

ЗВІТ

роботи студентського наукового гуртка «ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МАШИН, ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ТА СИСТЕМ В АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ»

Секції №2: «Проектування технічних систем в аграрному виробництві»

кафедри агроінженерії

факультету геодезії, землевпорядкування та агроінженерії ОДАУ

за **2021-2022** навчальний рік

№ п/п	Види робіт	ППП доповідача	Термін проведення	Відмітка про виконання
1	2	3	4	5
1	Написання заяв нових членів студентського наукового гуртка; обрання старости гуртка; розробка плану діяльності наукового гуртка на 2021-2022 н. р.; визначення тематики рефератів, доповідей на конференціях.	<i>Устунюв Панас Дмитрович, Домуці Дмитро Панасович,</i> члени гуртка	Жовтень 2021 р.	Виконано
2	Забезпечення техніки МТП паливно-мастильними матеріалами. Шляхи економного використання паливно-мастильних матеріалів в сільськогосподарських підприємствах. Участь в наукових конференціях Підготовка та написання наукових тез, статей.	<i>Коренюк Олексій Русланович, Гулла Владислав Юрійович, Колєв Олександр Олександрович,</i> члени гуртка	Жовтень 2021 р.	Виконано
3	Методи та способи організації ремонтно-технічного обслуговування та ремонту техніки технологічних комплексів. Участь в наукових конференціях. Підготовка та написання наукових тез, статей.	<i>Лисенко Анатолій Сергійович, Висоцький Андрій Геннадійович, Дойчев Максим Григорович,</i> члени гуртка	Листопад 2021 р.	Виконано

1	2	3	4	5
4	<p>Методи забезпечення працездатності с-г. техніки. Сучасні технології діагностування енергетичних засобів під час технічного обслуговування машин. Участь в наукових конференціях. Підготовка та написання наукових тез, статей.</p>	<p><i>Супрунюк</i> Володимир Петрович, <i>Панчишин</i> Роман Романович, <i>Кулик</i> Андрій Сергійович, члени гуртка</p>	Грудень 2021 р.	Виконано
5	<p>Шляхи удосконалення матеріально-технічної бази та систем забезпечення сільськогосподарських підприємств паливно-мастильними та іншими експлуатаційними матеріалами. Участь в наукових конференціях Підготовка та написання наукових тез, статей.</p>	<p><i>Крутофал</i> Денис Вікторович , <i>Малетін</i> Андрій Володимирович , <i>Базан</i> Іван Сергійович, члени гуртка</p>	Лютий 2022 р.	Виконано
6	<p>Вплив вмісту механічних домішок в дизельному паливі на техніко-експлуатаційні характеристики паливної системи двигунів та методи і засоби її очистки. Підготовка та написання наукових тез, статей.</p>	<p><i>Кулик</i> Андрій Сергійович, <i>Супрунюк</i> Володимир Петрович, <i>Жук</i> Володимир Михайлович, члени гуртка</p>	Березень 2022 р.	Виконано
7	<p>Шляхи підвищення ефективності використання техніки в ТП. Аналіз стратегій технологічного і ТС техніки в наукових дослідженнях. Заслуховування доповідей студентів для наукових конференцій. Підготовка та написання наукових тез.</p>	<p><i>Панчишин</i> Роман Романович, <i>Висоцький</i> Андрій Геннадійович, <i>Кожухар</i> Вадим Анатолійович, члени гуртка</p>	Квітень 2022 р.	Виконано
8	<p>Організаційне зібрання. Підведення підсумків роботи за 2021-2022 н.р.</p>	<p><i>Устюянов</i> Панас Дмитрович, <i>Домуці</i> Дмитро Панасович, члени гуртка</p>	Травень 2022 р.	Виконано

РЕЗУЛЬТАТАМИ РОБОТИ НАУКОВОГО ГУРТКА

1. Студенти прийняли участь в роботі наукових конференцій:

1.1. Наукова конференція з міжнародною участю «Екологія та агротехнології – фундаментальна наука та практична реалізація», 21-22.10. 2021, Софія, Болгарія.

1.2. Викладацько-студентська наукова конференція – Секція: «Агроінженерія» Одеського державного аграрного університету, 10 грудня 2022 року, м. Одеса.

2. За результатами участі в науковій конференції з міжнародною участю «Екологія та агротехнології – фундаментальна наука та практична реалізація», 21-22.10. 2021, Софія, Болгарія, здобувачем ступеня вищої освіти магістр - Лисенко А.С. опублікована у співавторстві наукова стаття:

Лисенко А.С. (2022). Модель оптимизации структуры и состава сложных технологических систем уборки зерновых культур/ Домущи Д. А., Осадчук П. И., Устюянов А. Д., Лисенко А.С., Енакиев Ю. И.: Proceedings of the scientific forum with international participation “Ecology and agrotechnologies – fundamental science and practical realization”, 21-22.10. 2021, Sofia, Volume 3. 184–192. ISSN 2683-0663 (on-line).

<http://www.issapp->

[pushkarov.org/sites/default/files/pictures/ecology_and_agrotechnologies_vol_3.pdf](http://www.issapp-pushkarov.org/sites/default/files/pictures/ecology_and_agrotechnologies_vol_3.pdf)

2. За результатами роботи наукового гуртка:

3. Було заслухано та обговорено на викладацько-студентської наукової конференції – Секція: «Агроінженерія» доповіді здобувачів вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія» СВО «Магістр» та «Бакалавр»:

3.1. Гулла Владислав Юрійович на тему: *Шляхи економного використання паливно-мастильних матеріалів в сільськогосподарських підприємствах.* - науковий керівник – доц. Домущі Д.П., ас. Устюянов П.Д.

3.2. Дойчев Максим Григорович на тему: *Методи та способи організації ремонтно-технічного обслуговування та ремонту техніки технологічних комплексів.* - науковий керівник – доц. Домущі Д.П., ас. Устюянов П.Д..

3.3. *Висоцький Андрій Геннадійович* на тему: **Шляхи підвищення ефективності використання техніки в технологічних процесах та технічних системах.** - науковий керівник – доц. Домущі Д.П., ас. Устюянов П.Д..

3.4. *Кулик Андрій Сергійович* на тему: **Сучасні технології діагностування енергетичних засобів під час технічного обслуговування машин.** - науковий керівник – доц. Домущі Д.П., ас. Устюянов П.Д..

3.5. *Базан Іван Сергійович* на тему: **Шляхи удосконалення матеріально-технічної бази та систем забезпечення сільськогосподарських підприємств паливно-мастильними та іншими експлуатаційними матеріалами.** - науковий керівник – доц. Домущі Д.П., ас. Устюянов П.Д..

Протокол засідання кафедри № 11 від 15 червня 2022 р.

Керівники гуртка:

асистент



Панас УСТУЯНОВ

к.т.н. , доцент



Дмитро ДОМУЩІ

Завідувач кафедри

професор



Анатолій ЯКОВЕНКО



**СЕЛСКОСТОПАНСКА АКАДЕМИЯ
AGRICULTURAL ACADEMY**



**ИНСТИТУТ ПО ПОЧВОЗНАНИЕ, АГРОТЕХНОЛОГИИ И
ЗАЩИТА НА РАСТЕНИЯТА „НИКОЛА ПУШКАРОВ”
NIKOLA PUSHKAROV INSTITUTE OF SOIL SCIENCE,
AGROTECHNOLOGIES AND PLANT PROTECTION**

„ЕКОЛОГИЯ
И АГРОТЕХНОЛОГИИ –
ФУНДАМЕНТАЛНА НАУКА
И ПРАКТИЧЕСКА РЕАЛИЗАЦИЯ”

“ECOLOGY
AND AGROTECHNOLOGIES –
FUNDAMENTAL SCIENCE
AND PRACTICAL REALIZATION”

“ЭКОЛОГИЯ
И АГРОТЕХНОЛОГИИ –
ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ НАУКА
И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ”

София
Sofia
2022



**ИНСТИТУТ ПО ПОЧВОЗНАНИЕ, АГРОТЕХНОЛОГИИ И ЗАЩИТА
НА РАСТЕНИЯТА „НИКОЛА ПУШКАРОВ”**
**NIKOLA PUSHKAROV INSTITUTE OF SOIL SCIENCE,
AGROTECHNOLOGIES AND PLANT PROTECTION**

СБОРНИК с ДОКЛАДИ

**ОТ НАУЧЕН ФОРУМ С МЕЖДУНАРОДНО УЧАСТИЕ
“ЕКОЛОГИЯ И АГРОТЕХНОЛОГИИ –
ФУНДАМЕНТАЛНА НАУКА И ПРАКТИЧЕСКА РЕАЛИЗАЦИЯ”
Том 3**

PROCEEDINGS

**OF THE SCIENTIFIC FORUM WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION
“ECOLOGY AND AGROTECHNOLOGIES –
FUNDAMENTAL SCIENCE AND PRACTICAL REALIZATION”
Volume3**

СБОРНИК ДОКЛАДОВ

**НАУЧНОГО ФОРУМА С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
“ЭКОЛОГИЯ И АГРОТЕХНОЛОГИИ -
“ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ НАУКА И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ”
Том 3**

София
2022

СЪДЪРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНИ ДОКЛАДИ

УСТОЙЧИВО УПРАВЛЕНИЕ НА ПОЧВИТЕ В ЕВРОПЕЙСКАТА ЗЕЛЕНА СДЕЛКА И СТРАТЕГИИТЕ ЗА „БИОРАЗНООБРАЗИЕ” И ОТ „ФЕРМАТА ДО ТРАПЕЗАТА” Ирена Атанасова	11
---	----

РЕЗОЛЮЦИЯТА НА ЕВРОПЕЙСКИЯ ПАРЛАМЕНТ ЗА ЗАЩИТА НА ПОЧВИТЕ И ЗНАЧЕНИЕТО Й ЗА НАУКАТА И ПРАКТИКАТА Методи Теохаров	17
---	----

ИЗНЕСЕНИ ДОКЛАДИ

STUDY OF LETTUCE BEHAVIOUR WITH THE APPLICATION OF NATURE WATER SOLUBLE ACTIVATOR Christos Paschalidis, Stavros Sotiropoulos, Viktor Kavvadias, Dimitrios Petropoulos, Ch. Liakopoulou, Loukas Papakonstantinou, G. Chamurliev, Antonia Koriki	24
---	----

STUDY ON THE EFFECT ON PRODUCTION, NUTRITION OF SPINAGE AND SOIL SUBSTANCE FROM THE USE OF SLUDGE Stavros Sotiropoulos, Ioannis Kalavrouziotis, Sotirios Varnavas, Christos Paschalidis, Viktor Kavvadias, Antonia Koriki, Georgios Xirogiannis	31
--	----

ЗА НЕОБХОДИМОСТА ОТ ГЕОГРАФИЗАЦИЯ НА БЪЛГАРСКОТО ЗЕМЕДЕЛИЕ Веселин Бояджиев	38
--	----

VITICULTURE AND WINERY IN THE REGION OF PELOPONNESE OF GREECE Loukas Papakonstantinou, Christos Paschalidis, Stavros Sotiropoulos, Dimitrios Petropoulos, Dimitrios Taskos, Dimitrios Paschalidis	44
--	----

APPROACHES FOR OPTIMIZATION OF MAIN NUTRIENTS WITH LINEAR AND INTRINSICALLY NONLINEAR MODELS Alexander Sadovski	47
--	----

ЕФЕКТ ОТ ИНОКУЛАЦИЯТА НА ПАПУДА С ГРУДКОВИ БАКТЕРИИ И МИКОРИЗНА ГЪБА Галина Петкова, Костадинка Недялкова, Йонита Перфанова, Радка Донкова	54
---	----

ПРИЛОЖЕНИЕ НА КОМПОСТ И ВЛИЯНИЕТО МУ ВЪРХУ ФОТОСИНТЕТИЧНИТЕ ПЛАСТИДНИ ПИГМЕНТИ Веселина Василева, А. Кацарова, М. Христова, Н. Динев	62
---	----

АГРОЕКОЛОГИЧЕН ПОТЕНЦИАЛ НА ЗЕМЛИЩЕТО НА С. КОВАЧЕВЦИ, ОБЩИНА САМОКОВ (ЧАСТ I). ХАРАКТЕРИСТИКА НА ЕКОЛОГИЧНИТЕ ФАКТОРИ Иванка Любенова	71
АГРОЕКОЛОГИЧЕН ПОТЕНЦИАЛ НА ЗЕМЛИЩЕТО НА С. КОВАЧЕВЦИ, ОБЩИНА САМОКОВ (ЧАСТ II). ОТНОСИТЕЛНА ОЦЕНКА (БОНИТИРОВКА) И КАТЕГОРИЗАЦИЯ НА ЗЕМЕДЕЛСКИТЕ ЗЕМИ Иванка Любенова	78
ЕФЕКТ НА ТОРЕНЕТО, ПОЧВЕНИТЕ ОБРАБОТКИ И БОРБА СЪС ЗАПЛЕВЕЛЯВАНЕТО В ПОЛСКИ ОПИТ С ЦАРЕВИЦА Марина Стоянова, Илияна Герасимова, Ваня Лозанова, Здравка Петкова	85
АНТРОПОГЕННАТА ДЕЙНОСТ КАТО ФАКТОР ЗА ПРОЯВА НА ПОЧВЕНА ЕРОЗИЯ Августа Степчич, Мустафа Хасанов	96
РЕЗУЛТАТИ ОТ ТОРЕНЕТО НА ПШЕНИЦА С АЗОТЕН, ФОСФОРЕН, КАЛИЕВ И СИЛИЦИЕВ ТОР ПРИ ПОЛСКИ ОПИТ НА АЛУВИАЛНО- ЛИВАДНА ПОЧВА Ваня Лозанова, Цецка Симеонова, Мая Бенкова, Люба Ненова, Илияна Герасимова, Здравка Петкова, Ани Кацарова, Мартин Ненов, Ирена Атанасова, Маргарита Николова, Милена Харизанова, Александър Садовски	102
МЕТОДИКА ЗА ПОТЕНЦИАЛНА ОЦЕНКА НА ЗЕМЕДЕЛСКИТЕ ЗЕМИ В БЪЛГАРИЯ – РЕШЕНИ ЗАДАЧИ, ИЗВОДИ, ПРЕПОРЪКИ, НАУЧНИ ПРИНОСИ Ивелина Радованова	109
МЕТОДИ ЗА ОЦЕНКА НА ПОЧВЕНИТЕ СВОЙСТВА В СЪОТВЕТСТВИЕ С ИЗИСКВАНЕТО НА МАСЛОДАЙНАТА РОЗА (<i>ROSA DAMASCENA</i> MILL.) Веселин Панков, Венета Кръстева, Зорница Митрева	116
МЕТОДИ ЗА ОЦЕНКА НА ПОЧВЕНИТЕ УСЛОВИЯ ЗА МАТОЧИНА Веселин Панков, Венета Кръстева, Зорница Митрева	123
РОЛЯ НА ФЕРО ЙОНИТЕ ПРИ ОБРАЗУВАНЕ НА СМЕСЕНИ БИОФИЛМИ Иво Ганчев	130
DISEASES OF CORN IN THE BLACK SEA STEPPE OF UKRAINE Balan, G., Y. Enakiev, B. Elenov	141
ИЗСЛЕДВАНЕ НА СИЛИ И МОМЕНТИ В ПРЕЦИЗНОТО ЗЕМЕДЕЛИЕ С ПОМОЩТА НА ТЕНЗОСЪПРОТИВИТЕЛЕН ИНТЕГРИРАЩ ИЗМЕРВАТЕЛЕН ПЕРИОДОМЕТЪР Свилен Стоянов, Десислава Михайлова	148

РАЗРАБОТВАНЕ НА МАШИНА ЗА РЕСУРСОСПЕСТЯВАЩА РЕЗИТБА В НАСАЖДЕНИЯ С МАСЛОДАЙНА РОЗА Снежан Божков, Атем Качанов, Цонка Гьорина	157
МЕТОДИЧЕСКИ ОСНОВИ НА ИНЖЕНЕРНИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ В ЗЕМЕДЕЛСКАТА ПРАКТИКА Снежан Божков	169
ОЧИСТКА РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ИНТЕНСИФИКАТОРОВ Петр Осадчук, О. Г. Бурдо, А. В. Зыков, Дмитрий Домуци, Юрий Енакиев	178
МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ И СОСТАВА СЛОЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР Дмитрий Домуци, Петр Осадчук, А. Д. Устюянов, А.С. Лисенко, Юрий Енакиев	184
VALIDATION OF SOIL WATER CONTENT AND EVAPOTRANSPIRATION UNDER MAIZE IN SOFIA FIELD USING LYSIMETER DATA, CERES MODEL AND VEGETATION INDICES Zornitsa Popova, Felix Kogan, WENZE Young, Ramesh Singh, Maria Ivanova	193
ПОСТЕРНА СЕСИЯ	
ЕРОЗИОННИ ПРОУЧВАНИЯ В МАЛКИ ВОДОСБОРИ В СТАЦИОНАР „ИГРАЛИЩЕ“ Ели Павлова-Трайкова	206
ЗНАЧЕНИЕ НА ТОРЕНЕТО ЗА РАЗВИТИЕ НА СЛЪНЧОГЛЕД ВЪВ ВЕГЕТАЦИОНЕН ОПИТ С АЛУВИАЛНО-ЛИВАДНА ПОЧВА Ана Кацарова, Цецка Симеонова, Мая Бенкова, Люба Ненова, Здравка Петкова	213
УПОТРЕБА НА ПРИРОДНИ ЗЕОЛИТИ ПРИ ОТГЛЕЖДАНЕ НА МАРУЛЯ ВЪРХУ ПОЧВИ С ГРАДИЕНТ НА ЗАМЪРСЯВАНЕ Ана Кацарова, Мариана Христова, Николай Динев	221
ОЦЕНКА НА ВЛИЯНИЕТО НА НАДМОРСКАТА ВИСОЧИНА, КАТО САМОСТОЯТЕЛЕН ФАКТОР ВЪРХУ ОБЩОТО МИКРОБНО ЧИСЛО И СЪОТНОШЕНИЕТО НА ОСНОВНИТЕ ГРУПИ ПОЧВЕНИ МИКРООРГАНИЗМИ В LUVISOLS ОТ ТЕРИТОРИЯТА НА ЗАПАДНА СТАРА ПЛАНИНА Биляна Григорова-Пешева, Камелия Петрова	228
INFLUENCE OF DIFFERENT TILLAGE OPERATIONS ON SOIL CO ₂ EMISSIONS Gergana Kuncheva, Petar Dimitrov, Iliana Ivanova, Evgeni Enchev	236

МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ И СОСТАВА СЛОЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

**Д. А. Домущи¹, П. И. Осадчук², А. Д. Устюянов¹,
А.С. Лисенко¹, Ю. И. Енакиев³**

¹Одесский Государственный Аграрный Университет, Украина

²Одесская национальная академия пищевых технологий, Украина

³ Институт почвоведения, агротехнологий и защиты растений, имени
Н. Пушкирова, ССА, София, Болгария
d.domuschi@ukr.net

Резюме

Обоснована модель определения состава и структуры сложных технологических комплексов, таких как уборочно-транспортных, для зерновых колосовых культур через условия эксплуатации, учитывая их вероятный характер, и основные факторы, регламентирующие работу уборочных и транспортных машин. Представлена оценка влияния факторов эксплуатации техники на изменение показателей использования не только отдельных комбайнов и транспортных агрегатов, но и всего технологического комплекса.

Ключевые слова: модель, оптимизация, зерноуборочный комбайн, эксплуатация.

MODEL FOR OPTIMIZING THE STRUCTURE AND COMPOSITION OF COMPLEX TECHNOLOGICAL SYSTEMS FOR HARVESTING GRAINS

**D. A. Domushchi*¹, P. I. Osadchuk², A. D. Ustuyanov¹,
A. S. Lysenko¹, Y. I. Enakiev³**

¹Odesa State Agrarian University, Ukraine

²Odesa National Academy of Food Technologies, Ukraine

³Nikola Poushkarov Institute of Soil Science, Agrotechnologies and Plant Protection,
Agricultural Academy
d.domuschi@ukr.net

Abstract

A model for determining the composition and structure of complex technological complexes, such as harvesting and transport, for cereal crops through the operating conditions, taking into account their probable nature, and the main factors regulating the operation of harvesting and transport machines has been substantiated. An assessment of the influence of the factors of operation of equipment on the change in the indicators of the use of not only individual combines and transport units, but also the entire technological complex is presented.

Key words: model, optimization, combine harvester, operation.

Введение

Большие проблемы стоят перед работниками сельского хозяйства на последнем этапе производства сельскохозяйственной продукции – уборке урожая, особенно, уборке зерновых культур (Сидорчук и др., 2011). Для уборки всего выращенного урожая и уменьшения потерь, уборку необходимо проводить в сжатые агротехнические сроки. Достичь этого можно с помощью рациональной организации уборочных работ применительно к природным и производственным особенностям данной зоны (Домущи и Енакиев, 2019).

Продолжительность уборки зависит от наличия и состояния уборочной техники, транспортных средств (ТС), организации работы уборочно-транспортных комплексов (УТК), погодных условий и других факторов (Домущи и др., 2019).

Материалы и методы

Цель исследования: разработка теоретической модели для оптимизации структуры и состава сложных технологических систем уборки зерновых культур. Уборочно-транспортный комплекс можно рассматривать как сложную систему S , состоящую из большого числа элементов (агрегатов-комбайнов и транспортных средств) N , каждый из которых случайным образом может переходить из состояния в состояние под действием случайных потоков с интенсивностями, произвольно зависящими от времени. Такой процесс, происходящий в системе, будем называть Марковским (Вентцель, 1972).

Процессы организации использования технических средств характеризуются случайностью и сложностью. Для исследования сложных систем используется специальный метод-системный анализ (подход). Изучение уборочного процесса предполагает разработку модели, которая позволяет учесть основные факторы, влияющие на развитие данного процесса, установить их взаимодействие и обнаружить механизм управления данным процессом (Domuschiandetc., 2019).

Исходя из этого состав и структуру комплекса, с учетом пребывания уборочных машин в различных состояниях в период уборки, определим по теории цепей Маркова и динамики средних (Скорыходов, 1990). Работающий ЗУК в любой момент времени может находиться в одном из « n » возможных состояний, а состояние комплекса в каждый момент времени можно характеризовать числом ЗУК, находящихся в каждом из состояний (Домущи и др., 2020).

Анализ показал, что в расчетную модель следует включить определенное количество состояний ЗУК. Это такие состояния, как (рис. 1, а):

S_1^0 – комбайн работает в загоне;

S_2^0 – простои комбайна из-за технического отказа;

S_3^0 – комбайн совершает повороты;

S_4^0 – нахождение комбайна в состоянии технологического обслуживания;

S_5^0 – простои комбайна из-за технологического отказа;

S_6^0 – комбайн совершает технологические переезды.

Комбайны, находящиеся в состояниях S_3 , S_5 и S_6 обслуживаются эксплуатационным персоналом (самообслуживание) (Домущи и др., 2017).

Взаимодействие основного звена с системами устранения технических отказов и технологического обслуживания во многом определяют показатели работы комплекса. Функционирование происходит следующим образом: комбайны, составляющие основное звено, вырабатывают поток заявок на технологическое обслуживание и одновременно потоки неисправностей. Транспортные средства

обслуживают поступающие заявки на технологическое обслуживание и создают потоки неисправностей (Domuschi and Ustuyarov, 2020).

Поступающие заявки на устранение неисправностей обслуживаются системами ремонтно-обслуживающей базы (РОБ) по группам сложности отказов.

Обозначим $X_k(t)$ – число комбайнов, находящихся в момент t в состоянии k . Тогда для любого момента t сумма численностей равна общей численности комбайнов:

$$x_1(t) + x_2(t) + \dots + x_n(t) = \sum_{k=1}^n x_k(t) = N \quad (1)$$

Поскольку $X_k(t)$ для любого t является величиной случайной, ее надо характеризовать математическим ожиданием и дисперсией:

$$m_k(t) = M[X_k(t)], \quad (2)$$

$$D_k(t) = D[X_k(t)]. \quad (3)$$

Для нахождения этих характеристик надо знать интенсивности потоков событий, переводящих комбайн (или транспортное средство) из состояния в состояние. Эти интенсивности определяются при проведении хронометражных наблюдений (Мочуляк и др., 2020).

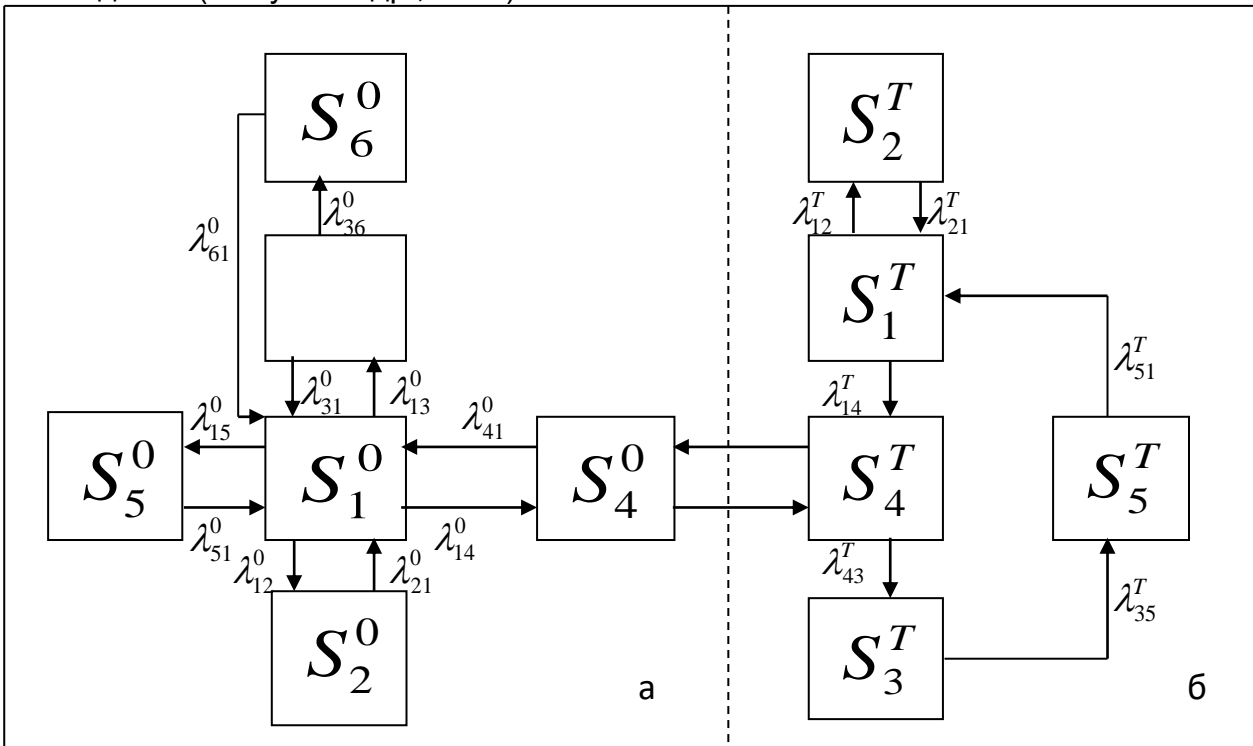


Рис.1. Граф состояния УТК: а) подграф состояний комбайнов; б) подграф состояний транспортных средств

Численность каждого состояния $X_k(t)$ представим, как сумму случайных величин:

$$x_k^i(t) = \begin{cases} 1, & \text{если агрегат в состоянии } k, \\ 0, & \text{если нет состояния } k. \end{cases} \quad (4)$$

Тогда для любого момента t общая численность состояний « k » равна сумме случайных величин:

$$x_k(t) = x_k^1(t) + x_k^2(t) + \dots + x_k^N(t) = \sum_{i=1}^N x_k^i(t) \quad (5)$$

При известных интенсивностях λ_{ij} потоков событий по теореме сложения математических ожиданий и дисперсий (Вентцель, 1972) будем иметь:

$$m_k(t) = \sum_{i=1}^N M[x_k^i(t)], \quad D_k(t) = \sum_{i=1}^N D[x_k^i(t)]. \quad (6)$$

Математическое ожидание и дисперсия случайной величины, заданная уравнением (4) имеет два возможных значения: 0 и 1.

Очевидно, что вероятность пребывания агрегата в состоянии $K=P_k(t)$, а противоположного события $1-P_k(t)$. Тогда ряд распределения каждой из случайных величин имеет один и тот же вид:

$$0 = 1 - P_k(t);$$

$$1 = P_k(t) \quad (7)$$

Математическое ожидание и дисперсия случайной величины, выраженной рядом (7), будет:

$$M[x_k^i(t)] = 0(1 - P_k(t)) + 1P_k(t) = P_k(t),$$

$$D[x_k^i(t)] = (0 - P_k(t))^2(1 - P_k(t)) + (1 - P_k(t))^2 P_k(t) = P_k(t)(1 - P_k(t)).$$

С учетом выражения (6):

$$m_k(t) = NP_k(t),$$

$$D_k(t) = NP_k(t)(1 - P_k(t)) \quad (8)$$

$$\sigma_k(t) = \sqrt{NP_k(t)(1 - P_k(t))}.$$

Эти зависимости использовались при оптимизации структуры и состава техники сложных технических и технологических систем на уборке зерновых колосовых культур (Domuschi and Osadchuk, 2020).

Результаты и обсуждение

При работе УТК комбайны и транспортные средства взаимодействуют между собой и могут находиться в одном из состояний (см. рис. 1). Интенсивности переходов из одного состояния в другое – λ_{ij} можно определить, используя общую зависимость:

$$\lambda_{ij} = \frac{1}{t_{ij}}. \quad (9)$$

В ряде случаев интенсивности переходов из состояния S_j в состояние S_i зависят от численности агрегатов, находящихся в состоянии S_i . Для этих случаев введем функции $R(x)$ и $\rho(x)$:

$$R(x) = \begin{cases} x & \text{при } x \leq 1 \\ 1 & \text{при } x > 1 \end{cases} \quad (10)$$

$$\rho(x) = \begin{cases} 1 & \text{при } x \leq 1 \\ \frac{1}{x} & \text{при } x > 1 \end{cases} \quad (11)$$

Интенсивность потока заявок на технологическое обслуживание – λ_{14} определяется зависимостью:

$$\lambda_{14} = \frac{B_p V_p U}{V_o \gamma k_3} R^\circ(x). \quad (12)$$

Интенсивность технологического обслуживания зависит от численности комбайнов и транспортных средств, находящихся в зоне обслуживания (x_4^0, x_4^T) : $\lambda_{41} = f(x_4^0, x_4^T)$. Каждое транспортное средство, за одно пребывание в S_4 может обслужить « m_o » комбайнов, обслужив одно оно переезжает к другому и так до тех пор, пока не будут исчерпаны его возможности.

$$m_o = \frac{V_{mc}}{V_o}, \quad (13)$$

где V_{mc} – объем кузова транспортного средства, м³;
 V_o – объем бункера комбайна, м³.

Интенсивность потока технологических обслуживаний вначале будет увеличиваться пропорционально транспортно-обслуживающих агрегатов, находящихся в зоне обслуживания, затем станет постоянной, равной $\lambda_{41} x_4^T$.

Средняя интенсивность потока, приходящаяся на один комбайн, будет равна:

$$\lambda_{41}^o = \begin{cases} \lambda_{41}^0 & \text{при } x_4^0 < x_4^T \\ \frac{\lambda_{41}^0 x_4^T}{x_4^0} & \text{при } x_4^0 m_o > x_4^0 > x_4^T \end{cases} \quad (14)$$

Частота требований на поворот зависит от длины гона – L_e , м и рабочей скорости комбайна – V_p , км/ч:

$$\lambda_{13}^o = \frac{V_p}{L_e} \cdot R(x_1^0). \quad (15)$$

Интенсивность поворотов обратно пропорциональна времени поворота t_n , ч:

$$\lambda_{31}^o = \frac{1}{t_n}. \quad (16)$$

Частота заявок на устранение технологических отказов – λ_{15} может быть определена как отношение рабочей скорости к пути комбайна, проходимому между технологическими отказами L_{TO} , м:

$$\lambda_{15}^o = \frac{V_p}{L_{TO}} R(x_1^0). \quad (17)$$

Интенсивность устранения технологических отказов обратно пропорционально среднему времени устранения технологических отказов – t_{yo} , ч:

$$\lambda_{51}^o = \frac{1}{t_{yo}}. \quad (18)$$

Частота требований на технологический переезд зависит от производительности комбайна, площади и конфигурации полей определяется как:

$$\lambda_{36}^o = \frac{W}{F} R(x_1^0) \quad (19)$$

Частота технологических переездов определяется из зависимости:

$$\lambda_{61}^o = \frac{1}{t_{mn}}, \quad (20)$$

где t_{mn} – среднее время технологического переезда с учетом переналадки комбайна.

Уборочно-транспортный комплекс также содержит транспортные агрегаты, которые взаимодействуют с технологическими агрегатами – ЗУК и влияют на динамику состояний. Транспортные агрегаты, так же как ЗУК, имеют дискретные состояния (рис. 1,б). Рассмотрим их подробнее:

S_1^x – транспортное средство (ТС) совершает рейс без груза;

S_2^x – простои ТС из-за технического отказа;

S_3^x – транспортное средство совершает рейс с грузом;

S_4^x – нахождение ТС в состоянии технологического обслуживания;

$S_4^m, S_4'^m$ – состояние ТС при технологическом обслуживании его несколькими комбайнами поочередно до полного удовлетворения его возможностей (емкость кузова);

S_5^x – простои ТС из-за разгрузки.

Аналогично, с учетом средней численности состояний, определим интенсивности переходов транспортно- обслуживающих агрегатов.

Интенсивность доставки зерна на склад определяем из выражения:

$$\lambda_{35}^x = \frac{V_P^x}{L_{II}}, \quad (21)$$

где V_P^x – рабочая скорость транспортного средства при движении с грузом, км/ч;

L_{II} – расстояние перевозки зерна, м.

Интенсивность перевода транспортных средств из состояний S_4^x в S_3^x получим из выражения:

$$\lambda_{43}^x = \frac{\lambda_{41}^0(x_4^0)}{m_0 x_4^x} \text{ ИЛИ } \lambda_{43}^x(m_4^x) = \frac{\lambda_{41}^0 m_4^0}{m_0}. \quad (22)$$

Транспортное средство обслуживает ЗУК с интенсивностью:

$$\lambda_{14}^x = \frac{1}{t_{бг} + t_{ож}} \quad (23)$$

где $t_{бг}$ – время движения без груза, ч;

$t_{ож}$ – время ожидания технологического обслуживания, ч.

Интенсивность обслуживания транспортных средств, в зоне разгрузки, можно определить из выражения:

$$\lambda_{51}^x = \frac{W_{II}(1 - k_{IIp})}{V_{mc} \gamma k_{\Sigma}}, \quad (24)$$

где W_{II} – производительность разгрузочных средств, т/ч.;

k_{IIp} – к-т простоя разгрузочных средств;

V_{mc} – вместимость кузова, м³.

Интенсивность обслуживания, приходящаяся на одно транспортное средство, определяется с выражения:

$$\lambda_{51}^{1x} = \frac{\lambda_{51}^x R(x_5^x)}{x_5^x} = \lambda_{51}^x \rho(x_5^x). \quad (25)$$

Определив все интенсивности потоков событий для подграфов комбайнов и транспортных средств, входящих в УТК, заменяем в них численности состояний – X_i средними численностями – m_i и записываем систему дифференциальных уравнений динамики средних для каждой отдельной машины, представляющей группу однотипных машин - комбайнов или транспортных средств:

$$dm_1/dt = \lambda_{21} m_2 + \lambda_{31} m_3 + \lambda_{41} m_4 + \lambda_{51} m_5 + \lambda_{61} m_6 - (\lambda_{12} + \lambda_{13} + \lambda_{14} + \lambda_{15}) m_1;$$

$$\begin{aligned} \frac{dm_2}{dt} &= \lambda_{12}R(m_1) - \lambda_{21}m_2; \quad \frac{dm_3}{dt} = \lambda_{13}R(m_1) - (\lambda_{31} + \lambda_{36})m_3; \\ \frac{dm_4}{dt} &= \lambda_{14}R(m_1) - \begin{cases} \lambda_{41}m_4; & \text{при } m_4 \leq m_4^T \\ \lambda_{41}m_4^T; & \text{при } m_4^T < m_4 < m_4^T \end{cases} \\ \frac{dm_5}{dt} &= \lambda_{15}R(m_1) - \lambda_{51}m_5; \quad \frac{dm_6}{dt} = \lambda_{36}m_3 - \lambda_{61}m_6; \\ \frac{dm_1^T}{dt} &= \lambda_{21}^T m_2^T + \lambda_{51}^T m_5^T - (\lambda_{12}^T + \lambda_{14}^T)m_1^T; \\ \frac{dm_2^T}{dt} &= \lambda_{12}^T R(m_1^T) - \lambda_{21}^T m_2^T; \quad \frac{dm_3^T}{dt} = \lambda_{43}^T m_4^T - \lambda_{35}^T m_3^T; \\ \frac{dm_4^T}{dt} &= \lambda_{14}^T R(m_1^T) - \lambda_{43}^T m_4^T; \quad \frac{dm_5^T}{dt} = \lambda_{35}^T m_3^T - \lambda_{51}^T m_5^T; \end{aligned} \quad (26)$$

Следует иметь в виду, что все уравнения написаны по определенному правилу (Ястребенецкий и Иванова, 1989).

При установившемся режиме эксплуатации ($t \rightarrow \infty$) в системе устанавливается некоторый предельный стационарный режим с постоянным количеством агрегатов в каждом состоянии. При этом соответствующая функция выражена из условий:

$$m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 = N, \quad (27)$$

$$m_1^T + m_2^T + m_3^T + m_4^T + m_5^T = N^T. \quad (28)$$

С учетом нормировочных условий ($\sum P_i = 1$) и учитывая что, $NP_i = m_i$ и $N^T P_i = m_i^T$, определяем состав комбайнового и транспортного звеньев как:

$$N^0 = \sum m_i \quad \text{и} \quad N^T = \sum m_i^T: \quad (29)$$

$$m_2 = \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{21}} m_1; \quad m_3 = \frac{\lambda_{13}}{\lambda_{31} + \lambda_{36}} m_1; \quad m_4 = \frac{\lambda_{14}}{\lambda_{41}} m_1;$$

$$m_5 = \frac{\lambda_{15}}{\lambda_{51}} m_1; \quad m_6 = \frac{\lambda_{36}\lambda_{13}}{\lambda_{61}(\lambda_{31} + \lambda_{36})} m_1;$$

$$m_2^T = \frac{\lambda_{12}^T}{\lambda_{21}^T} m_1^T; \quad m_3^T = \frac{\lambda_{43}^T \lambda_{14}^T m_1^T}{\lambda_{35}^T \lambda_{43}^T}; \quad m_4^T = \frac{\lambda_{14}^T}{\lambda_{43}^T} m_1^T;$$

$$m_5^T = \frac{\lambda_{35}^T \lambda_{43}^T \lambda_{14}^T}{\lambda_{51}^T \lambda_{35}^T \lambda_{43}^T} m_1^T.$$

Заключение

1. Таким образом, определение состава и структуры УТК по схеме Марковских случайных процессов и динамики средних позволяет учесть вероятный характер условий эксплуатации ЗУК и ТС, а также оценить влияние любого из факторов эксплуатации на изменение показателей использования не только отдельных агрегатов, но и всего уборочно-транспортного комплекса.

2. Использование данной модели при оптимизации структуры и состава сложных технологических систем уборки зерновых культур обеспечит согласованность работы техники, увеличит производительность комплексов и сократит сроки уборки урожая.

Литература

Вентцель Е.С. 1972. Исследование операций. М.: Сов. Радио, 552.

Домуци Д. А., А. Д. Устюянов, Ю. И. Енакиев, А. П. Липин. 2019. Эффективность использования збирально-транспортных комплексов по эксплуатационным та енергетичним показникам. Аграрний вісник Причорномор'я/ <https://doi.org/10.37000/abbsl.2019.94.18.94>, 121-130.

Домуци, Д. А., П. И. Осадчук, А. Д. Устюянов, Ю. И. Енакиев. 2020. Методы оптимизации состава зерноуборочных комбайнов уборочно-транспортных комплексов. Сборник с доклади от научен форум с международно участие “Екологія и агротехнологии – фундаментална наука и практическая реализация”. Том 2. София, 2020. 62-68. ISSN 2683-0663.

Домуци Д. А., А. Д. Устюянов, Ю. И. Енакиев, А. П. Липин. 2019. Эффективность использования збирально-транспортных комплексов по эксплуатационным та енергетичним показникам. Аграрний вісник Причорномор'я/ <https://doi.org/10.37000/abbsl.2019.94.18.94>, 121-130.

Домуци, Д. А., П. И. Осадчук, А. Д. Устюянов, Ю. И. Енакиев. 2020. Методы оптимизации состава зерноуборочных комбайнов уборочно-транспортных комплексов. Сборник с доклади от научен форум с международно участие “Екологія и агротехнологии – фундаментална наука и практическая реализация”. Том 2. София, 2020. 62-68. ISSN 2683-0663.

Домуци Д.А., Ю. И. Енакиев. 2019. Анализ технологий сбора урожая зерновых колосовых культур по эксплуатационным и энергетическим затратам. Доклады ТСХА: Сборник статей. Вып. 291. Ч. II. М.: Изд-во РГАУ МСХА. 128-132.

Домуци Д. А., Ю. И. Енакиев, П. И. Осадчук. 2020. Обоснование схем и способов ремонтно-технического обслуживания уборочно-транспортных комплексов. Сборник с доклади от научен форум с международно участие “Екологія и агротехнологии – фундаментална наука и практическая реализация”. Том 1. София, . 60-77. ISSN 2683-0663.

Домуци Д.А., Ю. И. Енакиев, Р. Ф. Байбеков, С.Л. Белопухов. 2019. Определение основных параметров производственных условий при уборке зерновых. "Научный альманах" – ScienceAlmanac. № 7-1. (57). ISSN 2411-7609. Тамбов, 125-128. (По материалам международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования», Россия, г. Тамбов, 31 июля 2019 г.).

Домуци Д. П., Ю. І. Єнакієв, О.С. Яворський, А.В. Остапенко. 2017. Енергозбереження при забезпеченні роботоздатності та обґрунтуванні складу збиральних машинно-транспортних комплексів. Аграрний вісник Причорномор'я: Зб. наук. пр. Одеського ДАУ/ Технічні науки. Одеса: ОДАУ, №85. 73-78.

Мочуляк О.С., Лисенко А.С., Домуци Д.П. 2020. Обґрунтування структури та складу технологічного комплексу для збирання озимої пшениці/ Збірник матеріалів XI міжвузівської науково-практичної конференції «Браславські читання. Економіка XXI століття: Національний та Глобальний виміри». Одеса: ОДАУ, 2020. С.94-96.

Сидорчук О.В., Днесь В.І., Скібчик В.І. та ін. 2011. Аналіз методів дослідження та моделей подій у проектах на різних етапах планування збирання ранніх зернових. Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво: наук. журнал. №7. Луцьк: ЛНТУ. 141-144.

Сидорчук О.В., Днесь В.І., Скібчик та ін. 2011. Множина основних подій та особливості їх планування у проектах збирання ранніх зернових культур. Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвід. темат. наук зб. Глевах. Вип.95. 365-374.

Скороходов А.Н. 1990. Использование метода динамики средних для определения характеристик технологического комплекса. Эксплуатационное обеспечение технологических процессов по критерию ресурсосбережения: Сб. научн. тр. МИИСП им. Горькина. М. 27-36.

Ястребенецкий М.А., Иванова Г.М. 1989. Надежность автоматизированных систем управления технологическими процессами. М.: Энергоатомиздат. 264.

Domuschi D. A., Osadchuk P. I. 2020. Optimization of the structure and composition of technological complexes for harvesting grain crops by energy costs. IV International Eurasian Agriculture and Natural Sciences Congress, 30-31 October 2020. 396-401. ISBN 978-605-69010-2-7.

Domuschi D. A., Ustuyanov A. D. 2020. Increasing the reliability of combines for harvesting grain crops by methods of reserve substitution. IV International Eurasian Agriculture and Natural Sciences Congress, 30-31 October 2020. 402-406. ISBN 978-605-69010-2-7.