2 (46) 2019

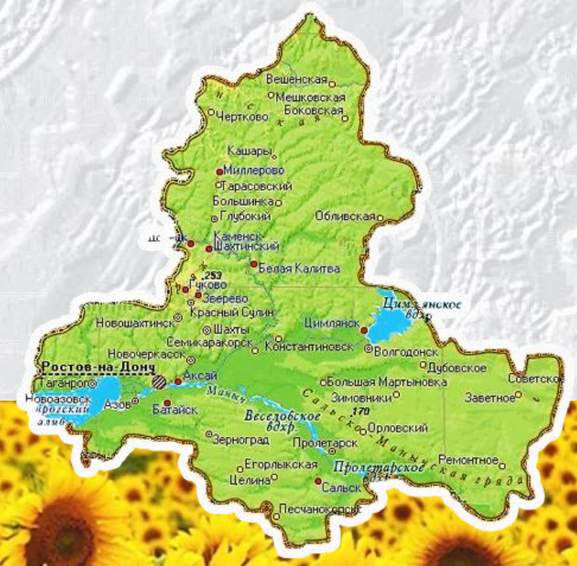
ВЕСТНИК

ISSN 2075-6704

аграрной науки Дона

Don agrarian science bulletin

Теоретический и научно-практический журнал



ВЕСТНИК АГРАРНОЙ НАУКИ ДОНА

ISSN 2075-6704

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство ПИ № ФС77-47152 от 3 ноября 2011 г.

№ 2 (46) 2019

Учредители: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет», Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Аграрный научный центр «Донской», Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Гл. редактор
КЛИМЕНКО А.И. — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, ректор ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет»

Зам. главного редактора
СЕРЁГИН А.А. — кандидат технических наук, профессор, директор Азово-Черноморского инженерного института – филиала ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» в г. Зернограде

Редакционная коллегия:

СТРЕБКОВ Д.С. — доктор технических наук, профессор, академик РАН, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (г. Москва, Россия)

ШКРАБАК В.С. — доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (г. Пушкин, Россия)

ВАСИЛЬЕВ А.Н. — доктор технических наук, профессор, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (г. Москва, Россия)

ЛОБАЧЕВСКИЙ Я.П. — доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (г. Москва, Россия)

ТАРАНОВ М.А. — доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» в г. Зернограде

ЮДАЕВ И.В. — доктор технических наук, профессор, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» в г. Зернограде

БОНДАРЕНКО А.М. — доктор технических наук, профессор, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» в г. Зернограде

САДЫКОВ Ж.С. — доктор технических наук, профессор, академик МАИ и НАК, Научно-исследовательский институт агроинженерных проблем и новых технологий (г. Алматы, Республика Казахстан)

ВИТЕЗСЛАВ СТЫСКАЛА — Doctor of Philosophy (Ph.D), профессор, Технический университет (г. Острава, Чехия)

АРТЮХОВ И.И. — доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина» (Россия)

ОРЛОВ П.С. — доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия» (Россия)

БАРАНОВ Ю.Н. — доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева» (Россия)

КАЗАНЦЕВ С.П. — доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева» (Россия)

ЛЕБЕДЕВ А.Т. — доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (Россия)

ПАСТУХОВ А.Г. — доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина» (Россия)

НЕСМИЯН А.Ю. — доктор технических наук, доцент, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» в г. Зернограде

СИРАКОВ К.А. — Doctor of Philosophy (Ph.D), доцент, Университет им. Ангела Кынчева (г. Русе, Болгария)

Составитель Мирошникова В.В.
Редактор Лучинкина Н.П.
Художественный редактор Вдовикина С.П.
Компьютерная верстка Гвоздик Н.В.
Перевод Заболотняя Е.А.

Подписано в печать 28.05.2019 г. Выход в свет 28.06.2019 г. Формат 60×84 1/8. Уч.-изд. л. 12,6. Тираж 1000 экз. Заказ № 23.

Адрес редакции: 347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 21
Телефон/факс/E-mail: (863-59) 43-8-97, (863-59) 43-3-80; vand2008@mail.ru

В соответствии с решением Президиума Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации от 29.12.2015 г. журнал включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук.

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) и входит в базу данных AGRIS ФАО ООН, Ulrich's Periodicals Directory американского издательства Bowker.

При перепечатке материалов ссылка на «Вестник аграрной науки Дона» обязательна.

В издании рассматриваются научные проблемы обеспечения функционирования различных отраслей АПК. Представленный материал предназначен для ученых, преподавателей, аспирантов и студентов вузов, руководителей предприятий АПК, слушателей курсов повышения квалификации и др.

© ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2019
© ФГБНУ «АНЦ «Донской», 2019
© ФГБНУ РосНИИПМ, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование

Лебедев А.Т., Серёгин А.А., Арженовский А.Г.
Повышение эффективности функционирования машин и оборудования АПК управлением надежностью их систем…….. 4

Несмиян А.Ю., Щиров В.В., Олдырев С.М.
Оценка влияния неконструктивных факторов на удельное сопротивление легкоглинистых черноземов при чизелевании……. 11

Ксенз Н.В., Сидорцов И.Г., Степанчук Г.В., Белоусов А.В.
Влияние естественных электрических полей на урожайность сельскохозяйственных культур…….. 18

Белов А.А., Мусенко А.А., Васильев А.Н., Топорков В.Н.
Обоснование устройства для электрогидравлической обработки водных растворов…… 23

Курочкин В.Н.
Управление эффективностью уборочно-транспортного процесса посредством согласования производительностей его фаз с применением цифровой модели…….. 29

Барышева Н.Н., Пронин С.П.
Исследование электрических сигналов зерен пшеницы…….. 36

Вендин С.В., Саенко Ю.В., Страхов В.Ю.
Результаты экспериментальных исследований по оценке эффективности применения УФ-облучения, СВЧ-обработки и искусственного освещения при проращивании зерна пшеницы и ячменя на витаминный корм…… 42

Топорков В.Н., Королев В.А., Башилов А.М.
Электроимпульсные технологии в сельском хозяйстве…. 50

Валуев Н.В., Никитченко С.Л., Волошин А.Д.
Повышение надёжности сельскохозяйственной техники обоснованием резерва запасных частей на период полевых работ…… 55

Хронюк Е.В., Кувшинова Е.К., Ерешко А.С., Хронюк В.Б., Несмиян А.Ю.
Оценка влияния систем распределения и дозирования семян селекционных сеялок на урожайность озимого ячменя…….. 63

Виноградов А.В., Виноградова А.В., Большев В.Е., Лансберг А.А.
Способ кодирования ситуаций в электрической сети, содержащей мультиконтактные коммутационные системы и возобновляемые источники энергии…….. 68

Сыркин В.А., Гриднева Т.С., Машков С.В., Васильев С.И.
Разработка индукционной воскотопки…… 76

Галущак В.С., Сошинов А.Г., Хавроничев С.В., Петренко С.А.
Бытовой сельский электротранспорт – солнцекат «ФЕРМЕР»…….. 83

Ульянов В.М., Хрипин В.А., Крыгин С.Е., Паршина В.А., Бубнов Н.В.
Исследования доильного аппарата с пульсоотключателем…… 88

CONTENTS

Technology, mechanization and power equipment

Lebedev A.T., Seryogin A.A., Arzhenovskiy A.G.
Improving the efficiency of functioning of machines and equipment of agro-industrial complex by management of the reliability of their systems……. 4

Nesmiyan A.Yu., Shchirov V.V., Oldyrev S.M.
Assessment the impact of non-constructive factors on the specific resistance of light clay soils during chiseling…….. 11

Ksenz N.V., Sidortsov I.G., Stepanchuk G.V., Belousov A.V.
The influence of natural electric fields on the yield of agricultural crops…….. 18

Belov A.A., Musenko A.A., Vasiljev A.N., Toporkov V.N.
Justification of the device for electro-hydraulic treatment of aqueous solutions…….. 23

Kurochkin V. N.
Performance management of the cleaning and transportation process by coordination of the productivities of its phases with the use of the digital model…….. 29

Barysheva N.N., Pronin S.P.
The research of electric signals of wheat grains…….. 36

Vendin S.V., Saenko Yu.V., Strahov V.Yu.
Results of experimental researches on evaluating the efficiency of the application of UV- irradiation, microwave processing and artificial lighting when germinating wheat and barley grain on vitamin feed… 42

Toporkov V.N., Korolev V.A., Bashilov A.M.
Electroimpulse technologies in agriculture…… 50

Valuev N.V., Nikitchenko S.L., Voloshin A.D.
Improving the reliability of agricultural technique by justification of the reserve of spare parts for the period of field work…… 55

Khronyuk E.V., Kuvshinova E.K., Ereshko A.S., Khronyuk V.B., Nesmiyan A.Yu.
Assessment of the influence of distribution and dosing systems of seeds of breeding seeders on the yield of winter barley…… 63

Vinogradov A.V., Vinogradova A.V., Bolshev V.E., Lansberg A.A.
Method of coding situations in the electric network containing multicontact commutation systems and renewable energy sources…….. 68

Syrkin V.A., Gridneva T.S., Mashkov S.V., Vasiljev S.I.
Development of induction gripping…… 76

Galushchak V.S., Soshinov A.G., Khavronichev S.V., Petrenko S.A.
Household rural electric transport – solarbike «FARMER»…….. 83

Ulyanov V.M., Khripin V.A., Krygin S.E., Parshina V.A., Bubnov N.V.
Researches of milking device with a pulse-disconnector…… 88

Васильев Алексей Николаевич – доктор технических наук, заведующий отделом ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (г. Москва, Российская Федерация). Тел.: +7-925-132-96-13. E-mail: vasilev-viesh@inbox.ru.

Топорков Виктор Николаевич – кандидат технических наук, старший специалист ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (г. Москва, Российская Федерация). Тел.: +7-906-724-43-93. E-mail: vieshvt@yandex.ru.

Information about the authors

Belov Alexander Anatolyevich – Doctor of Technical Sciences, senior research, FSBSI «Federal Scientific Agroengineering Center VIM» (Moscow, Russian Federation). Phone: +7-915-197-35-21. E-mail: sofronich.bel@mail.ru.

Musenko Andrey Anatolyevich – postgraduate student, FSBSI «Federal Scientific Agroengineering Center VIM» (Moscow, Russian Federation). Phone: +7-951-821-00-58. E-mail: iier4uk@mail.ru.

Vasiljev Alexey Nikolaevich – Doctor of Technical Sciences, Head of the department, FSBSI «Federal Scientific Agroengineering Center VIM» (Moscow, Russian Federation). Phone: +7-925-132-96-13. E-mail: vasilev-viesh@inbox.ru.

Toporkov Viktor Nikolaevich – Candidate of Technical Sciences, senior specialist, FSBSI «Federal Scientific Agroengineering Center VIM» (Moscow, Russian Federation). Phone: +7-906-724-43-93. E-mail: vieshvt@yandex.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 331.2

УПРАВЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА ПОСРЕДСТВОМ СОГЛАСОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЕЙ ЕГО ФАЗ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ

© 2019 г. В.Н. Курочкин

Эффективное управление уборочно-транспортным процессом предполагает согласование производительностей его фаз, что возможно посредством симуляции различных вариантов его организации с последующим выбором оптимального по критерию эффективности. Известно, что за счет согласования фаз процесса по производительности, сокращения разрывов во время уборки снижаются параметрические и функциональные отказы рассматриваемой технологической системы. В результате уменьшается себестоимость зерна и улучшается результат хозяйственной деятельности сельскохозяйственной организации. С целью разработки методики управления эффективностью уборочно-транспортного процесса посредством согласования производительностей его фаз с применением математического моделирования рассмотрены зависимости и закономерности, возникающие при управлении указанным процессом в аграрных холдингах. Разработана методика управления эффективностью уборочно-транспортного процесса посредством согласования производительностей его фаз с применением математической модели. Разработаны: аналитический критерий эффективности, формализованная схема и алгоритм имитационного компьютерного моделирования, реализация которого позволяет обосновать экономически целесообразный уровень загрузки и производительность оборудования по фазам технологического процесса. Математическая модель является основой для управления показателями эффективности использования машин и комбайнов во время уборки урожая зерновых культур. Выявлены общие признаки исследуемого процесса: наличие основных и обслуживающих машин, наличие дискретности предмета труда, описанной в виде перемещения дискретных транзактов, выявлено действие стохастических причин, установлена последовательность фаз технологической системы и наличие заделов между ними. В результате исследуемый процесс идентифицирован как сеть массового обслуживания, в которой имеют место случайные процессы, приводящие к образованию заделов. Размер заделов позволяет управлять эффективностью уборочно-транспортного процесса посредством согласования производительностей его фаз, что может быть выполнено с применением цифровой модели системы GPSS. Следовательно, моделирование технологических систем процессов в растениеводстве возможно на основе их представления как марковской цепи.

Ключевые слова: сельское хозяйство, уборочно-транспортный процесс, система, закономерность, управление, эффективность, математическая модель.

Effective management of the harvest and transport process involves the coordination of the performance of its phases, which is possible by simulating various options for organizing it and then choosing the optimal one according to the criterion of efficiency. Parametric and functional references of the technological system under consideration. As a result, the cost of grain decreases and the result of economic activity of the agricultural organization improves. In order to develop a methodology for managing the efficiency of the harvest and transport process by coordinating the performance of its phases using mathematical modeling, the dependencies and patterns that arise when managing this process in agricultural holdings are considered. A methodology has been developed for managing the efficiency of the harvest-transport process by matching the performance of its phases using a mathematical model. The following are developed: an analytical criterion of efficiency, a formalized scheme and an algorithm for simulation computer simulation, the implementation of which makes it possible to substantiate an economically viable level of loading and the productivity of equipment in phases of the technological process. The mathematical model is the basis for managing the efficiency of the use of machinery and combines during the harvest of grain crops. As a result of the research, it was established that the modeling of technological systems of processes is possible on their presentation as a markov chain. The developed algorithms and simulations based on the GPSS system are adequate and can be used to solve practical problems of the effectiveness of organizational systems of this type.

Keywords: agriculture, harvest and transport process, system, regularity, management, efficiency, mathematical model.

Введение. Обеспечить устойчивое развитие зернового хозяйства и нейтрализовать последствия объявленных Западом санкций можно при рациональном использовании имеющейся сельскохозяйственной техники. Для инженерно-технической подсистемы сельскохозяйственной организации значимым является обеспечение непрерывности технологических процессов производства сельскохозяйственной продукции растениеводства за счет согласованности машинно-тракторного парка по производительности при условии поддержания технической готовности на регламентированной уровне.

В связи с возрастанием сложности тракторов, зерноуборочных и иных комбайнов, сельскохозяйственных машин и машинно-тракторных агрегатов задача эксплуатации указанной техники может быть решена более эффективно при использовании информационных технологий, основанных на математическом моделировании, что к настоящему времени является достаточно инновационным направлением модернизации уборочно-транспортных и заготовительных процессов при уборке всего биологического урожая зерновых колосовых культур [1, с. 33]. Эффективное управление уборочно-транспортным процессом предполагает согласование производительностей его фаз, что возможно посредством симуляции различных вариантов его организации с последующим выбором оптимального по критерию эффективности. Известно, что за счет согласования фаз процесса по производительности, сокращения технологических разрывов во время уборки снижаются параметрические и функциональные отказы рассматриваемой технологической системы [2, с. 5]. В результате уменьшается себестоимость зерна и улучшается результат хозяйственной деятельности сельскохозяйственной организации [3, с. 8].

Следовательно, необходимо исследовать сложные производственные процессы, происходящие в уборочно-транспортном процессе, выявить факторы эффективности и разработать мероприятия, обеспечивающие сокращение параметрических и функциональных отказов.

Научная гипотеза состоит в том, что рациональная организация технологической системы эксплуатации машин во время уборки зерновых культур на основе математического моделирования снизит параметрические и функциональные отказы за счет согласования фаз технологических процессов по производительности, тем самым повысит эффективность использования технических средств.

Цель работы: разработка методики управления эффективностью уборочно-транспортного процесса согласованием производительностей его фаз с применением математического моделирования.

Объект исследования – функционирование технологической системы уборочно-транспортной системы.

Предмет исследования – зависимости и закономерности, возникающие при управлении эффективностью уборочно-транспортных работ в аграрных холдингах.

Система уборочно-транспортных и заготовительных работ, условия и организация использования машинно-тракторного парка сельскохозяйственных организаций рассмотрена в работах академиков Э.И. Липковича, М.С. Рунчева, В.М. Кряжкова, В.И. Черноиванова, А.И. Селиванова, А.Э. Северного и др. Исследование вопросов организации с использованием теории марковских процессов и её приложений было выполнено докторами наук Н.И. Агафоновым, Ю.А. Царевым, А.И. Бурьяновым и др., исследование надежности зерноуборочных комбайнов в рядовых условиях эксплуатации на примере Ставропольского края выполнено профессором А.Т. Лебедевым [4, с. 409–415].

Методы исследования этой задачи, по результатам изучения состояния вопроса, определяются следующими факторами. Рассматриваемая система в соответствии со стандартом [2, с. 3–20] относится к технологическим, которые имеют несколько фаз (скашивание в валки и последующий обмолот, уборка напрямую, транспортирование зерна и незерновой части урожая, лущение, вспашка, культивация), и состоит из множества вероятностных элементов, и цель работы имеет стохастический характер. Рассматриваемая система характеризуется влиянием случайных факторов, возникающих по следующим причинам: непредвиденные изменения цен на продукцию и используемые в производственном процессе ресурсы из-за колебания рыночной конъюнктуры; периодически возникающие кризисные явления в экономике и финансах; природно-климатические факторы зоны рискованного земледелия.

Системный анализ и математическое моделирование на основе представления процесса как марковского позволяет оптимизировать организацию ЭМТП на основе: идентификации входящих потоков транзактов [5, с. 278–293], изучения их обслуживания в различных фазах рассматриваемой технологической системы, формирования показателей параметрических отказов, в т.ч. образование очереди на обслуживание. Технологическая система уборки зерновых – достаточно сложная система, на её работу влияют одновременно множество технических, организационных и природных факторов. По этой причине результат её функционирования – намолот – каждый день разный. В таком случае обычно констатируют стохастический смысл функционирования данной группировки рабочих средств, что определяет её как систему, общесистемные свойства которой являются проявлением синергии, то есть они – не простая сумма свойств комбайнов, транспортных средств и тракторов.

Подобные системы изучают методом моделирования. В нашем случае математическое моделирование предусматривало разработку формализованной схемы, математической модели и алгоритма моделирования и использование «системы моделирования дискретных систем» (GPSS), которая разработана математиками университета штата Мичиган [6, с. 278–293]. Вначале рассмотрели формализованную схему,

вытекающую из описания процесса. Общие признаки исследуемого процесса: наличие основных машин (машинно-тракторные агрегаты, уборочные агрегаты) и их сервис, который представлен грузовыми автомашинами, агрегатами ТО, автозаправщиком, МПР (расшифровывается как «мастерская передвижная ремонтная») и др. На процесс воздействуют стохастические факторы. Процесс регламентирован особенностями растений убираемого массива, организацией выполнения операций и тактико-техническими данными задействованной техники. «Отмеченные признаки характерны для систем массового обслуживания (СМО), известных из теории массового обслуживания (ТМО)», – отмечается в источнике [7, с. 63–90]. ТМО, как всякая теория, имеет свою научную терминологию. Последняя видоизменяется при применении к различным отраслям. Если в военном деле обслуживаемая подсистема – летательные аппараты, а обслуживающая подсистема – ракеты «земля – воздух», то в нашем случае условились о следующем: «СМО – сложная многофазовая технологическая система уборочно-транспортного и заготовительного процесса, обладающая общесистемными свойствами эмерджентности, устойчивости, надежности функционирования и др., подсистемы и элементы которой объединены целевой функцией». Согласование производительностей его фаз возможно с применением цифровой модели.

Описанная СМО состоит из подсистем, которые, в свою очередь, состоят из элементов. Фазы процесса – это подсистемы. Они обмениваются сигналами – заявками на обслуживание (далее – заявка на выполнение работ – ЗВР). Последняя может обозначать как возникшую потребность в проведении операций ТО или устранении отказов, так и потребность в обслуживании транзактов – элементарных частичек предмета труда, проходящего последовательно через фазы уборочно-транспортного и заготовительного процесса (УТЗП). Поток транзактов – дискретный, транзакты между фазами образуют технологические заделы. Поток транзактов был идентифицирован в производственном элементе, который позволил установить его вероятностный характер, точечные характеристики данного случайного процесса, доверительные вероятности и ошибки согласования принятого закона распределения и фактически существующего. Методом хронометража установили количество обслуживаемых автомашин, комбайнов, МТА и других элементов [8, с. 53–56]. Входящий поток заявок на обслуживание может быть регулярным или случайным. В первом случае промежутки между Δt определены как разница во времени между моментами поступления предыдущего и последующего объекта $\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$, они равны друг другу $\Delta t1 = \Delta t2 = \cdots = \Delta ti-1 = \Delta t$. Во втором – промежутки между Δt, определенные аналогично (как разница во времени между моментами поступления предыдущего и последующего объекта $\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$), не равные, носят стохастический характер. Из опыта предшествующих исследований известны случаи поступления стохастических потоков, когда заявки проявляются в случайные моменты, последовательно через разные интервалы. «В этом случае промежутки времени между моментами поступления заявок с вероятностью, практически равной единице, не равны между собой» – так было установлено в литературном источнике [9, с. 35–37]. Ранее было доказано, что потоки ЗВР могут быть с достаточной степенью вероятности идентифицированы стохастическими закономерностями [10, с. 50–52]. 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 правомерности данного типа моделирования мы основывались на удачной попытке моделирования технического обслуживания сельскохозяйственной техники [11, с. 742–751].

«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», – установил академик Э.И. Липкович [1, с. 74–75].

В рассматриваемой сети массового обслуживания между фазами процесса существуют потоки ЗВР. Они могут быть пуассоновскими, а могут и не быть ими. Если поток пуассоновский, то расчет по формулам ТМО дает 3–5% погрешности при доверительной вероятности 0,9, а если нет – погрешность может вырасти до 10–12%. Но дело в том, что многофазовый искомый процесс ни под одну из схем ТМО не подпадает. Он – уникальный и поэтому требует разработки алгоритма и математической модели – тоже уникальной.

Из теории известно, что СМО может быть как открытой, так и закрытой. Число требований может быть ограниченным (количество обслуживаемых ремонтной мастерской тракторов) или практически неограниченным. В первом случае «закрытая система» – обслуженное требование, например, отремонтированный трактор остается в системе, во втором – покидает систему. Исследуемая система имеет и то (транзакты покидают систему и не возвращаются) и другое – восстановленное техническое средство остается в процессе.

Формализованное описание технологической системы уборочно-транспортной системы основано на применении теории сложных систем, ранее изложенной в статье [10, с. 50–52]. В таком случае состояние *z* уборочной системы описывается набором объектов $z_1, z_2, \ldots z_n$, *причем* $z_i \in Z_i$, i=1, 2, .., n, где Z_i – заданные множества:

$$\hat{Z} = Z_1 \times Z_2 \times \ldots \times Z_n. \quad (1)$$

В этом случае множество $\hat{Z}$ – это *пространство состояний процесса уборки урожая, которое* представляет собой множество *всех* упорядоченных совокупностей $z_1, z_2, ..., z_n,$ в том числе и не принадлежащих состоянию рассматриваемого процесса уборки урожая, для которой все состояния системы характеризуются множеством точек интервала $Z_1 - (0, z_1^0)$ на оси $OZ_1; Z_2$ – множеством точек интервала $(0, z_2^0)$ на оси $0Z_2$ и т.д. по аналогии. На вход поступают транзакты $x \in X$, где *X* – множество входов системы, причем транзакт, поступающий в систему в момент $t \in T$, обозначается $x(t).$ Входные и выходные сигналы в данном случае – транзакты, обслуживаемые в фазах процесса. Пусть за промежуток времени Δt_i в обработку поступает часть хлебного поля *dx*, тогда они вместе за указанное время составляют транзакт [10, с. 50–52]:

$$\rho = \int_{t_1}^{t_2} f\ \ t, \eta_i\ \ dt. \qquad (2)$$

В таком случае вход *x системы* описывается $x_i \in X_i = 1, 2, ..., m,$ где *Xi* – заданные множества. Множество транзактов определяется множеством входов *x=L(t),* соответствующих условиями работы уборочной системы. Последняя также генерирует обслуженные транзакты, которые для $y \in Y$ при $t \in T$ обозначили как $y(t).$

Тогда *пространство выходных «обслуженных» транзактов* уборочной системы будет иметь вид:

$$\hat{Y} = Y_1 \times Y_2 \times ... \times Y_r. \qquad (3)$$

Обобщая понятие данной системы, вслед за рядом исследователей, условимся, что *z(t)* для временных точек $t \in T$ таких, что $t \geq t_0,$ определяется *оператором переходов* системы:

$$t \in Tz(t) = H\ \ t, t_0, z(t_0), (t, x_L]_{t_0}^{t}\ \ . \qquad (4)$$

Роль оператора выполняет разработанный нами алгоритм. В данном случае методика исследования сложных организационных систем начинается с его формализации, которая требует идентификации входных параметров и управляющих *воздействий, причем*

$$g \in \Gamma,\ \hat{\Gamma} = \Gamma_1 \times \Gamma_2 \times ... \times \Gamma_m.$$

Входные и управляющие воздействия считали точками пространства $\overline{X} = X \times \Gamma$ и *обобщенных* входных параметров:

$$\overline{x} = (x, g) = x_1, x_2, ..., x_n, g_1, g_2, ... g_m.$$

При поступлении в систему транзактов и управляющих воздействий её состояние, если имеет место марковский процесс, зависит от $(t, x_L)_T$ и $(t, g_M)_T$. С учетом этого обстоятельства оператор переходов приобретает вид:

$$z(t) = H\{t, t_0, z(t_0), (t, x_L, g_M]_{t_0}^{t}\}.$$

Оператор переходов реализуется алгоритмом по системе GPSS. «Пошаговое выполнение процедур в алгоритме символически изображается в виде передачи управления от одних блоков к другим. … Конфигурация блок-схемы отражает направления, по которым происходит движение перемещающихся элементов.

Транзакты – это движущиеся объекты GPSS-модели, работа которой заключается в моделировании движения транзактов от блоков к блокам.

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. 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.)» – данное описание приведено математиком-програм-мистом [6, pp. 37–40]. Устройство интерпретировано рисунком 1.

Нерациональный задел может вызвать, с одной стороны, в условиях действия случайных факторов простой жаток, комбайнов или МПУ из-за отсутствия фронта работ и, с другой стороны, – потери урожая из-за значительного задела в виде созревшего, но не убранного массива, а также по причине неудовлетворительного технического обслуживания [11, с. 742–751].

С целью моделирования представили созревание массива и его обработку в виде материального потока, который время от времени разделяется (рисунок 2). Имеет место следующая схема: за промежуток времени Δt_i созревает элементарная порция массива *dx*, вся совокупность которых составляет:

$$R = \int f\{t\}\, dt.$$

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 (транзактов) еще в созревающем массиве.

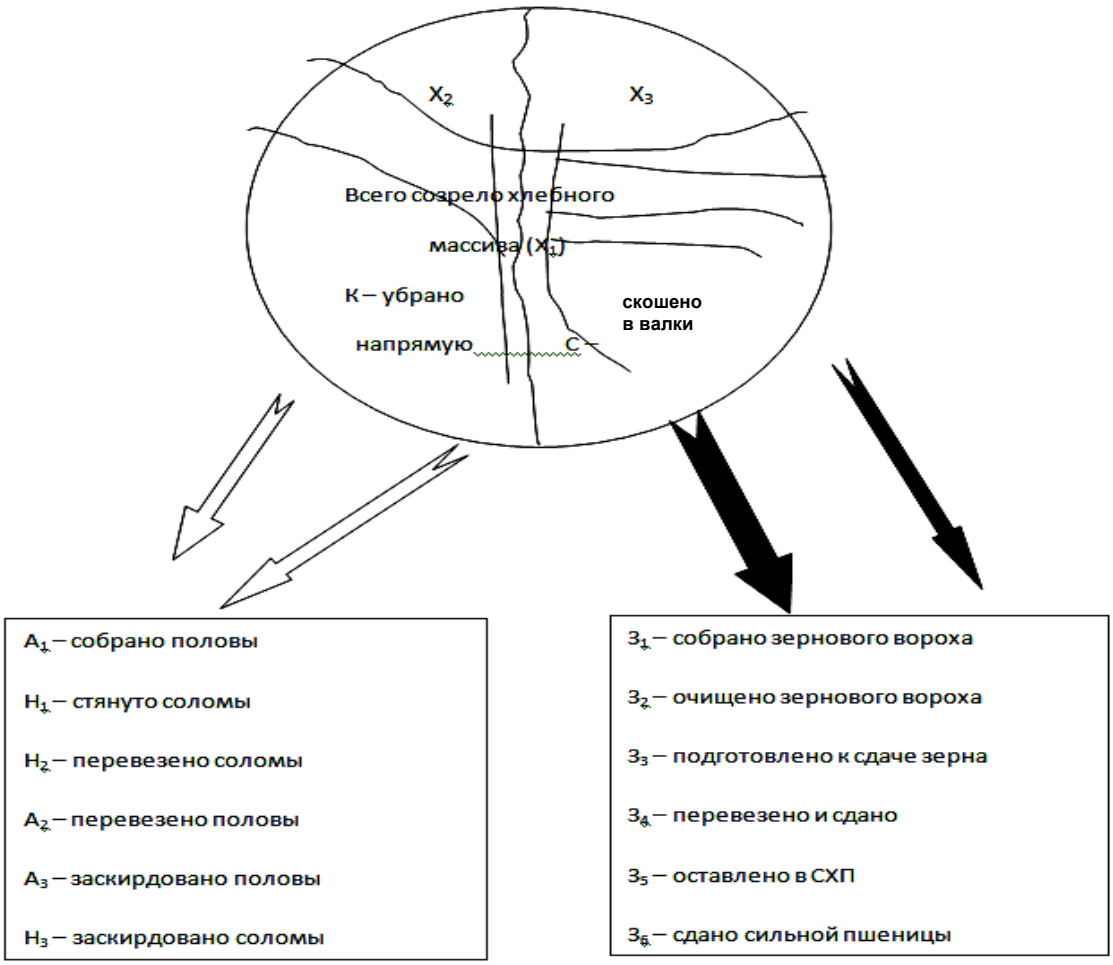


Рисунок 1 – Графическая интерпретация устройства, транзактов и заделов

Во вторую фазу (см. рисунок 2) поступают валки, которые обмолачивают с запаздыванием, необходимым для их подсыхания до кондиционной влажности. Действительно, убираемый массив в будущем обязательно делится на порции зерна, копны, гектары убранной площади за минуту, час, смену и т.д., то есть транзакты существуют физически во все время протекания уборочно-транспортного и заготовительного процесса [12]. 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 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.

Для лущения и вспашки входящим потоком являются площади, освобожденные от НЧУ. Экспериментальные исследования подтвердили гипотезу о том, что потоки описываются случайными законами: время от времени возникают отказы техники, требуются технологические перерывы и т.д. При замере промежутков времени между окончаниями обработки очередных гектаров поля с достаточной повторностью, регулярно фиксировались случайные потоки.

Выявлены общие признаки исследуемого процесса: наличие основных и обслуживающих машин, наличие дискретности предмета труда, описанной в виде перемещения дискретных транзактов, выявлено действие стохастических причин, установлена последовательность фаз технологической системы и наличие заделов между ними. В результате исследуемый процесс идентифицирован как сеть массового обслуживания, в которой имеют место случайные процессы, приводящие к образованию заделов. Размер заделов позволяет управлять эффективностью уборочно-транспортного процесса посредством согласования производительностей его фаз, что может быть выполнено с применением цифровой модели системы GPSS.

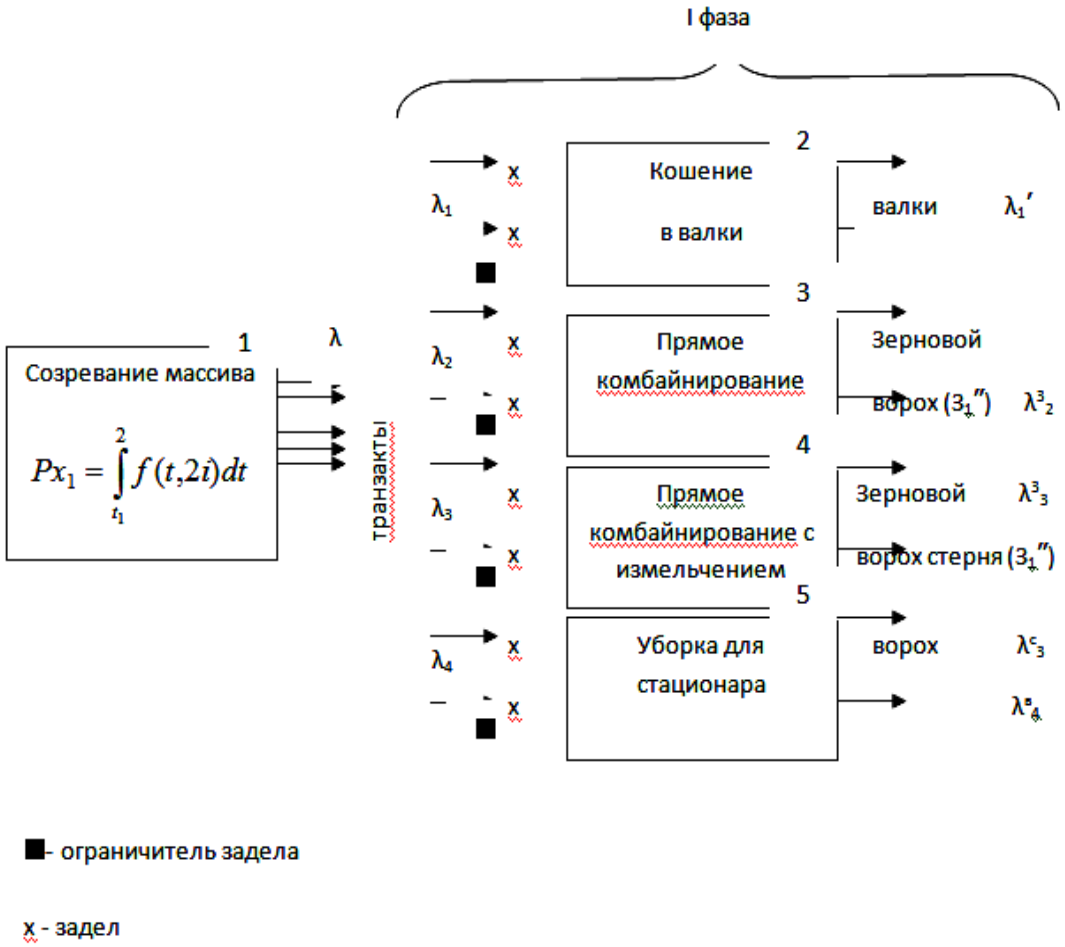


Рисунок 2 – К алгоритму моделирования «устройства» и транзактов

Для повышения надёжности функционирования рассматриваемой системы возможно применение инновационных средств технического обслуживания, разработанных С.Л. Никитченко [14, с. 3807–3815].

Выводы. Адекватные представления о закономерностях функционирования уборочно-транспортной системы в аграрном холдинге были получены в результате исследования её функционирования в производственных условиях. В результате системных исследований установлен вероятностный характер её функционирования, даны характеристики входных и выходных параметров для каждой фазы процесса. Подобные потоки закономерно возникают в процессах эксплуатации сельскохозяйственной техники при наличии случайных внешних и внутренних воздействий. Экспериментальные исследования подтвердили гипотезу о том, что потоки описываются случайными законами: время от времени возникают отказы техники, требуются технологические перерывы и т.д. При замере промежутков времени между окончаниями обработки очередных гектаров поля с достаточной повторностью, регулярно фиксировались случайные потоки.

На основе формализованной схемы, вытекающей из описания процесса, разработан алгоритм моделирования на базе представления технологических процессов в виде марковской цепи. Разработаны, совместно с доцентом А.Г. Лишним, алгоритмы моделирования и программа на основе системы GPSS Мичиганского университета. Разработан метод управления эффективностью уборочно-транспортного процесса посредством согласования производительностей его фаз с применением цифровой модели. Компьютерная модель адекватна и может быть использована для решения практических задач организационных систем. В частности, могут быть установлены оптимальные пропорции соотношения основных и обслуживающих машин, которые преимущественно выражаются простыми числами 1, 3, 5 и 7.

Литература

1. Уборочно-транспортный и заготовительный процесс в районном агропромышленном объединении: основы организации и математическое моделирование: монография / Э.И. Липкович, В.Н. Курочкин, Р.Э. Штейн, Ю.А. Тимофеев, Л.М. Сергеева, Л.Д. Пасечная; под ред. акад. РАН Э.И. Липковича. – Москва: ВАСХНИЛ, 1987. – 140 с.

2. ГОСТ 27.004-85. Надежность в технике. Системы технологические. Термины и определения: – Введён 1986-07-01. Взамен ГОСТ 22954-78. – Москва: Издательство стандартов, 1986. – 60 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://standartgost.ru/g/A2_27.004-85.

3. Липкович, Э.И. Математическое моделирование механизированных процессов: монография / Э.И. Липкович, В.Н. Курочкин. – Ростов-на-Дону: Ростовское книжное издательство, 1987. – 90 с.

4. Исследование надежности зерноуборочных комбайнов в рядовых условиях эксплуатации на примере Ставропольского края / А.Т. Лебедев, Р.В. Павлюк, А.В. Захарин, П.А. Лебедев. – Инновации в сельском хозяйстве. – 2018. – № 3 (28). – С. 409–415.

5. Курочкин В.Н. Эффективность и надежность функционирования сложных организационных систем / В.Н. Курочкин. – Ростов-на-Дону: Ростовское книжное издательство, 2010. – 468 с.

6. Thomas, J. Schreiber. Simulation Using GPSS. – John Wiley & Sons. – New York – London – Sydney – Toronto, 1980. – 602 p.

7. Курочкин, В.Н. Совершенствование организации технического сервиса технологических систем: монография / В.Н. Курочкин, Е.Н. Кущева, С.Л. Никитченко. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ДонГАУ, 2016. – 197 с.

8. Курочкин, В.Н. Система технического сервиса: организация, математическое моделирование: монография / В.Н. Курочкин, Е.Н. Кущева, С.Л. Никитченко. – Москва–Берлин: Директ-Медиа, 2017. – 166.

9. Курочкин, В.Н. Теоретические аспекты исследования процесса возникновения отказов зерноперерабатывающего оборудования / В.Н. Курочкин, Е.Н. Кущева. – Техника и оборудование для села. – 2012. – № 4. – С. 35–37.

10. Курочкин, В.Н. Применение методов теории сложных систем к обоснованию рациональной эксплуатации машин / В.Н. Курочкин. – Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1980. – № 1. – С. 50–52.

11. Mathematical modeling of agricultural machinery technical maintenance / V.N. Kurochkin, A.A. Seryogin, N.V. Valuev, V.P. Zabrodin, V.S. Gazalov, S.L. Nikitchenko // Journal of fundamental and applied sciences. – 2017. – Vol. 9. – No 7S. – P. 742–751.

12. Kurochkin, V.N. Optimization of Multiphase Technological Process Based on Simulation Modeling // Advances in Engineering Research. – Atlantis Pres, 2018.

13. Mathematical modeling of the technological system of the harvesting and transport process / V.N. Kurochkin, A.T. Lebedev, N.E. Rudenko, Y.I. Zhevora, and N.P. Doronina // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – P. 715–719.

14. Hinged aggregate for technical maintenance of machines: modeling, testing and conditions of application / A.A. Seryogin, S.L. Nikitchenko, N.V. Valuev, V.N. Kurochkin and S.V. Smykov // Journal of Mechanical Science and Technology. – 2018. – № 32 (8). – P. 3807–3815.

References

1. Lipkovich E.I., Kurochkin V.N., Shteyn R.E., Timofeyev Yu.A., Sergeeva L.M., Pasechnaya L.D. Uborochno-transportnyy i zagotovitel'nyy protsess v rayonnom agropromyshlennom ob"yedinenii: osnovy organizatsii i matematicheskoye modelirovaniye: monografiya [Harvesting and procurement process in the regional agro-industrial association: the basics of organization and mathematical modeling: monograpf] pod red. akademika RAN E.I. Lipkovicha, Moscow, VASKHNIL, 1987, 140 p. (In Russian)

2. GOST 27.004-85. Nadezhnost' v tekhnike. Sistemy tekhnologicheskiye. Terminy i opredeleniya: [GOST 27.004-85. Reliability in technology. Technological systems. Terms and definitions]. Vvedon 1986-07-01. Vzamen GOST 22954-78, Moscow, Izdatel'stvo standartov, 1986, 60 p. [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: https://standartgost.ru/g/A2_27.004-85. (In Russian)

3. Lipkovich E.I., Kurochkin V.N. Matematicheskoye modelirovaniye mekhanizirovannykh protsessov: monografiya [Mathematical modeling of mechanized processes: monograph], Rostov-on-Don, Rostovskoye knizhnoye izdatel'stvo, 1987, 90 p. (In Russian)

4. Lebedev A.T., Pavlyuk R.V., Zakharin A.V., Lebedev P.A. Issledovaniye nadezhnosti zernouborochnykh kombaynov v ryadovykh usloviyakh ekspluatatsii na primere Stavropol'skogo kraya [Research of reliability of combine harvesters in ordinary service conditions on the example of Stravropol edge], *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*, 2018, No 3 (28), pp. 409–415. (In Russian)

5. Kurochkin V.N. Effektivnost' i nadezhnost' funktsionirovaniya slozhnykh organizatsionnykh system [Efficiency and reliability of functioning of complex organizational systems], Rostov-on-Don, Rostovskoye knizhnoye izdatel'stvo, 2010, 468 p. (In Russian)

6. Thomas J. Schreiber. Simulation Using GPSS. John Wiley & Sons. – New York, London, Sydney, Toronto, 1980, 602 p.

7. Kurochkin V.N., Kushcheva E.N., Nikitchenko S.L. Sovershenstvovaniye organizatsii tekhnicheskogo servisa tekhnologicheskikh system: monografiya [Improvement of the organization of technical service of technological systems: monograph], Zernograd, Azovo-Chernomorskiy inzhenernyy institute DonGAU, 2016, 197 p. (In Russian)

8. Kurochkin V.N., Kushcheva E.N., Nikitchenko S.L. Sistema tekhnicheskogo servisa: organizatsiya, matematicheskoye modelirovaniye: monografiya [System of technical service: organization, mathematical modeling: monograph], Moscow–Berlin, Direkt-Media, 2017, 166 p. (In Russian)

9. Kurochkin, V.N., Kushcheva E.N., Teoreticheskiye aspekty issledovaniya protsessa vozniknoveniya otkazov zernopererabatyvayushchego oborudovaniya [Theoretical aspects of a research of process of emergence of failures of the grain processing equipment], *Tekhnika i oborudovaniye dlya sela,* 2012, No 4, pp. 35–37. (In Russian)

10. Kurochkin V.N. Primeneniye metodov teorii slozhnykh sistem k obosnovaniyu ratsional'noy ekspluatatsii mashin [Application of methods of the theory of complex systems to justification of rational operation of cars], *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*, 1980, No 1, pp. 50–52. (In Russian)

11. Kurochkin V.N., Seryogin A.A., Valuev N.V., Zabrodin V.P., Gazalov V.S., Nikitchenko S.L. Mathematical modeling of agricultural machinery technical maintenance. *Journal of fundamental and applied sciences*, 2017, vol. 9, No 7S, pp. 742–751.

12. Kurochkin V.N. Optimization of Multiphase Technological Process Based on Simulation Modeling. *Advances in Engineering Research*, Atlantis Pres, 2018.

13. Kurochkin V.N., Lebedev A.T., Rudenko N.E., Zhevora Y.I., and Doronina N.P. Mathematical modeling of the technological system of the harvesting and transportprocess. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences,* 2018, pp. 715–719.

14. Seryogin A.A., Nikitchenko S.L., Valuev N.V., Kurochkin V.N. and Smykov S.V. Hinged aggregate for technical maintenance of machines: Modeling, testing and conditions of application. *Journal of Mechanical Science and Technology,* 2018, No 32 (8), pp. 3807–3815.

Сведения об авторе

Курочкин Валентин Николаевич – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, профессор кафедры «Экономика и управление», Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» в г. Зерноград (Ростовская область, Российская Федерация). Тел.: +7-952-608-00-77.

Information about the author

Kurochkin Valentin Nikolaevich – Doctor of Technical Sciences, senior scientist, Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of FSBEI HE «Don State Agrarian University» in Zernograd (Rostov region, Russian Federation). Phone: +7-952-608-00-77.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

УДК 58.084.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ЗЕРЕН ПШЕНИЦЫ

© 2019 г. Н.Н. Барышева, С.П. Пронин

Генерация электрических сигналов играет важную роль в жизни растений. Практическое применение исследований генерации электрических сигналов у высших растений носит широкий характер. Одна из основных функций – это оценка возможности адаптации к изменениям условий внешней среды, оценка физиологического состояния. Основываясь на экспериментальных исследованиях, установлено, что электрические потенциалы зерен пшеницы могут быть использованы в качестве показателей их качества. Установлено, что при проращивании семян в дистиллированной воде электрический потенциал покоя равен -64 мВ для семян с высокой всхожестью, для низкой – составил -187 мВ. Опираясь на уравнение Гольдмана–Ходжкина–Катца, где значение потенциала характеризуется проницаемостью мембраны и концентрацией ионов, была выдвинута гипотеза о проницаемости оболочки семян пшеницы разной всхожести, которая подтвердилась в результате экспериментальных исследований и моделирования данных в среде MathCad. Чем выше всхожесть семян, тем выше проницаемость оболочки, а следовательно, и ниже значение потенциала. Применение солевых растворов KCl, NaCL вызвало изменение потенциалов у зерен как с низкой, так и высокой всхожестью. При этом значения потенциалов у семян с низкой всхожестью ниже. При использовании раствора KCl зерна пшеницы со всхожестью 87% отличаются положительными значениями потенциалов в отличие от значений потенциалов семян со всхожестью 97%, разница значений объясняется разной проницаемостью оболочки у семян (у семян с низкой всхожестью проницаемость ниже). При использовании раствора NaCL потенциал у зерен со всхожестью 87% и 97% с увеличением концентрации раствора приближается к нулю. Практические результаты подтвердили теоретические исследования в данной области. Значения электрических потенциалов зерен пшеницы свидетельствуют о возможности их применения в качестве параметра для экспресс-диагностики всхожести.

Ключевые слова: зерна пшеницы, электрический потенциал, экспериментальное исследование, гипотеза, теоретическое исследование, раствор KCl, NaCL, электрохимический процесс, проницаемость оболочки, экспресс-диагностика, всхожесть.

Generation of electrical signals plays an important role in plant life. The practical application of research of the generation of electrical signals in higher plants has a broad character. One of the main functions is the assessment of the possibility of adaptation to changes in environmental conditions, assessment of the physiological state. Based on experimental studies, it is established that the electrical potentials of wheat grains can be used as indicators of their quality. It was found that when germinating seeds in distilled water, the electric potential is -64 mV for seeds with high germination, for low seeds it is -187 mV. Based on the Goldman–Hodgkin–Katz equation, where the potential value is characterized by membrane permeability and ion concentration, a hypothesis about the permeability of the shell of wheat seeds of different germination was presented. The higher the germination of seeds, the higher the permeability of the shell, and, consequently, the lower the potential value. The use of salt solutions KCl, NaCL caused a change in the potentials of grains with both low and high germination. At the same time, the potential values for seeds with low germination are lower. When using the KCl solution, wheat with a germination of 87% is characterized by positive potentials, in contrast to the values of the potentials of seeds with a germination of 97%, the difference in values is explained by the different permeability of the shell in the seeds (in the seeds with low germination the permeability is lower). When using the NaCL solution, the potential of grains with germination of 87% and 97% with an increase in the concentration of the solution approaches zero. The results of research indicate the feasibility of the use of electrical potentials of wheat seeds for express diagnostics of their germination.

Keywords: wheat grains, electric potential, experimental study, hypothesis, theoretical study, KCl solution, NaCL, electrochemical process, shell permeability, rapid diagnosis, germination.

Введение. Генерация электрических сигналов играет важную роль в жизни растений. Генерация электрических сигналов характеризует физиологическое состояние растений [1]. Поэтому анализ природы и закономерностей электрических потенциалов у растений представляется весьма актуальным.

Впервые электрический сигнал был зафиксирован в нервных и мышечных клетках животных [2], далее были проведены исследования на высших растениях, которые подтвердили генерацию электрического импульса у высших и низших растений [3, 5].

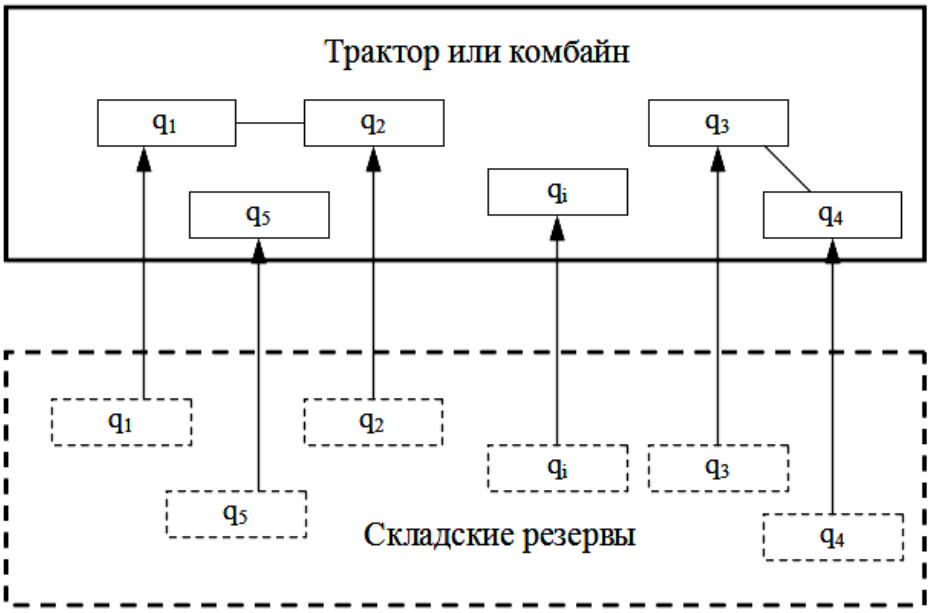


Рисунок 1 – Схема ненагруженного резервирования замещением

При обосновании складского запаса предприятию важно обеспечить минимум риска нехватки деталей и узлов в период полевых работ. Стоимость S_r резерва складывается из стоимостей S_i каждой запасной части q_i, размещённой в заявке на приобретение ($q \in Q$), включая издержки доставки на предприятие и хранение. Если резерв склада предприятия по *i*-му типу деталей меньше ожидаемого спроса в период полевых работ, то предприятие несет убытки U_1 от простоя техники. Если резерв превышает спрос, то часть деталей остается вне оборота и предприятие также имеет убыток U_2, который связан с увеличением затрат на запасные части и стоимости их хранения. Необходимо найти компромиссный вариант между убытками и затратами предприятия. Минимальный риск нехватки деталей в период работ представим через вероятность возникновения отказа элементов *i*-го типа с простоем системы

$$\left.\begin{array}{c} \min\left\{1-P_i(q)\right\} = \min\left\{1-\prod_{i=1}^{k} P_{ik}(q_i)\right\} \\ \text{или} \\ \max P_i(q) == \max\left\{\prod_{i=1}^{k} P_{ik}(q_i)\right\} \\ q_i = 0, 1, 2, 3, \ldots\ldots, \\ k = 1, 2, 3, \ldots\ldots, \end{array}\right\}, \quad (2)$$

при наличии ограничения

$$S_r - \sum_{i=1}^{k} S_i \cdot q_i \geq 0\,, \quad (3)$$

где S_i – стоимость запчасти *i*-го типа.

Критерий (3) не лимитирует верхний предел запаса, поэтому здесь появляется вероятность того, что не все детали из резерва будут востребованы и предприятие имеет риск получить ущерб U_2. Данное противоречие описывается известной из теории операций математической моделью [6]

$$F = S_i \sum_{i=1}^{k} (Q-q) \cdot p(q) + U \sum_{q=Q+1}^{\infty} (q-Q) \cdot p(q)\,, \quad (4)$$

где $p(q)$ – вероятность отказа q запасных частей.

Решение этой модели в условиях производства возможно при наличии на складе автоматизированной системы с базой данных, в которой имеется массив внутренней информации предприятия об интенсивности потребления запасных частей *i*-го типа машинами в прошлые годы, а также данные о текущей стоимости этих запчастей. Нами разработано программное обеспечение «Агрокомплекс-«Ресурсы», которое позволяет вести базу данных склада запасных частей сельскохозяйственного предприятия с контролем прихода и расхода складских материалов [8, 9, 10]. Для разработки использовались среда Delphi-2007 и свободно распространяемый сервер баз данных Firebird. Программа «Ресурсы» имеет дополнительный модуль планирования резервов запасных частей, окно которого показано на рисунке 2. Данный модуль позволяет делать выборку наиболее востребованных запасных частей в конкретном периоде полевых работ и рассчитывать их рекомендуемый сезонный резерв. Далее после редактирования оператором программы данный перечень отправляется в окно формирования бланка заявки на запчасти (рисунок 3). Заявку можно выводить на печать или конвертировать в файл формата MS Ecxel, который можно отправить по электронной почте поставщику.

лась для наиболее урожайных и наименее резистентных сортов. Полученные результаты носят предварительный характер, поскольку в опытах посев семян исследуемыми сеялками производился по различным предшественникам, в разных агроландшафтных и даже климатических условиях. Тем не менее полученные данные позволили наметить наличие нерешенной агроинженерной проблемы, выявить необходимость и перспективность проведения полноценного, многолетнего полевого опыта по исследованию влияния систем дозирования и распределения семян сеялок, в том числе и селекционных, на урожайность озимого ячменя и других культур сплошного сева.

Литература

1. Ерешко, А.С. Ячмень: от селекции к производству / А.С. Ерешко. – Ростов-на-Дону, 2007. – 184 с.

2. Хронюк, В.Б. Пивоваренный ячмень и элементы технологии его производства / В.Б. Хронюк. – Ростов-на-Дону, 2009. – 123 с.

3. Оценка эффективности технологий возделывания ячменя / А.Ю. Несмиян, А.С. Головко, С.В. Асатурян, В.В. Должиков // Международный технико-экономический журнал. – Москва, 2016. – Вып. 1. – С. 80–83.

4. Breeding Barley in the New Millenium: Proceedings of an International Symposium / H.E. Vivar and A. McNab, editors. – Ciudad Obregon, Sonora, Mexico: International center for agricultural research in the dry areas, 2000. – 88 p.

5. Barley Facts. GraintoGain [Электронный ресурс]. URL: http://graintogain.com/en/. – Дата обращения: 24.12.2018.

6. Grando S. Food barley gains long-overdue attention. – Caravan. – 2002. – № 16. – P. 20–21.

7. Сурин, Н.А. Селекция ячменя в Сибири / Н.А. Сурин, Н.Е. Ляхова; РАСХН, Сиб. отд-ние, НПО «Енисей». – Новосибирск, 1993. – 292 с.

8. Несмиян, А.Ю. Тенденции и перспективы развития отечественной техники для посева зерновых культур / А.Ю. Несмиян, Ю.С. Ценч // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2018. – Т. 12. – № 3. – С. 45–52.

9. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – Москва, 1989. – Вып. 2. – 250 с.

10. Сеялка Клен-1,5 селекционная порционная [Электронный ресурс]. URL: https://klen-agro.ru/klen-1.5-s.html. – Дата обращения: 27.12.2018.

11. Несмиян, А.Ю. Механизация растениеводства / А.Ю. Несмиян, Л.М. Костылева. – Зерноград: АЧГАА, 2012. – 281 с.

References

1. Ereshko A.S. Yachmen': ot selektsii k proizvodstvu [Barley: from breeding to production], Rostov-on-Don, 2007, 184 p. (In Russian)

2. Khronyuk V.B. Pivovarenyyj yachmen' i elementy tekhnologii ego proizvodstva [Brewing barley and elements of its production technology], Rostov-on-Don, 2009, 123 p.

3. Nesmiyan A.Yu., Golovko A.S., Asaturyan S.V., Dolzhikov V.V. Otsenka effektivnosti tekhnologij vozdelyvaniya yachmenya [Evaluation of efficiency of technologies of cultivation of barley], *Mezhdunarodnyj tekhniko-ekonomicheskij zhurnal,* Moscow, 2016, vyp. 1, pp. 80–83. (In Russian)

4. Breeding Barley in the New Millenium, Proceedings of an International Symposium. H.E. Vivar and A. McNab, editors, Ciudad Obregon, Sonora, Mexico: International center for agricultural research in the dry areas, 2000, 88 p.

5. Barley Facts. Grain to [Elektronnyj resurs], URL: http://graintogain.com/en/, Data obrashheniya: 24.12.2018.

6. Grando S. Food barley gains long-overdue attention. Caravan, 16, 2002, pp. 20–21.

7. Surin N.A., Lyakhova N.E., Selektsiya yachmenya v Sibiri [Selection of barley in Siberia], RASKHN, Sib. otd-nie, NPO «Enisej», Novosibirsk, 1993, 292 p.

8. Nesmiyan A.Yu., Tsench Yu.S. Tendentsii i perspektivy razvitiya otechestvennoj tekhniki dlya poseva zernovykh kul'tur [Trends and prospects of development of domestic machinery for sowing grain crops], *Sel'skokhozyajstvennye mashiny i tekhnologii*, 2018, T. 12, No 3, pp. 45–52. (In Russian)

9. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyajstvennykh kul'tur [Methods of state variety testing of agricultural crops], M., 1989, vyp. 2, 250 p.

10. Seyalka Klen-1,5 selektsionnaya portsionnaya [Seeder Maple-1,5 selection portion], [Elektronnyj resurs]. URL: https://klen-agro.ru/klen-1.5-s.html, Data obrashheniya: 27.12.2018. (In Russian)

11. Nesmiyan A.Yu., Kostyleva L.M. Mekhanizatsiya rastenievodstva [Crop production mechanization], Zernograd, ACHGAA, 2012, 281 p.

Сведения об авторах

Хронюк Евгений Васильевич – аспирант кафедры «Агрономия и селекция сельскохозяйственных культур», Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» в г. Зерограде (Ростовская область, Российская Федерация). Тел.: +7-938-142-02-52. E-mail: Hronyuk@yandex.ru.

Ерешко Александр Сергеевич – Заслуженный агроном РФ, доктор с.-х. наук, профессор кафедры «Агрономия и селекция сельскохозяйственных культур», Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» в г. Зерограде (Ростовская область, Российская Федерация). Тел.: +7-951-497-97-61. E-mail: alexander.erechko@yandex.ru.

Хронюк Василий Борисович – кандидат с.-х. наук, доцент кафедры «Агрономия и селекция сельскохозяйственных культур», Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» в г. Зерограде (Ростовская область, Российская Федерация). Тел.: +7-928-613-99-49. E-mail: hronyuk.vasilii@mail.ru.

Кувшинова Елена Константиновна – кандидат с.-х. наук, доцент, и.о. зав. кафедрой «Агрономия и селекция сельскохозяйственных культур», Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» в г. Зерограде (Ростовская область, Российская Федерация). Тел.: +7-909-407-30-82. E-mail: kuv.ek61@yandex.ru.

Несмиян Андрей Юрьевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Технологии и средства механизации агропромышленного комплекса», Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» в г. Зерограде (Ростовская область, Российская Федерация). Тел.: +7-904-346-83-54. E-mail: nesmiyan.andrei@yandex.ru.