ складывается из трех подцелей первого уровня (рисунок 1.1), то через дуги эту связь можно записать следующим образом:

$$Ц^0 = r^0_{01} Ц^1_{01} r^0_{02} Ц^1_{02} r^0_{03} Ц^1_{03}. \qquad (1.1)$$

Соответствующие обозначения имеют и вершины (цели). Цифровое обозначение цели позволяет однозначно определить место и уровень данной цели в дереве целей, а также её связь и соподчинение с вышестоящими целями. Например, обозначение цели $Ц^4_{01125}$ показывает следующее:

$$Ц^4_{01125} \xrightarrow{r^3_{01125}} Ц^3_{0112} \xrightarrow{r^2_{0112}} Ц^2_{011} \xrightarrow{r^2_{011}} Ц^1_{01} \xrightarrow{r^0_{01}} Ц^0$$

– это цель четвертого уровня;
– вышестоящая цель имеет обозначение $Ц^3_{0112}$;
– эта цель является пятой подцелью цели $Ц^3_{0112}$;
– набор номеров цели 01125 показывает цепочку связи и взаимоотношений от данной цели до генеральной.

Это позволяет определить роль и вклад целей нижнего уровня в цели высшего и далее в генеральную цель $Ц^0$, а также совершенствовать систему стимулирования подразделений и персонала.

При формировании структуры предприятия такие циклы позволяют:

– определять подчиненность отдельных подразделений;

– определять их обязанности по отношению к вышестоящим и права по отношению к нижестоящим;

– прослеживать траекторию и время прохождения информации;

– выявлять слабые и тупиковые звенья;

– определять эффективность подразделения и исполнителя.

На рисунке 1.2 приведены три верхних уровня дерева целей автосервиса как инфраструктуры автомобильного транспорта.

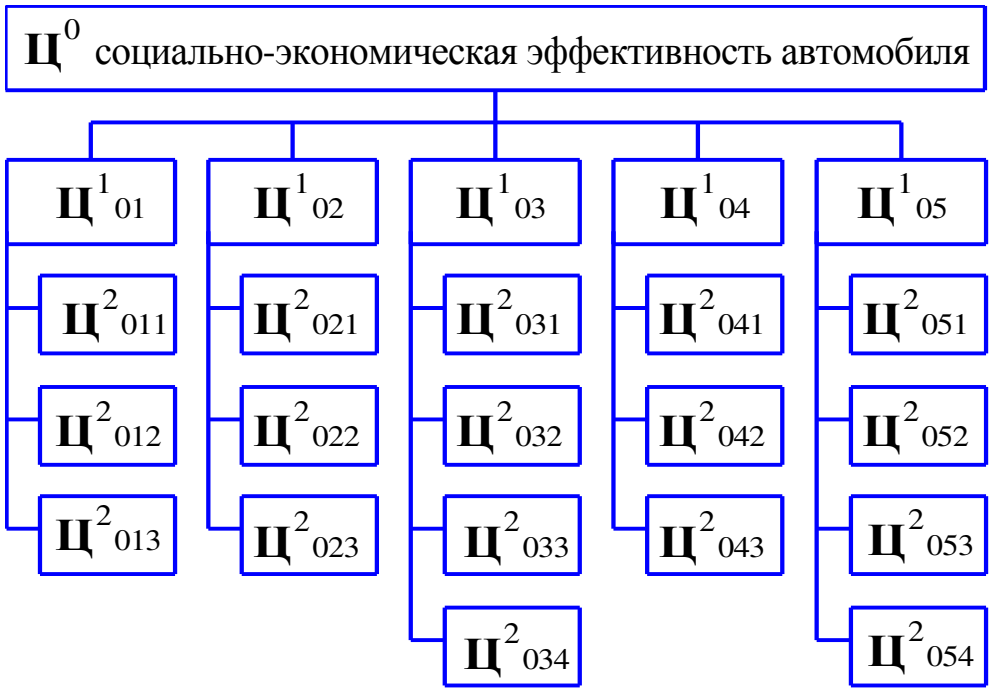


Рисунок 1.2 – Схема высшего, первого и второго уровня дерева целей автосервиса

На рисунке 1.2 обозначено:

$Ц^0$ – обеспечение социально-экономической эффективности автомобиля;

$Ц^1_{01}$ – обеспечение условий использования автомобиля;

$Ц^1_{02}$ – обеспечение условий эксплуатации автомобилей;

$Ц^1_{03}$ – обеспечение условий для поддержания работоспособности автомобилей;

$Ц^1_{04}$ – обеспечение безопасности использования автомобиля;

$Ц^1_{05}$ – устранение вредных последствий автотранспорта;

$Ц^2_{011}$ – обеспечение условий передвижения автомобилей;

$Ц^2_{012}$ – обеспечение условий для лиц, пользующихся автомобилем;

$Ц^2_{013}$ – обеспечение условий для хранения автомобилей;

$Ц^2_{021}$ – обеспечение автомобиля эксплуатационными материалами;

$Ц^2_{022}$ – обеспечение автомобиля автомобильными принадлежностями;

$Ц^2_{023}$ – обеспечение сохраняемости автомобиля;

$Ц^2_{031}$ – контроль технического состояния;

$Ц^2_{032}$ – обеспечение автомобиля запасными частями;

$Ц^2_{033}$ – техническое обслуживание автомобиля (гарантийное, регламентное, сезонное);

$Ц^2_{034}$ – ремонт автомобиля;

$Ц^2_{041}$ – обеспечение безопасности движения;

$Ц^2_{042}$ – контроль технического состояния автомобиля с точки зрения безопасности;

$Ц^2_{043}$ – контроль безопасности движения;

$Ц^2_{051}$ – снижение содержания в отработавших газах вредных веществ;

$Ц^2_{052}$ – снижение шума;

$Ц^2_{053}$ – утилизация автомобильных отходов;

$Ц^2_{054}$ – утилизация автомобилей.

1.3 Построение дерева систем

После того, как установлены конкретные цели системы, необходимо определить наиболее эффективные способы достижения этих целей.

Важным условием управления является обязательность анализа и сравнения нескольких путей достижения поставленных целей:

– при выборе альтернатив рассматриваются несколько вариантов и вероятность наилучших, но неочевидных снижается;

– появляется состязательность вариантов;

– при защите своих вариантов в ходе дискуссий их авторы выявляют сильные и слабые стороны и могут улучшать свои предложения;

– руководитель, принимая окончательное решение, может взять лучшие блоки из разных альтернатив.

Для выявления всех возможных способов достижения цели определяется ряд альтернатив, которые находятся в определенных иерархических связях и по-разному могут влиять на достижение целей системы. Таким образом, способы достижения поставленных целей требуют такой же систематизации, как и сами цели и подцели. Для этого строится дерево систем.

Если дерево целей определяет, что необходимо сделать, каких показателей эффективности достичь, то дерево систем – с помощью каких мероприятий этого можно добиться. Поэтому в дереве целей вершины – это генеральная и частные цели или функции, а в дереве систем в вершинах указываются объекты или системы, которые реализуют эти функции (целереализующие системы). Иногда их называют факторами, а задача управления определяется следующим образом: *выбрать из дерева систем ряд факторов (подсистем) влияя на которые, можно наиболее эффективно добиться достижения поставленных целей.*

Дерево систем строится по тем же законам, что и дерево целей – определяется генеральная система C^0, которая структуризируется на подсистемы первого (C^1_{01}, C^1_{02} … C^1_{0N}), второго и последующих уровней.

На рисунке 1.3 приведены три верхних уровня дерева систем технической эксплуатации автомобилей.

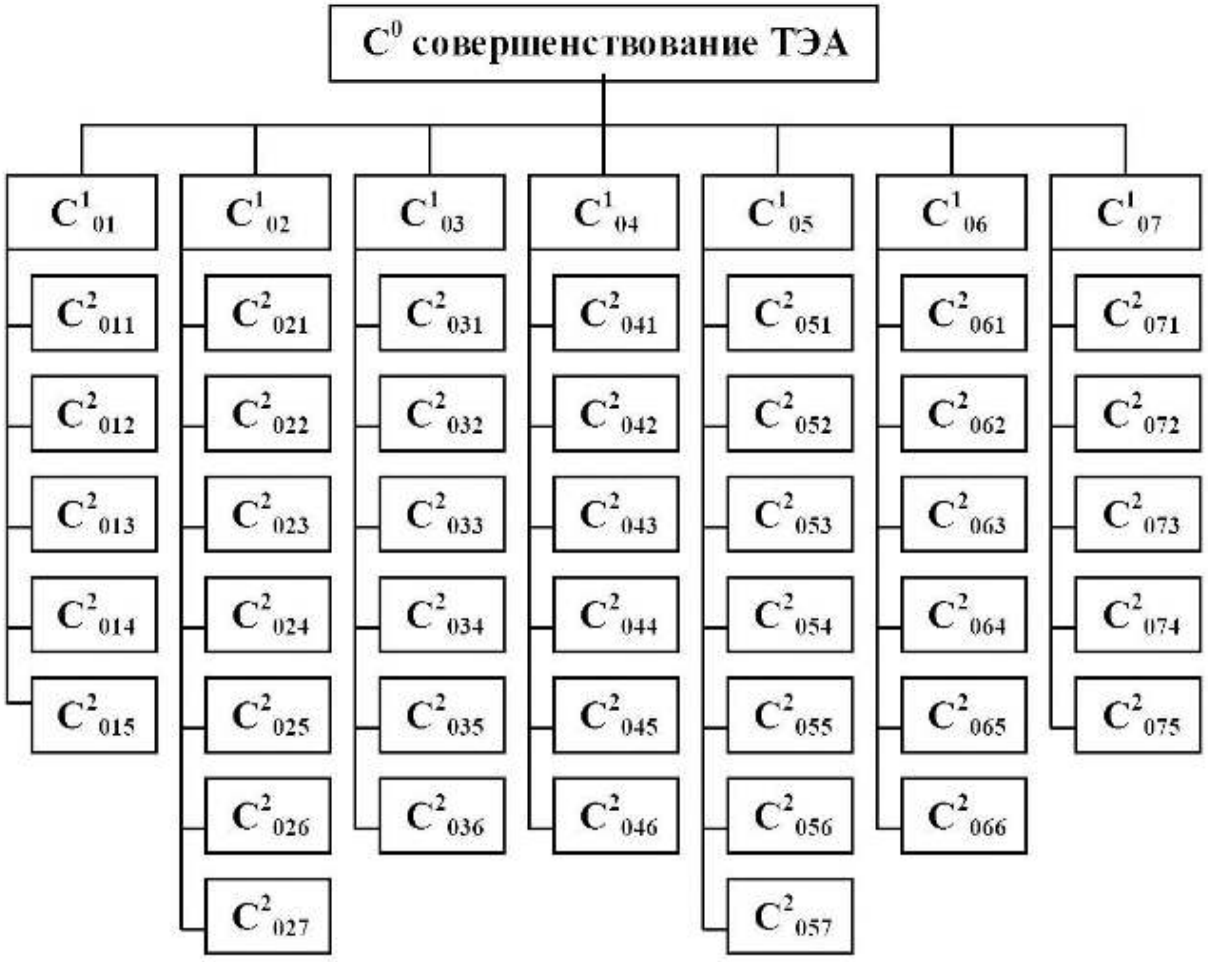


Рисунок 1.3 – Схема высшего, первого и второго уровня дерева систем технической эксплуатации

Высший уровень дерева систем представляет собой техническую эксплуатацию в целом, которая обеспечивает перевозочный процесс достаточным количеством работоспособного подвижного состава необходимых видов и типоразмеров.

На рисунке 1.3 обозначено:

C^0 – совершенствование процессов технической эксплуатации автомобилей;

C^1_{01} – анализ потребности в услугах и воздействиях по ТО и Р;

C^1_{02} – система ТО и Р автомобилей;

C^1_{03} – производственно-технологическая база;

C^1_{04} – персонал;

C^1_{05} – система снабжения и резервирования;

C^1_{06} – подвижной состав и эксплуатационные материалы;

$С^1_{07}$ – условия эксплуатации подвижного состава (дорожные, природно-климатические, транспортные и другие условия);

$С^2_{011}$ – маркетинговый анализ рынка услуг (спрос, содержание, конкуренция);

$С^2_{012}$ – внутренняя потребность предприятия;

$С^2_{013}$ – оценка возможностей собственного производства (объем услуг, цены, предложения);

$С^2_{014}$ – диверсификация и расширение сфер деятельности предприятия;

$С^2_{015}$ – корректирование производственной программы с учетом внутренних и внешних потребностей;

$С^2_{021}$ – применение обоснованных нормативов системы;

$С^2_{022}$ – обеспечение выполнения рекомендации и нормативов системы;

$С^2_{023}$ – совершенствование технологии, организации и управления процессами ТО и Р;

$С^2_{024}$ – обеспечение рабочих мест и исполнителей рациональной технологической и другой документацией;

$С^2_{025}$ – компьютеризация и индивидуализация учета и отчетности при технической эксплуатации автомобиля;

$С^2_{026}$ – совершенствование проектной документации по строительству и реконструкции предприятии;

$С^2_{027}$ – повышение адаптивности к изменению конструкции изделий, условиям работы;

$С^2_{031}$ – обеспеченность производственно-технической базой;

$С^2_{032}$ – оптимизация мощности и структуры базы;

$С^2_{033}$ – оптимизация пропускной способности средств обслуживания;

$С^2_{034}$ – выбор средств механизации, автоматизации и роботизации ТО и Р;

$С^2_{035}$ – специализация предприятий производственно-технической базы;

$С^2_{036}$ – кооперация предприятий производственно-технической базы на отраслевом и региональном уровнях;

$С^2_{041}$ – обеспечение предприятия персоналом;

$С^2_{042}$ – повышение квалификации персонала;

$С^2_{043}$ – совершенствование систем стимулирования персонала;

$С^2_{044}$ – обеспечение стабильности трудовых коллективов;

$С^2_{045}$ – повышение престижности профессий;

$С^2_{046}$ – развитие коллективных форм работы персонала;

$С^2_{051}$ – совершенствование структуры системы снабжения;

$С^2_{052}$ – применение региональных норм расхода топлив, масел и других материалов;

$С^2_{053}$ – обеспечение оптимальных запасов и методы их пополнения;

$С^2_{054}$ – совершенствование процесса обмена изделий при капитальном ремонте;

$С^2_{055}$ – совершенствование процессов заказа и приобретения новых автомобилей, комплектующих изделий, материалов, включая лизинг;

$С^2_{056}$ – создание резерва производственных площадей, оборудования, персонала;

$С^2_{057}$ – создание резерва исправных автомобилей;

$С^2_{061}$ – выбор рациональных типов и моделей автомобилей;

$С^2_{062}$ – выбор эксплуатационных материалов;

$С^2_{063}$ – повышение качества восстановления и капитального ремонта деталей;

$С^2_{064}$ – изменение структуры парка;

$С^2_{065}$ – управление возрастной структурой парка, рациональные сроки службы;

$С^2_{066}$ – повышение уровня унификации изделий и материалов;

$С^2_{071}$ – учет природно-климатических условий;

$С^2_{072}$ – учет дорожных условий;

$С^2_{073}$ – учет транспортных условий и интенсивности использования изделий;

$С^2_{074}$ – выбор автомобилей, комплектующих изделий, материалов с учетом условий эксплуатации;

$С^2_{075}$ – использование автомобилей с учетом возраста, состояния и условий эксплуатации.

Отчет по работе должен содержать:

– цели выполнения практической работы;

– общие положения;

– методику построения и анализа дерева целей и дерева систем и схемы их взаимодействия.

1.4 Контрольные вопросы

1. Каково назначение дерева целей, какие управленческие задачи можно решать, используя этот приём?

2. Каково назначение и значение дуг в дереве целей, как их можно использовать для практических задач управления?

3. В чем отличие и что общее у дерева целей и дерева систем?

4. Что дает альтернативный подход при выборе решений, как при его реализации можно использовать дерево целей и дерево систем?

5. Используя схему дерева целей автосервиса (рисунок 1.2), определите подсистемы следующего уровня для $Ц^2_{011}$ (т.е. $Ц^3_{0111}$, $Ц^3_{0112}$ и так далее).

6. Используя схему дерева систем технической эксплуатации (рисунок 1.3), определите подсистемы следующего уровня для $С^2_{011}$ (т.е. $С^3_{0111}$, $С^3_{0112}$ и так далее).

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОГО ПУТИ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОГРАММЫ

2.1 Цели работы

1) изучение метода определения критического пути проекта;
2) выполнение задачи по определению критического пути для заданных условий;
3) получение выводов о возможности достижения цели в указанных ограничениях.

2.2 Метод определения критического пути проекта

Метод критического пути – инструмент планирования расписания и управления сроками проекта.

Вопросы управления социально-техническими системами на различных уровнях включают в себя определенную последовательность действий, таких как сбор необходимой информации, постановка цели, определение необходимых ресурсов и выполнение определенных работ. Таким образом, перевод управляемой системы из исходного состояния в желаемое будем называть ***проектом***.

Проект можно разбить на конечное число этапов промежутков времени, необходимых для выполнения конкретных операций. При этом одни этапы могут быть взаимосвязаны и должны иметь определенную логическую последовательность, а другие этапы могут выполняться параллельно, что позволяет выполнять одновременно ряд этапов и экономить временные ресурсы.

Таким образом, в зависимости от того, как организованы работы, время выполнения проекта может быть различным. Например, ряд работ выполняется последовательно, ряд – параллельно. Если все работы выполнять последовательно, то затраченное время будет гораздо выше.

Критический путь выполнения проекта – это минимально возможное время выполнения проекта в полном объеме, включающее в себя ряд последовательно выполняемых этапов. В критический путь не включают те этапы, которые будут выполняться параллельно в пределах времени критического пути.

Исходными данными к выполнению работы являются:

– сеть (граф) событий, заданный в графической или в табличной форме:

– продолжительность выполнения запланированных операций: оптимистическая; наиболее вероятная: пессимистическая;

– закон распределения случайных значений продолжительностей выполнения операций (в нашем случае – нормальный закон распределения).

Примем следующие исходные данные:

– сеть событий задана в графической форме на рисунке 2.1 или в табличной форме в таблице 2.1;

– наиболее вероятная продолжительность выполнения операций: A–C – 3 дня; B–A – 25 дней; B–D – 19 дней; D–C – 2 дня.

Расчет выполняется по изложенной ниже методике.

2.3 Порядок расчета критического пути

Для указанного метода применяется следующий порядок действий.

1. Составление перечня работ, необходимых для выполнения соответствующего задания.

Например, на СТО принято решение расширить перечень представляемых услуг, в связи с чем требуется определить время, необходимое для подготовки решения. Очевидно, необходимыми работами в данном примере будут:

– формирование идеи новой транспортной услуги (техническая суть, новизна, возможные потребители и т. д.);

– оценка технической возможности реализации новой транспортной услуги (наличие подвижного состава, кадров, производственной базы, оборудования, площадей, энергообеспечения и других);

– изучение рынка сбыта (осваиваемый сектор рынка, группы потребителей, конкуренты, цены и так далее);

– одобрение плана проведения необходимых работ по развитию и реализации новой транспортной услуги.

2. Составление перечня событий, которыми в рассматриваемом примере будут:

A – закончено изучение рынка сбыта новой транспортной услуги;

B – сформулирована идея новой транспортной услуги;

C – одобрен план (программа) работ по созданию и реализации новой транспортной услуги;

D – закончена оценка технической или другой возможности создания и реализации новой транспортной услуги.

3. Построение сети (графа), связывающей события в их логической последовательности (рисунок 2.1). В сети события изображены кружками, а операции (работы) – стрелками. Этот этап очень важен и позволяет руководителю предприятия (проекта) внимательно рассмотреть последовательность и взаимосвязь событий.

4. Нормирование продолжительности операций.

При нормировании используются технологические, методические и прочие справочные материалы, имеющийся опыт, наблюдения, экспертиза и другие. Результаты такого нормирования сводятся в таблицу 2.1.

5. Нанесение данных о продолжительности на сеть событий (рисунок 2.2).

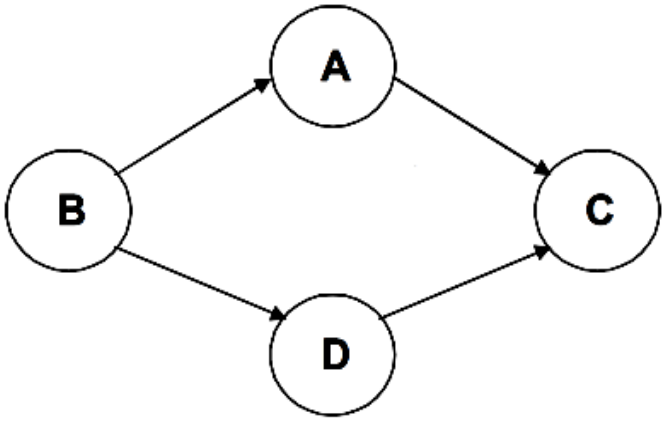


Рисунок 2.1 – Сеть событий

Таблица 2.1 – Нормативная продолжительность выполнения операций

Содержание операции	События		Оценка продолжительности выполнения операции $t_п$, дни
	предшествующие	последующие	
Изучение рынка сбыта	B	A	25
Оценка технических возможностей	B	D	19
Подготовка заключения о состоянии рынка сбыта	A	C	3
Подготовка заключения о технических возможностях	D	C	2

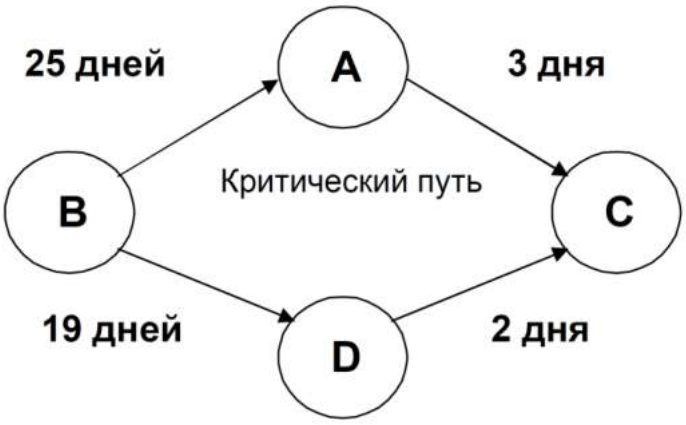


Рисунок 2.2 – Размерная цепь событий

6. Определение критического пути, которым является последовательность событий проекта, имеющая наибольшую продолжительность.

В рассматриваемом примере имеются две последовательности событий B–A–C и B–D–C, которые имеют продолжительность соответственно 25 + 3 = 28 дней и 19 + 2 = 21 день.

Следовательно, критическим путем, лимитирующим продолжительность всего проекта, является путь B–A–C, имеющий общую продолжительность 28 дней.

Второй путь имеет продолжительность 21 день и, следовательно, содержит резерв времени в 7 дней. Это важный практический вывод, позволяющий сократить общую продолжительность разработки проекта, сосредоточив ресурсы исполнителей на критическом пути, в том числе и путём их частичного переключения с работ второго пути или более позднее начало работ по нему.

7. Учет случайности продолжительности выполнения операций.

Для каждой операции принимают три оценки продолжительности её выполнения:

t_1 – оптимистическая (минимально возможная продолжительность);

$t_2 = t_ц$ – наиболее вероятная (целевая) продолжительность, которая использовалась в методе критического пути;

t_3 – пессимистическая оценка (максимально возможная продолжительность).

Определяют вероятностные оценки продолжительности выполнения операций:

среднее значение $\bar{t} = \dfrac{t_1 + 4t_2 + t_3}{6}$;

среднее квадратическое отклонение $\sigma = \dfrac{t_3 - t_1}{6}$.

Определяют продолжительность выполнения операций с учетом вариации (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Продолжительность выполнения операции

Содержание операций	Оценка продолжительности				σ	$v = \dfrac{\sigma}{\bar{t}}$
	t_1	t_2	t_3	$\bar{t}$		
Изучение рынка сбыта	20	25	30	25	1,7	0,07
Оценка технических возможностей	15	19	23	18,3	1,3	0,07
Подготовка заключения о состоянии рынка сбыта	1	3	4	2,8	0,5	0,18
Подготовка заключения о технических возможностях	1	2	3	2	0,3	0,15

Определяют продолжительность среднего критического пути:

$$t_к = 25 + 2,8 = 27,8 \text{ дней.}$$

Определяют среднее квадратическое отклонение продолжительности критического пути. Для нормального закона распределения имеем

$$\sigma = \sqrt{\sum_i \sigma_i^2}\ , \qquad (2.1)$$

где σ_i^2 – дисперсия продолжительности выполнения i-й операции критического пути.

В примере $\sigma = \sqrt{1,7^2 + 0,5^2} = 1,77$ дней.

Рассчитывают вероятности выполнения проекта к директивному (или намеченному) сроку.

Средняя продолжительность критического пути в рассмотренном примере $t_к$ = 27,8 дней, т.е. при нормальном законе распределения вероятность выполнения проекта за 27,8 дней составляет только 0,5 (рисунок 2.3).

Предположим, что директивная продолжительность выполнения проекта задана и составляет $t_д$ = 29 дней, а вероятность реализации $P_д$ директивной продолжительности должна быть в диапазоне $0,95 > P_д > 0,85$.

При нормальном законе распределения вероятность $P_д$ численно равна Ф(z) – нормированной функции (таблица А.4 приложения).

Нормированное отклонение для этого условия равно:

$$z = \frac{t_д - t_к}{\sigma_к} = \frac{29 - 27,8}{1,77} = 0,67.$$

Из таблицы А.4 при z = 0,67 находим вероятность $\Phi(z) = P_д = 0,758$.

В нашем случае 0,758 < 0,85, то есть условие не выполняется, поэтому попробуем увеличить директивную продолжительность, например, до 30 дней.

В итоге получаем

$$z = \frac{t_д - t_к}{\sigma_к} = \frac{30 - 27,8}{1,77} = 1,24.$$

Из таблицы А.4 при z = 1,24 находим вероятность $\Phi(z) = P_д = 0,885$. Теперь 0,885 > 0,85, то есть условие выполнено.

Принимаем директивную продолжительность 30 дней, поскольку вероятность выполнения проекта к намеченному сроку составляет $P_д$ =0,885, что соответствует условию

$$0,95 > P_д > 0,85.$$

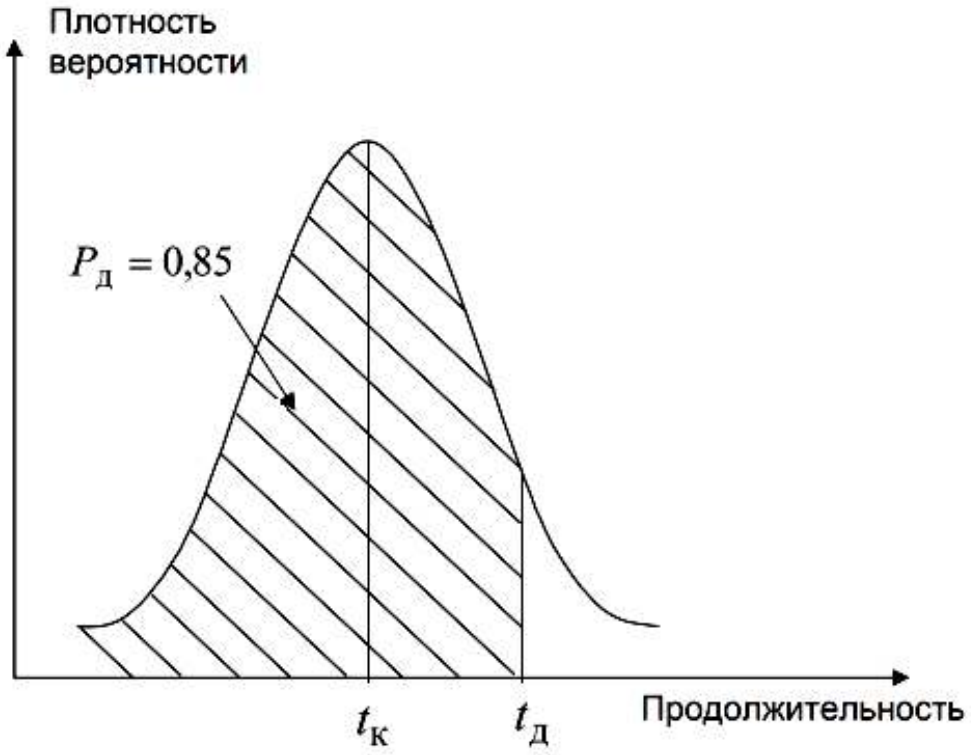


Рисунок 2.3 – Схема определения вероятности выполнения проекта за заданное время $t_д$

Таким образом, оценка продолжительности критического пути при планировании программ и проектов позволяет:

– определять и, следовательно, контролировать моменты начала и окончания выполнения операций;

– рационально распределять усилия исполнителей по выполнению операций;

– разрабатывать меры по сокращению продолжительности тех операций, которые лимитируют продолжительность разработки программы в целом;

– планировать и оценивать выполнение программы с учетом случайности продолжительности выполнения операций.

Отчет по работе должен содержать:

– цели и задачи работы;

– исходные данные по рассматриваемой ситуации;

– общий порядок выполнения работы по определению критического пути выполнения заданного проекта;

– результаты вычислений с необходимыми формулами;

– выводы, полученные результаты и рекомендации по организации этапов выполнения проекта.

2.4 Контрольные вопросы

1. Что означает понятие «критический путь выполнения проекта»?
2. В чем заключается смысл построения графической сети этапов проекта?
3. Назовите основные способы снижения продолжительности выполнения проекта.
4. Для чего определяются оптимистическая и пессимистическая оценки продолжительности выполнения этапов проекта?
5. Как определялась вероятность выполнения проекта?
6. Чему равна вероятность выполнения проекта за время, равное продолжительности критического пути?
7. В каком диапазоне находятся значения продолжительности выполнения проекта?
8. Как пользоваться табличными значениями нормированной функции распределения?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ МЕТОДОМ АПРИОРНОГО РАНЖИРОВАНИЯ

3.1 Цели работы

1) анализ методов интеграции мнений специалистов;
2) освоение методики проведения экспертных оценок;
3) изучение методов обработки результатов экспертизы;
4) определение вклада факторов в достижение цели системы.

3.2 Методы интеграции мнений специалистов

В условиях недостаточной информации при анализе рыночных и производственных ситуаций при принятии решений широко используются методы интеграции мнений квалифицированных специалистов – экспертные оценки.

Методы получения экспертных оценок подразделяются на две основные группы в зависимости от организации работы экспертов:

– коллективная;

– индивидуальная.

Особенности коллективной работы:

а) при обсуждении вопроса присутствует вся группа;

б) группу комплектует руководитель;

в) последовательность выступлений и предоставление слова регламентируется руководителем;

г) итоги подводит и принимает решение руководитель.

Преимущества такой организации: оперативность и внешняя демократичность.

Недостатки: давление авторитета руководителя, отсутствие строгой процедуры учета мнения экспертов, подведения итогов и принятия решения. Последний недостаток частично может быть компенсирован, если решение принимается тайным голосованием.

При индивидуальной работе экспертов для получения мнения каждого эксперта используют интервью в виде свободной беседы или по типу «вопрос – ответ», а также анкетирование, в процессе которого каждый эксперт дает количественные оценки сравниваемым факторам или альтернативам, например, ранжирует их. Затем индивидуальные оценки участников экспертных групп обобщаются по определенным правилам.

При такой организации работы все этапы экспертизы (подбор экспертов, технология получения и обработки их мнений и др.) более или менее регламентированы, эксперты, как правило, подбираются из числа внешних специалистов, а организует проведение экспертизы не руководитель, а специалист.

Как в первом, так и во втором случае результаты экспертизы носят для руководителя не обязательный, а рекомендательный характер.

Наиболее распространенным и достаточно простым является метод априорного ранжирования, основанный на индивидуальной оценке факторов группой специалистов, компетентных в исследуемой области.

Априори означает, что эксперт оценивает новое явление, фактор на основе своего предшествующего опыта.

3.3 Последовательность проведения экспертизы

Рассмотрим пример оценки экспертами влияния различных факторов на работоспособность автопарка. Показателем работоспособности выбран $К_{тг}$ – коэффициент технической готовности.

На основании предварительного анализа условий работы АТП организаторами экспертизы для экспертной оценки выбраны из дерева систем (ДС) 4 фактора (k = 4):

$С_{01}$ – обеспеченность гаражным хозяйством;

$С_{02}$ – обеспеченность складскими помещениями;

$С_{03}$ – обеспеченность АЗС;

$С_{04}$ – обеспеченность оборудованием для диагностики, ТО и Р подвижного состава.

К независимой индивидуальной экспертизе привлечены 6 экспертов (m=6).

Экспертиза производится методом ранжирования: каждый эксперт присваивает каждому фактору ранг (т.е. место по степени важности) a_{km} и передает результаты организаторам экспертизы. Ме́ньший ранг соответствует бо́льшей важности фактора для $К_{тг}$.

Индивидуальные оценки всех экспертов сводятся в таблицу ранжирования (таблица 3.1).

Из неё видно, что фактор $С_{01}$ (k=1) эксперт № 1 (m=1) оценил рангом $a_{11} = 2$; этот же фактор (k=1) эксперт № 2 (m=2) оценил рангом $a_{12} = 1$ и т.д.

Последовательность обработки результатов экспертизы следующая.

1. Определяется сумма рангов каждого фактора:

$$F_k = \sum_{m=1}^{m} a_{km}, \qquad (3.1)$$

где a_{km} – ранг, присвоенный *k*-му фактору *m*-м экспертом.

Таблица 3.1 – Результаты ранжирования

Номера факторов k	Номера экспертов m						Сумма рангов F_k	Отклонение Δ_k	Квадрат отклонения Δ_k^2	Место фактора M_k	Вес фактора q_k
	1	2	3	4	5	6					
1 (C_{01} – гаражное хозяйство)	2	1	2	1	1	2	9	-6	36	1	0,4
2 (C_{02} – складские помещения)	4	3	3	4	4	4	22	7	49	4	0,1
3 (C_{03} – АЗС)	3	4	4	2	3	3	19	4	16	3	0,2
4 (C_{04} – оборудование для диагностики, ТО и Р)	1	2	1	3	2	1	10	-5	25	2	0,3
Всего							60	–	S = 126	–	1,0

2. Проверяется правильность заполнения таблицы.

2.1. Максимальный ранг по конкретному фактору (a_{km}) не может быть больше числа сравниваемых факторов (k), т.е.

$$(a_{km})_{max} \le k . \qquad (3.2)$$

В нашем случае 4 = 4.

2.2. Максимальная сумма рангов для любого фактора не может быть больше произведения максимально возможного ранга на число экспертов:

$$(F_k)_{max} \le (a_{km})_{max} \cdot m . \qquad (3.3)$$

В нашем случае 22 < 4·6 =24.

2.3. Минимально возможная сумма рангов для любого фактора не может быть меньше минимального ранга (в нашем случае $(a_{km})_{min} = 1$), умноженного на число экспертов, т.е.

$$(F_k)_{min} \ge (a_{km})_{min} \cdot m . \qquad (3.4)$$

В нашем случае 9 > 1·6 =6.

В рассматриваемом примере все три условия выполняются.

3. Вычисляется итоговая сумма рангов $\sum_{k=1}^{k} F_k$.

В нашем случае $\sum_{k=1}^{k} F_k = 60$.

4. Вычисляется средняя сумма рангов

$$\bar{F} = \frac{\sum_{k=1}^{k} F_k}{k} \quad . \tag{3.5}$$

В нашем случае $\bar{F} = \frac{60}{4} = 15.$

5. Определяется отклонение суммы рангов каждого фактора от средней (по строкам):

$$\Delta_k = F_k - \bar{F}. \tag{3.6}$$

6. Определяется дисперсия

$$S = \sum_{k=1}^{k} (\Delta_k)^2 \quad . \tag{3.7}$$

В нашем случае S = 36 + 49 + 16 + 25 = 126.

7. Определяется степень согласованности мнений экспертов с помощью коэффициента конкордации Кэнделла W:

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2 \cdot \left(k^3 - k\right)} \quad . \tag{3.8}$$

Коэффициент конкордации может изменяться от 0 до 1. Если он существенно больше нуля (W≥0,5), то считают, что между мнениями экспертов имеется согласие.

Если коэффициент конкордации недостаточен (W<0,5), то проводится анализ причин такого результата.

Возможные причины:

– нечеткие постановка вопросов или инструктаж;

– неправильный выбор факторов;

– подбор некомпетентных экспертов и др.

По результатам анализа принимается решение о корректировке экспертизы (привлечении других экспертов, изменении инструкций, изменении состава факторов и др.) и она проводится заново.

В нашем случае $W = \frac{12 \cdot 126}{6^2 \cdot \left(4^3 - 4\right)} = 0{,}7 > 0{,}5.$

8. Если W > 0,5, то проверяется гипотеза о неслучайности согласия экспертов. Для этого используется критерий Пирсона (χ-квадрат), определяемый по формуле

$$\chi^2_{\text{расч}} = W \cdot m \cdot \left(k - 1\right), \tag{3.9}$$

где (k–1) – число степеней свободы.

Расчетное значение $\chi^2_{\text{расч}}$ сравнивают с табличным $\chi^2_{\text{табл}}$ при том же числе степеней свободы. Уровень значимости (т.е. вероятность того, что будет отвергнута правильная гипотеза) можно принять равным $\alpha = 0{,}01$.

Если $\chi^2_{\text{расч}} \geq \chi^2_{\text{табл}}$, то имеем существенное сходство мнений экспертов.

В нашем случае $\chi^2_{\text{расч}} = 0{,}7 \cdot 6 \cdot (4-1) = 12{,}60$;

$\chi^2_{\text{табл}} = 11{,}34$ (таблица Б.5 приложения).

Так как 12,60 > 11,34, то результаты экспертизы могут быть признаны удовлетворительными и адекватными.

9. По сумме рангов F_k проводится ранжирование факторов по важности (т.е. по занимаемому месту).

Минимальной сумме рангов $(F_k)_{min}$ соответствует наиболее важный фактор, получающий первое место M = 1, далее факторы располагаются по мере возрастания суммы рангов, т.е. первое место занимает фактор № 1, второе – фактор № 4, третье – фактор № 3, четвертое – фактор № 2.

10. Для графического представления влияния факторов строится диаграмма рангов (рисунок 3.1).

Диаграмма рангов позволяет предварительно отобрать наиболее действенные факторы (т.е. те, у которых $F < \overline{F}$), и наименее действенные факторы, (т.е. те, у которых $F \geq \overline{F}$). В нашем случае наиболее действенные факторы – № 1 и 4, наименее действенные факторы – № 2 и 3.

11. С достаточной для практического применения точностью можно определить удельные веса (весомость, вклад) факторов по их влиянию на работоспособность автопарка.

Удельный вес фактора k

$$q_k = \frac{2 \cdot (k - M + 1)}{k \cdot (k + 1)}, \qquad (3.10)$$

где M – место фактора по результатам ранжирования.

Естественно, что $\sum_{k=1}^{k} q_k = 1$.

Выводы: по результатам экспертизы наиболее значимые факторы:

C_{01} – обеспеченность гаражным хозяйством;

C_{04} – обеспеченность оборудованием для диагностики, ТО и Р подвижного состава.

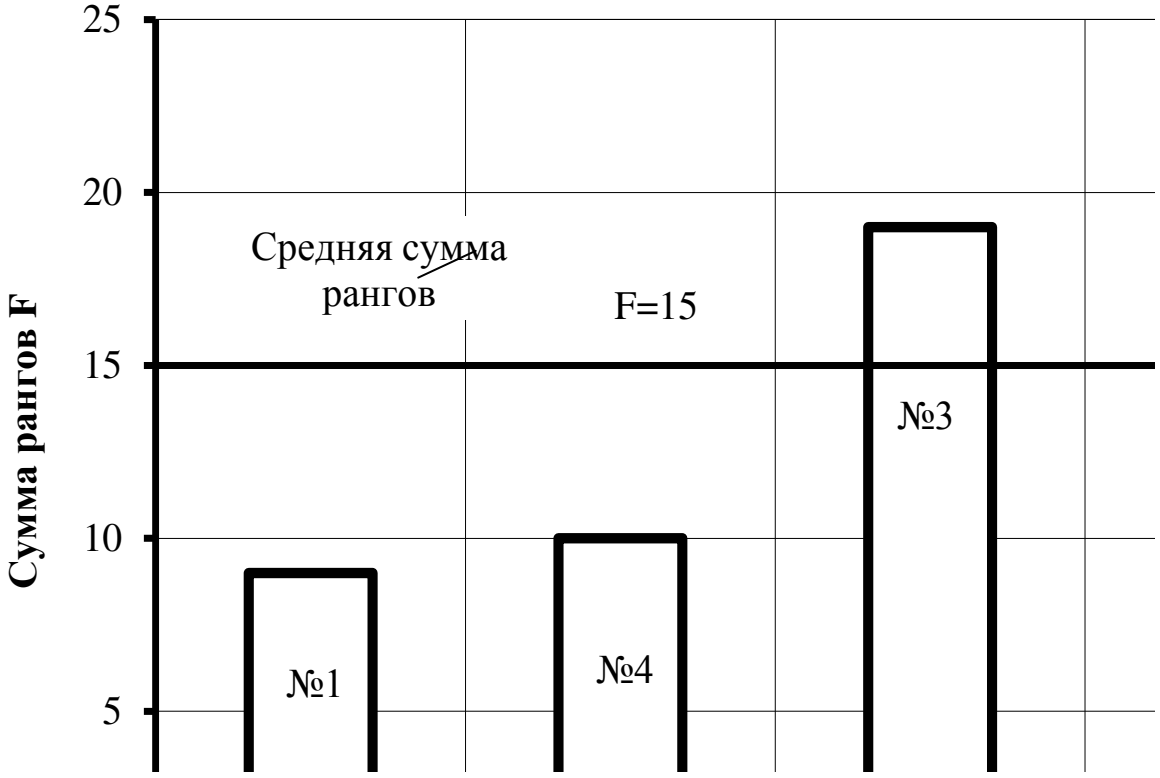


Рисунок 3.1 – Диаграмма рангов факторов, влияющих на работоспособность автопарка

Отчет по работе должен содержать:
– исходные данные (в виде заполненной таблицы 3.1);
– результаты вычислений с необходимыми формулами;
– диаграмму рангов;
– выводы по результатам вычислений.

3.4 Контрольные вопросы

1. Перечислите основные преимущества коллективной работы экспертов.
2. Перечислите основные преимущества индивидуальной работы экспертов.
3. Почему экспертное ранжирование называется априорным?
4. Какие критерии применяются при оценке степени согласования экспертов?
5. Как используется диаграмма рангов для выявления наиболее значимых факторов?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4
УПРАВЛЕНИЕ ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРОЙ ПАРКА

4.1 Цели работы

1) изучение методов управления возрастной структурой автопарка;
2) изучение методики расчета показателей возрастной структуры парка;
3) изучение дискретного и случайного списания автомобилей;
4) расчёт показателей возрастной структуры парка, заполнение итоговых таблиц и формулировка выводов.

4.2 Управление возрастной структурой парка

Средний возраст и возрастная структура парков (ВСП) отдельных АТП могут существенно изменяться за небольшие промежутки времени, что не может не отразиться на показателях эффективности работы парка в целом и потребных ресурсах: коэффициенте технической готовности и производительности автомобилей, потребности в рабочей силе и базе, запасных частях, т.е. возрастная структура парка влияет на работу технической службы и автомобильного транспорта в целом.

Поэтому необходимо, во-первых, прогнозировать характер изменения возрастной структуры парка, во-вторых, уметь управлять возрастной структурой парка.

Под управлением возрастной структурой парка понимается ее прогнозирование и такое целенаправленное изменение, которое обеспечивает получение в необходимый момент времени *i*-ых заданных реализуемых показателей качества парка.

В общем случае на формирование возрастной структуры парка влияют следующие основные факторы:

а) исходная возрастная структура, т.е. распределение парка по возрастным группам j в начальный момент i = 1: a_{11}, a_{12}. a_{13},...a_{ij};

б) размер поставки новых автомобилей в момент

$$i = 1, 2, 3...i: A_{пi} ;$$

в) размер списания автомобилей A_{ci}.

Отношение размера поставки к размеру парка в *i*-м году называется коэффициентом пополнения r_i:

$$r_i = \frac{A_{П_i}}{A_i}. \qquad (4.1)$$

Отношение размера списания к размеру парка в *i*-м году называется коэффициентом списания или выбытия b_i:

$$b_i = \frac{A_{C_i}}{A_i}. \qquad (4.2)$$

При $r_i=b_i$ имеет место простое восстановление, а при $r_i>b_i$ расширенное, т.е. парк автомобилей постоянно увеличивается. При $r_i<b_i$ происходит деградация, т.е. сокращение размера парка.

Для автомобильного парка развитых стран за последние 10 лет коэффициенты r и b составили в процентах к парку: легковые автомобили – 6,9 и 5,9; грузовые автомобили – 8,4 и 5,6.

г) ресурс (срок службы) автомобиля до списания $t_{сп}$.

Следует различать регулирование и управление возрастом и возрастной структурой парков.

Регулирование ВСП проводится на государственном уровне и сводится к установлению такой амортизационной, налоговой, таможенной и лизинговой политики, которая способствует или препятствует обновлению парков.

Управление ВСП проводится на уровне конкретных предприятий и фирм и сводится к регулированию процессов списания–пополнения и соотношений в парке изделий разных возрастных групп при условии обеспечения требуемого (заданного) для парка объема транспортной работы при минимальных затратах или максимальной прибыли.

При изменении сроков службы меняются эксплуатационные затраты и капиталовложения. Так, при сокращении установленных сроков службы уменьшаются затраты на ТО и ремонт, потребность в персонале и ПТБ для ТО и ремонта, потребность и затраты на запасные части.

Но одновременно увеличивается поставка новых автомобилей, т.е. растут амортизационные отчисления для АТП и капиталовложения в промышленность для расширения производства автомобилей.

Сокращение сроков службы грузовых автомобилей с 10–12 до 5–7 лет позволяет при том же объеме выполненной транспортной работы:

• на 20–25% сократить инвентарный состав парка;

• на 8–15% уменьшить потребность в капитальном ремонте основных агрегатов;

• на 25–30% сократить потребность в рабочей силе на ТО и Р автомобилей в АТП;

• на 23–40% уменьшить расход запасных частей;

• на 14–20% уменьшить приведенные затраты.

При этом годовые поставки новых автомобилей должны быть увеличены в 1,5–1,9 раза, что требует существенных инвестиций.

4.3 Расчет показателей ВСП при дискретном списании

Этот метод, называемый диагональным сдвигом, основан на следующих предпосылках (рисунок 4.1):

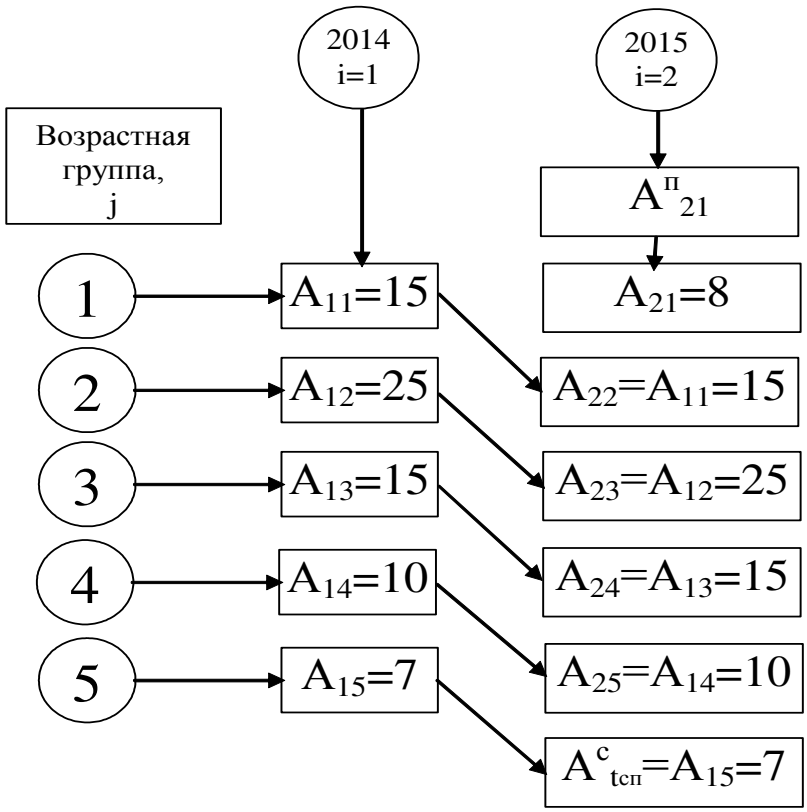


Рисунок 4.1 – Схема определения возрастной структуры парка диагональным сдвигом

1. Различают календарное время существования парка автомобилей данной модели i и возрастную группу автомобилей j. Год начала образования парка или исходный год анализа его возрастной структуры принимается равным i=1.

2. Возраст автомобиля и календарное время существования данного парка i измеряются в одинаковых условных или абсолютных единицах, например годах.

3. При изменении календарного времени на одну единицу (i+1) автомобили, имевшие в момент i возраст j, «стареют» на одну единицу и переходят в следующую возрастную группу (j+1), т.е. происходит диагональный сдвиг. Например, если в 2014 г. (i=1) автомобиль имеет возраст j=4 года (выпущен в 2011 г.), то в 2015 г. (i=1+1=2) его возраст составит 4+1=5 лет.

4. Поставки автомобилей условно относятся к началу соответствующего периода года, а списание к концу года.

5. Если приобретаются только новые автомобили $A^{п}_{i1}$, а списываются автомобили при $j=t_{сп}$, т.е. $A^{C}_{j} = A_{i,tсп}$, то дискретное списание называется простым. Количество автомобилей (j+1) возрастной группы в момент (i+1) определяется по правилам диагонального сдвига (рисунок 4.1) и с учетом этапов существования парка.

Для I этапа (при $i=t<t_{СП}$) в первой возрастной группе (j=1) в момент (i+1) поступит автомобилей

$$A_{(i+1)1} = A^{n}_{(i+1)1}. \quad (4.3)$$

В последующих возрастных группах

$$A_{(i+1)(j+1)} = A_{ij}. \quad (4.4)$$

Списания на этом этапе нет, т.е. $A^{СП}_{(i+1)} = 0$.

Для II этапа (при $t_{СП} < t < t_К$) расчеты проводятся по тем же формулам (4.3) и (4.4), но дополнительно появляется группа автомобилей, подлежащих списанию:

$$A^{С}_{i+1} = A_{i,tсп}. \quad (4.5)$$

Для III этапа ($t_К+t_{СП} \geq t > t_К$) поставки новых автомобилей прекращаются $A^{П}_{(i+1)1}=0$, размеры промежуточных возрастных групп автомобилей определяются по формуле (4.4), а размер списания по формуле (4.5).

Например, если при $t_{СП}$ = 5 лет в 2014 году (i=1) первая возрастная группа в парке насчитывает A_{11}=15 автомобилей, вторая A_{12}=25, A_{13}=15, A_{14}=10, A_{15}=7, а в течение 2015 года предполагается приобрести 8 новых автомобилей $A^{П}_{(i+1)1}=A^{П}_{21}=8$, то распределение автомобилей по группам в 2015 году (i=2) иллюстрируется данными рисунка 4.1, т.е. A_{21}=8, A_{22}=15, A_{23}=25, A_{24}=15, A_{25}=10.

6. Если допускается приобретение автомобилей не только новых (j>1), а также промежуточная продажа (лизинг) при $t_{СП}$=j>1, то дискретное списание является сложным.

При этом количество автомобилей (j+1) возрастной группы в момент времени (i+1) определяется следующим образом:

$$A_{(i+1)(j+1)}=A_{ij}+A^{П}_{(i+1)(j+1)}-A^{С}_{(i+1)(j+1)}, \quad (4.6)$$

$$j=j(2,t_{СП}),$$

где $A^{П}_{(i+1)(j+1)}$ – поставка в момент (i+1) автомобилей возрастной группы $2 \leq j \leq t_{СП}$, т.е. не новых, которые суммируются к соответствующей возрастной группе;

$A^{С}_{(i+1)(j+1)}$ – вывод из эксплуатации (продажа, передача в лизинг и т.д.) в момент времени (i+1) автомобилей возрастной группы $2<j<t_{СП}$, которая вычитается из соответствующей возрастной группы.

Размеры первой возрастной группы при наличии поставок новых автомобилей и размеры списания определяются по формулам (4.3) и (4.5).

Естественно, что в реальных условиях в конкретные моменты i существования парка некоторые части формул (4.4) и (4.6), например размер поставок или списания, могут быть равны нулю.

В таблице 4.1 рассмотрены фрагменты (пример № 1) трансформации структуры и размеров парка при простом и сложном обновлении для двух временных разрезов i и i+1 и сроков службы изделий $t_{СП}$=5 лет. Исходная возрастная структура парка (при i=1) зафиксирована во втором столбце таблицы.

Таблица 4.1 – Фрагмент расчета простого и сложного дискретного обновления парка

Время существования парка, i	i	i + 1 (простое)	i + 1 (сложное)
Размер поставок, $A^{п}$	0	$A^{П}_{(i+1),1}$=+8	$A^{П}_{(i+1),3}$=+20
Возрастная группа, j (середина интервала T_j)	Показатели: A_i, $\overline{T}_i$, HD_i		
1(0,5) 2(1,5) 3(2,5) 4(3,5) 5=tСП(4,5)	A_{i1}=5 A_{i2}=10 A_{i3}=12 A_{i4}=10 A_{i5}=6	$A_{(i+1)1}$=8 $A_{(i+1)2}$=5 $A_{(i+1)3}$=10 $A_{(i+1)4}$=12 $A_{(i+l)5}$=10	0 5 10 + 20 12 10
Размер списания, A^{C}	0	$A^{C}_{(i+1),tсп}$=-6	-6
Размер парка, A_i	A_i=5+10+12+10+6 =43	$A_{(i+1)}=A_i+A^{П}_{(i+1)1}-A^{C}_{(i+1)tсп}$=43+8-6=45	$A_{(i+1)}$=43 + 20 – 6=57
Средний возраст парка, $\overline{T}_i$	2,54	2,75	2,98
Относительная масса дохода парка, %	100	98,2	123,6

Структура парка при временном разрезе i+1 и простом обновлении и поставке 8 новых автомобилей приведена в третьем столбце, а структура при сложном обновлении, заключающаяся в приобретении 20 автомобилей третьей возрастной группы – $A^{П}_{(i+1)3}$ в четвертом столбце.

7. Как при простом, так и при сложном списании в каждом временном разрезе количество приобретенных и списанных автомобилей в общем случае (характерном для реальной практики) не равно, т.е. $A^{П}_i \neq A^{C}_i$.

8. Размер парка определяется суммированием всех данных по столбцам:

$$A_i = \sum_{o=1}^{t_{сп}} A_{ij}. \qquad (4.7)$$

9. Прогнозирование возрастной структуры парка позволяет определить динамику изменения реализуемого показателя качества парка по показателям качества автомобилей различных возрастных групп. Так, если доходы автобусов разных возрастных групп парка определяются в процентах D_1=100; D_2=99; D_3=82; D_4=64; D_5=41, то реализуемый показатель качества парка автобусов в момент i (таблица 4.1) по доходам с учетом возрастной структуры составляет:

$$\overline{D}_i = \sum_{j=1}^{t_{СП}} D_j \cdot a_{ij} = \sum_{j=1}^{t_{СП}} D_j \frac{A_{ij}}{A_i} = 100 \cdot \frac{5}{43} + 99 \cdot \frac{10}{43} + 82 \cdot \frac{12}{43} + 64 \cdot \frac{10}{43} + 41 \cdot \frac{6}{43} = 77{,}9\%$$

относительно доходности (100%) новых автобусов (j=1).

При временном разрезе i+1 и простом восстановлении доходность среднего автомобиля парка равна $\overline{D}_{i+1}$=73,1%, т.е. на 6,6% ниже, чем при исходной структуре i. При представленном в таблице 4.2 варианте сложного обновления (приобретении не новых, а автобусов 3-й возрастной группы) реализуемый показатель качества по доходности парка будет еще ниже и составит 72,6% от доходности D_i=100% автобусов первой возрастной группы, хотя общий доход в результате роста парка возрастет.

10. Средний возраст парка $\overline{T}_i$ определяется по следующим формулам.

Для разреза i имеем

$$\overline{T}_i = 0{,}5 \cdot \frac{5}{43} + 1{,}5 \cdot \frac{10}{43} + 2{,}5 \cdot \frac{12}{43} + 3{,}5 \cdot \frac{10}{43} + 4{,}5 \cdot \frac{6}{43} = 2{,}54 \text{ года.}$$

Для разреза (i+1) и простом обновлении

$$\overline{T}_{i+1} = 0{,}5 \cdot \frac{8}{45} + 1{,}5 \cdot \frac{5}{45} + 2{,}5 \cdot \frac{10}{45} + 3{,}5 \cdot \frac{12}{45} + 4{,}5 \cdot \frac{10}{45} = 2{,}75 \text{ года.}$$

Для того же разреза и сложном обновлении парка поставкой 20 автомобилей третьей возрастной группы средний возраст парка будет еще выше и составит: $\overline{T}_{(i+1)}$=2,98 года. Это существенно увеличивает затраты на его содержание.

11. Относительная масса дохода парка (в условных единицах) составляет:

$$MD_i = \overline{D}_i A_i. \qquad (4.8)$$

По вариантам это составит:

исходный (i) MD_i =43 · 77,9=334,9 (100%);

простое обновление (i+1) MD_{i+1} = 45 · 73,1 = 328,9 (98,2%);

сложное обновление (i+1) MD^1_{i+1} = 57 · 72,6 =413,8 (123,6%).

Таким образом, при рассмотренном варианте простого обновления масса дохода сократится на 1,8% даже при некотором росте размера парка на 4,6%. При рассмотренном варианте сложного обновления масса дохода по сравнению с исходной возрастет на 23,6% при значительном на 32,6% росте размера парка и его старении, что приведет к существенному увеличению расходов на содержание этого парка.

4.4 Расчет показателей ВСП при случайном списании

Этот расчет основан на использовании закономерностей процесса восстановления.

При этом весь наличный парк рассматривается в качестве восстанавливаемой технической системы, состоящей из элементов – отдельных автомобилей.

Поток замен списываемых автомобилей во время существования парка i описывается ведущей функцией Ω(i) и параметром потока отказов (списаний) и замен (поставок) ω(i).

Ведущая функция определяет накопленное число событий (в данном случае замен списанных автомобилей) к определенной наработке i большой системы – парка автомобилей.

Разница $\Omega_{(i+i)} - \Omega_{(i)} = m(x_i)$ определяет число событий в интервале наработок системы (i+1) – i.

$$\omega(x_i) = \frac{m(i)}{n[(i)-i]} = \frac{\Omega(i+1)-\Omega(i)}{(i+1)-i}, \tag{4.9}$$

где n – количество изделий в парке.

Для этого случая

$$\Omega(i) = \sum_{k=1}^{\infty} F_{k(i),} \tag{4.10}$$

где F_k – интегральная функция распределения наработки при *k*-й замене инвентарного автомобиля парка;

i – календарное время работы парка.

Смысл этого выражения состоит в том, что за фактический календарный срок существования парка автомобилей данной конструкции (i=20–25 лет) будет несколько списаний k и замен каждого списочного автомобиля, вернее автомобиля с данным гаражным номером.

В случае нормального закона распределения наработки до списания автомобиля функция Ω(i) может быть определена аналитически по следующей формуле:

$$\Omega(i) = \sum_{k=1}^{\infty} \Phi\left(\frac{1-k\bar{x}}{\sigma\sqrt{k}}\right) = \sum_{k=1}^{\infty} \Phi(z), \tag{4.11}$$

где $\bar{x}$ – средняя наработка до списания автомобиля, лет;

σ – среднеквадратические отклонения наработки до списания;

k – число замен каждого списочного автомобиля, шт.;

Φ(z) – нормированная функция для выражения

$$z = \frac{1-k\bar{x}}{\sigma\sqrt{k}} \quad . \tag{4.12}$$

Функция Ф(z) табулирована (таблица А.4 приложения), т.е. рассчитав значение z, по стандартной таблице определяют величину Ф(z).

Рассмотрим пример № 2 последовательности расчета случайного списания при следующих исходных данных:

$$t_{СП} = \bar{x} = 5 \text{ лет};\ \sigma_{СП} = 1 \text{ год};\ V_{СП} = \frac{\sigma_{СП}}{\bar{x}_{СП}} = 0{,}2.$$

Интервал календарного времени существования парка принят в 1 год, т.е. размер списания и компенсирующей поставки определяется в расчете на 1 год.

Расчет проводится для i=16, т.е. 16 календарных лет существования парка. Заданный размер парка, который необходимо поддерживать: A_i = const = 100 автомобилей.

Последовательность расчета:

1) Определяем число замен в первом календарном интервале работы парка i=1. Так как фактические наработки при первом списании находятся в интервале x±3σ, т.е. от 2 до 8 лет, число списаний и замен автомобилей при i = Ω(i)=0, и расчет начинаем с i=2 года.

2) При календарном сроке службы парка i+1=2:

а) для первых замен имеем i=2; k=1; $\bar{x}$=5; σ=1, тогда

$$z = \frac{i - k \cdot \bar{x}}{\sigma \cdot \sqrt{k}} = \frac{2 - 1 \cdot 5}{1 \cdot \sqrt{1}} = -3.$$

Вероятность первых замен $F_1(2)$=Ф(-3) = 0,0013 (таблица А.4);

б) для вторых замен i=2; k=2; x=5; σ=1.

$$z = \frac{2 - 1 \cdot 5}{1 \cdot \sqrt{2}} = -5{,}7;\ F_2(2) = \Phi(-5{,}7) = 0;$$

в) так как вероятность вторых замен при i=2 равна 0, то не будет третьих и последующих замен. Поэтому накопленное относительное количество замен при i=2 согласно формуле (4.11) равно:

Ω(2) = 0,0013 + 0 = 0,0013 на один списочный автомобиль.

3) Подобные расчеты проводятся для i = 3, 4, 5,...i=16.

Например, для календарной продолжительности работы парка i=8 имеем:

а) первые замены i=8; k=1; $\bar{x}$=5; σ =1.

$$z = \frac{8 - 1 \cdot 5}{1 \cdot \sqrt{1}} = 3;\ \Phi(z) = \Phi(3) = F(3) = F_1(8) = 0{,}9987,$$

т.е. фактически весь списочный состав парка к этому моменту (i=8) будет обновлен, как минимум, один раз;

б) вторые замены (k=2)

$$z = \frac{8 - 2 \cdot 5}{1 \cdot \sqrt{2}} = -1{,}39;\ \Phi(-1{,}39) = F_2(8) = 0{,}082;$$

в) третьи замены (k=3)

$$z = \frac{8 - 3 \cdot 5}{1 \cdot \sqrt{3}} = -4;\ \Phi(-4) = F_3(8) = 0;$$

4) Общее накопленное количество замен на один инвентарный автомобиль за i=8 равно:

$$\Omega(8)=F_1(8)+F_2(8)+ F_3(8)=0{,}9987+0{,}082+0=1{,}081,$$

т.е. это общее накопленное количество замен в парке на один инвентарный (списочный) автомобиль.

Иными словами, за 8 лет существования парка каждый списочный автомобиль обновился (списание, замена) в среднем около 1,1 раза.

5) Полученные таким образом накопленные значения Ω(i) сводим в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Определение числа замен в парке автомобилей

Календарное время работы парка, лет	Интервал календарного времени, лет	Ω(i)	$\Omega_1=\Omega(i+1)-\Omega(i)$	$A_i^C=A_i^П$ при A_i=100 ед
1	0–1	0	0	0
2	1–2	0,001	0,001	0,1
3	2–3	0,02	0,02	2
4	3–4	0,16	0,14	14
5	4–5	0,50	0,34	34
6	5–6	0,88	0,38	38
7	6–7	0,99	0,11	11
8	7–8	1,08	0,09	9
9	8–9	1,24	0,16	16
10	9–10	1,5	0,26	26
11	10–11	1,77	0,27	27
12	11–12	1,95	0,22	22
13	12–13	2,10	0,15	15
14	13–14	2,30	0,20	20
15	14–15	2,50	0,20	20
16	15–16	2,73	0,23	23

6) Определяем по формуле (4.9) параметр потока списаний по интервалам календарного периода существования парка (i+1)–i:

$$\omega_1 = \frac{\Omega(i+1)-\Omega(i)}{(i+1)-i} = \Omega(i+1)-\Omega(i), \qquad (4.13)$$

т.к. интервал расчетов принят один год.

7) Число списываемых и, следовательно, получаемых автомобилей по парку:

$$A_i^c = A_i^п = \omega_i \cdot A_i. \qquad (4.14)$$

Как следовало ожидать, $\omega(i) \rightarrow \frac{1}{\overline{x}} = \omega = 1/5 = 0{,}2 \rightarrow$ const (таблица 4.2).

Сделаем некоторые практические рекомендации по формированию возрастной структуры парка.

1. Возрастная структура парка оказывает существенное влияние на все показатели работы парка и инженерно-технической службы (ИТС), которая обязана анализировать возрастную структуру парка и разрабатывать предложения по ее управлению.

Прогноз изменения возрастной структуры парка рекомендуется проводить, как минимум, ежегодно. Для внутрихозяйственных расчетов возрастные группы, особенно при различных условиях эксплуатации, целесообразно формировать с меньшим шагом, например, квартал или полгода.

2. Изменение возрастной структуры парка зависит от исходной структуры, темпов списания и пополнения, а также установленного срока службы автомобилей. Поэтому применительно к управлению возрастной структурой парков недопустимо планирование по достигнутому уровню (размеров списания в предыдущие периоды).

Регулируя списание и пополнение парка, можно получить необходимую возрастную структуру с заданными показателями эффективности.

3. В разные периоды существования парков они обладают разными провозными способностями, т.е. для выполнения одинаковой транспортной работы количественный состав парков должен изменяться. Для выполнения равной транспортной работы размер парка при его старении должен увеличиваться.

4. Увеличение сроков службы автомобилей до списания без изменения их надежности приводит к существенному ухудшению показателей эффективности парка – средней производительности автомобиля, доходов, коэффициента технической готовности, потребности в рабочей силе, ПТБ, запасных частях.

При старении происходят изменения не только количественных, но и качественных показателей работы парков: расширяется номенклатура необходимых запасных частей, материалов; появляется необходимость в выполнении новых видов работ, оборудовании, персонале. Существенно ухудшаются свойства подвижного состава, непосредственно не связанные с надежностью, но влияющие на конкурентоспособность в рыночных условиях: внешний вид, комфортабельность, экологичность и др.

5. Существенного и устойчивого улучшения показателей работы парка можно добиться в результате его омоложения, т.е. своевременного списания автомобилей, выработавших установленный ресурс.

Разовые поставки новых автомобилей приводят лишь к временному улучшению показателей по парку в целом, с последующим, более резким ухудшением этих показателей до момента списания этой группы автомобилей.

6. Увеличение темпов обновления парка способствует улучшению показателей эффективности и повышает интенсивность внедрения автомобилей новых конструкций, т.е. мероприятий научно-технического прогресса, но является ресурсоемким мероприятием.

В рыночных условиях одним из распространенных и эффективных методов сокращения больших разовых инвестиций при обновлении парков являются различные формы лизинга.

Отчет по работе должен содержать:
– цель работы;
– исходные данные варианта задания;
– результаты вычислений с необходимыми формулами;
– выводы по результатам вычислений.

4.5 Контрольные вопросы

1. Дать определение возрастной структуры парка.
2. Описать метод сложного дискретного списания.
3. Дать определение управления возрастной структурой парка.
4. Как рассчитывается реализуемый показатель качества парка?
5. Описать методы расчета возрастной структуры парка.
6. Как рассчитывается реализуемый показатель качества автомобиля?
7. Описать метод диагонального сдвига.

Литература

1. Миротин Л.Б. Управление социально-техническими системами: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров «Технология транспортных процессов» / Л.Б. Миротин, А.К. Покровский, А.Г. Некрасов. – Москва: Академия, 2014. – 205 с.

2. Горев А.Э. Основы теории транспортных систем: учебное пособие / А.Э. Горев. – Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2010. – 214 с.

3. Воронов Ю.Е. Основы системного анализа [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов специальности 190701.01 Организация перевозок и управление на транспорте (Автомобильный транспорт) / Ю.Е. Воронов. – Электрон. дан. – Кемерово: КузГТУ, 2011. – 78 с. – URL: http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90628&type=utchposob:common.

4. Кузнецов Е.С. Управление техническими системами: учебное пособие / Е.С. Кузнецов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – Москва: МАДИ (ТУ), 2003. – 248 с.

5. Шульга Г.И. Управление техническими системами на автомобильном транспорте: учебно-методическое пособие к практическим занятиям / Г.И. Шульга, В.В. Локтионов. – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2010. – 124 с.

6. Управление техническими системами на автомобильном транспорте: методические указания по выполнению практических работ / Е.А. Слепенко. – Братск: ГОУ ВПО БрГУ, 2007. – 75 с.

7. Методика определения критического пути продолжительности выполнения программ или проектов: методические указания по выполнению контрольной работы по курсу «Управление техническими системами» / Сост. Д.В. Цыганков. – Кемерово: КузГТУ, 2008. – 8 с.

8. Бауэр В.И. Методические указания к практическим работам «Анализ возрастной структуры автомобильных парков» по дисциплине «Управление техническими системами» для студентов очной и заочной форм обучения / В.И. Бауэр, Г.Ф. Оганесян, А.М. Осипенко. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2002. – 27 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Исходные данные к работе
«Определение критического пути
и продолжительности выполнения программы»

Таблица А.1 – Продолжительность выполнения операций

Путь	Первая цифра шифра	Оценка продолжительности, дн.		
		t_1	t_2	t_3
B-A	1	1	2	3
	2	6	8	9
	3	6	7	9
	4	5	6	8

Таблица А.2 – Продолжительность выполнения операций

Путь	Вторая цифра шифра	Оценка продолжительности, дн.		
		t_1	t_2	t_3
A-C	1	24	26	27
	2	26	27	28
	3	26	28	29
B-D	1	19	20	21
	2	20	21	23
	3	20	22	24

Таблица А.3 – Продолжительность выполнения операций

Путь	Третья цифра шифра	Оценка продолжительности, дн.		
		t_1	t_2	t_3
D-C	1	2	3	4
	2	3	4	5
	3	3	5	7

Таблица А.4 – Нормированная функция нормального распределения

z	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4
Φ(z)	0,500	0,460	0,421	0,382	0,345
z	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9
Φ(z)	0,309	0,274	0,242	0,212	0,184
z	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,4
Φ(z)	0,159	0,136	0,115	0,097	0,081
z	-1,5	-1,6	-1,7	-1,8	-1,9
Φ(z)	0,067	0,055	0,045	0,036	0,029
z	-2,0	-2,1	-2,2	-2,3	-2,4
Φ(z)	0,023	0,018	0,014	0,011	0,008
z	-2,5	-2,6	-2,7	-2,8	-2,9
Φ(z)	0,006	0,005	0,004	0,003	0,002
z	-3,0	-3,1	-3,2	-3,3	-3,4
Φ(z)	0,0013	0,0011	0,0007	0,0005	0,0003
z	-3,5	-3,6	-3,7	-3,8	-3,9
Φ(z)	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000
z	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4
Φ(z)	0,500	0,540	0,579	0,618	0,655
z	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Φ(z)	0,619	0,726	0,758	0,788	0,816
z	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
Φ(z)	0,814	0,864	0,885	0,903	0,919
z	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
Φ(z)	0,933	0,945	0,955	0,964	0,971
z	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
Φ(z)	0,977	0,982	0,986	0,989	0,992
z	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
Φ(z)	0,994	0,995	0,996	0,997	0,998
z	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4
Φ(z)	0,9987	0,9990	0,9993	0,9995	0,9997
z	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9
Φ(z)	0,9998	0,9998	0,9999	0,9999	1,000

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Исходные данные к работе
«Оценка влияния факторов методом априорного ранжирования»

Таблица Б.1 – Ранги оценки a_{km}

Номера факто-ров k	Номера экспертов m											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Данные таблицы Б.2		Данные таблицы Б.3		1	1	2	1	1	1	Данные таблицы Б.4	
2					2	2	1	2	2	3		
3					3	3	3	3	3	2		
4					4	5	4	4	4	4		
5					5	4	5	5	6	5		
6					6	6	6	6	5	6		

Таблица Б.2 – Данные для таблицы Б.1

Первая цифра шифра							
1		2		3		4	
2	2	1	1	3	3	3	3
1	1	3	3	1	1	2	2
4	4	2	2	4	4	1	1
6	6	4	4	2	2	6	6
5	5	5	5	6	6	4	4
3	3	6	6	5	5	5	5

Таблица Б.3 – Данные для таблицы Б.1

Вторая цифра шифра					
1		2		3	
1	1	4	4	3	3
2	2	3	3	1	1
3	3	1	1	5	5
4	4	2	2	2	2
5	5	6	6	6	6
6	6	5	5	4	4

Таблица Б.4 – Данные для таблицы Б.1

Третья цифра шифра					
1		2		3	
3	3	1	1	2	2
1	1	2	2	3	3
2	2	3	3	1	1
5	5	4	4	5	5
6	6	5	5	4	4
4	4	6	6	6	6

Таблица Б.5 – Критические значения критерия Пирсона (χ^2-критерия)

Число степеней свободы	Уровень значимости, α							
	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01	0,005	0,002	0,001
1	1,642	2,706	3,841	5,412	6,635	7,879	9,550	10,83
2	3,219	4,605	5,991	7,824	9,210	10,60	12,43	13,82
3	4,642	6,251	7,815	9,837	11,34	12,84	14,80	16,27
4	5,989	7,779	9,488	11,67	13,28	14,86	16,92	18,47
5	7,289	9,236	11,07	13,39	15,09	16,75	18,91	20,52
6	8,558	10,64	12,59	15,03	16,81	18,55	20,79	22,46
7	9,803	12,02	14,07	16,62	18,48	20,28	22,60	24,32
8	11,03	13,36	15,51	18,17	20,09	21,95	24,35	26,12
9	12,24	14,68	16,92	19,68	21,67	23,59	26,06	27,88
10	13,44	15,99	18,31	21,16	23,21	25,19	27,72	29,59
11	14,63	17,28	19,68	22,62	24,72	26,76	29,35	31,26
12	15,81	18,55	21,03	24,05	26,22	28,30	30,96	32,91

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Исходные данные к работе «Управление возрастной структурой парка»

Таблица В.1 – Расчет показателей возрастной структуры парка при дискретном списании

Возрастная группа j (пробег, тыс. км)	Состав парка A_j, авт.				D_i,%			Обновление парка $A^{П}$, авт.		
	Первая цифра шифра				Вторая цифра шифра			Третья цифра шифра		
	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3
1 (0–140)	36	22	15	27	100	100	100	14	9	–
2 (141–280)	54	48	17	54	97	95	93	18	12	20
3 (281–420)	56	52	23	63	82	86	80	15	–	18
4 (421–560)	47	63	38	39	65	68	63	–	17	15
5 (561–700)	31	29	13	21	43	51	38	–	–	–
Всего A_i, авт.	224	214	106	204						

Таблица В.1 – Расчет показателей возрастной структуры парка при случайном списании

Показатели	Вторая цифра шифра			Третья цифра шифра		
	1	2	3	1	2	3
Средняя наработка до списания автомобиля $t_{сп}$, лет	6	7	8	–	–	–
Среднеквадратическое отклонение наработки до списания $\sigma_{сп}$, лет	–	–	–	1,5	1,8	2,0

Филатов Сергей Константинович
кандидат технических наук, доцент

Шевырев Леонид Юрьевич
кандидат технических наук, доцент

Бельц Алексей Федорович
кандидат технических наук, доцент

Каплунов Алексей Николаевич
кандидат технических наук, доцент

УПРАВЛЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Практикум

Редактор Н.П. Лучинкина
Верстка Н.В. Гвоздик
Художественный редактор С.П. Вдовикина

Подписано в печать 25.04.2024 г.
Формат 60×84/16. Усл. п. л. 2,5. Тираж 30 экз. Заказ № 13.

Отдел информационных технологий и издательской деятельности
Азово-Черноморского инженерного института
ФГБОУ ВО Донской ГАУ
347740, г. Зерноград Ростовской области, ул. Советская, 15.