

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии  
и инженерии имени Н.И. Вавилова»**

**II РЕГИОНАЛЬНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АПК: ТЕХНИЧЕСКИЕ  
И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ»**

**г. Саратов**

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии  
и инженерии имени Н.И. Вавилова»**

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АПК: ТЕХНИЧЕСКИЕ И  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ**

**Выпуск 2**

**Саратов  
2024**

---

---

УДК 621.43.01 (082)

ББК 31.365

П 78

Проблемы и перспективы развития АПК: технические и сельскохозяйственные науки [Текст]: Материалы Региональной научно-технической конференции. – Вып. 2. – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024. – 265 с.

ISBN 978-5-7011-0856-9

В статьях рассмотрены общетеоретические и прикладные вопросы эксплуатации, восстановления, диагностирования, применения цифровых технологий в сельском хозяйстве, совершенствования конструкции автотракторной и сельскохозяйственной техники, результаты современных исследований специалистов в растениеводстве и механизации животноводства, рассмотрены основные вопросы сельскохозяйственной и лесомелиорации, пожарной и техносферной безопасности, а также иные вопросы сельского хозяйства.

Материалы статей имеют научно-практическое значение и предназначены для инженеров, преподавателей, научных работников. Они будут полезны обучающимся старших курсов вузов, магистрантам, аспирантам, докторантам.

**Материалы изданы в авторской редакции**

УДК 621.43.01 (082)

ББК 31.365

ISBN 978-5-7011-0856-9

© ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024

© Авторы статей, 2024

---

---

## Уважаемые читатели!

В сборнике представлены материалы докладов участников конференций:

– профессорско-преподавательского состава и аспирантов факультета инженерии и природообустройства, проходившей с 05 по 20 февраля 2024 года.

– по итогам научно-исследовательской и производственной работы студентов за 2024 г. факультета инженерии и природообустройства, проходившей с 04 по 18 марта 2024 года года в ФГБОУ ВО Вавиловский университет.

### Основные секции конференции:

секция «Техническое обеспечение АПК»;

секция «Электрооборудование, энергоснабжение и роботизация»;

секция «Лесное хозяйство и ландшафтное строительство»;

секция «Цифровое управление процессами в АПК»;

секция «Техносферная безопасность и транспортно-технологические машины»;

секция «Гидромелиорация, природообустройство и строительство в АПК».

Председатель оргкомитета:

д-р техн. наук, доцент,

декан факультета

инженерии и природообустройства

ФГБОУ ВО Вавиловский университет



С.А. Шишурин

---

---

## СОДЕРЖАНИЕ

### СЕКЦИЯ «ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АПК»

<b>Шишурин С.А., Марадудин А.М., Леонтьев А.А., Бахтиев Р.Н. Курыленко Д.Д.</b> Теоретический расчет привода высевающего аппарата катушечного типа .....	9
<b>Павлов П.И., Васильчиков В.В.</b> Современные технические средства контроля режимных параметров сельскохозяйственных погрузчиков.....	13
<b>Игнатов А.В.</b> Повышение безопасности перевозки топлива автомобильным транспортом с использованием информационных технологий.....	20
<b>Венскайтис В.В., Петренко П.В.</b> Анализ возможности балансировки барабана измельчителя-разбрасывателя зерноуборочных комбайнов РСМ-152 «ACROS-590/595 PLUS» .....	25
<b>Сафонов В.В., Феденко В.Р., Сафонов К.В., Курдюков Д.В.</b> Оценка влияния высокодисперсных порошкообразных добавок к моторному маслу на шероховатость поверхностей трения деталей.....	31
<b>Шишурин С.А., Гончаров Р.Д., Исаев А.Д. Россошанский С.Д.</b> Современные цифровые решения для мониторинга состояния мобильных энергетических средств.....	36

### СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ, ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ И РОБОТИЗАЦИЯ»

<b>Козаченко Д.Н.</b> Разработка энергосберегающих мероприятий для овощных теплиц .....	43
<b>Шухатова Д.Д., Левин М.А.</b> Выбор элементов комплекса освещения перепелиной фермы .....	55
<b>Четвериков Е.А.</b> Расчет процесса комбинированной сушки товарного зерна в установках конвейерного типа.....	60
<b>Лягина Л.А., Русев А.Г.</b> Совершенствование технологии дозирования кормовых смесей техническими средствами.....	70
<b>Волгин А.В., Соколов В.Ю., Соколов И.Ю.</b> Анализ технических средств для управления приводами с ЛЭМД .....	75

<b>Иванов А.А., Апрыткин А.В., Томников К.В., Галкин А.П., Моисеев А.П.</b> Автоматизация водоснабжающей установки .....	80
---	----

## **СЕКЦИЯ «ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО И ЛАНДШАФТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО»**

<b>Фокин С.В., Есков Д.В., Медведева П.Ю., Фомина О.А.</b> К обоснованию конструктивной схемы рубильной машины для измельчения продукции плантационных лесов .....	85
<b>Фокин С.В., Есков Д.В., Медведева П.Ю., Шпортько О.Н.</b> О конструктивных особенностях различных схем привода рубильных машин .....	92
<b>Козаченко М.А., Чуев И.С.</b> Влияние погодного и антропогенного фактора на горимость лесов Саратовской области .....	99
<b>Фокин С.В., Есков Д.В., Медведева П.Ю., Черкасов Д.В.</b> О проведении выбора породы для использования в энергетических плантационных лесах .....	104
<b>Фокин С.В., Есков Д.В., Медведева П.Ю., Шпортько О.Н.</b> Результаты сравнительного анализа параметров и режимов работы рубильных машин .....	110
<b>Козаченко М.А.</b> Моделирование параметров лесных пожаров по огневым повреждениям деревьев для лесов Саратовской области .....	116
<b>Попкова П.А, Ларина Ю.В., Маштаков Д.А.</b> Рост и сохранность посадочного материала древесных растений в субстратах их местных почвенных материалов в условиях закрытого грунта степного Саратовского Поволжья .....	120
<b>Афанасьева М.Ю., Азарова О.В.</b> Анализ породного состава на объектах ландшафтной архитектуры города Энгельса Саратовской области .....	124

## **СЕКЦИЯ «ЦИФРОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ В АПК»**

<b>Аббасов Д.Ш., Шибайкин В.А.</b> Цифровая трансформация в сфере агробизнеса .....	128
<b>Цагарейшвили М.Р., Елисеев С.С., Ключиков А.В.</b> Алгоритм работы виртуального тренажера для приобретения базовых навыков по бытовой электротехнике .....	133

<b>Курочкин И.П., Ключиков А.В., Гречечук Ю.Н., Исаев А.Д.</b> Проектирование боевого робота-флиппера.....	140
<b>Берднова Е.В., Биккинина Р.Б., Канавин Р.Д., Кудрявцева В.А.</b> Создание цифровой экосистемы для научных и учебных целей в ветеринарии и смежных с ней областях АПК.....	148
<b>Давыдова Л.К., Шибайкин В.А.</b> Вопросы создания цифровых двойников экологических систем общие .....	154
<b>Моршнев А.Ю., Ключиков А.В., Гречечук Ю.Н.</b> Применение имитационного моделирования в АПК .....	164

## **СЕКЦИЯ «ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ»**

<b>Русинов А.В., Колганов Д.А., Русинов Д.А.</b> Повышение равномерности полива дождевальнoй машины «Каскад» кругового действия за счет применения дождевальных насадок с вращающимся дефлектором .....	170
<b>Алексеев В.С., Русинов А.В.</b> Теоретические предпосылки повышения равномерности полива дождевальнoй машины кругового действия за счет применения датчиков влажности почвы .....	175
<b>Рукавишников А.А., Колесникова А.Н.</b> Материалы для машиностроения. Аддитивные технологии в машиностроении .....	180
<b>Гуськова Ю.А., Смирнова Е.А, Карпова О.В.</b> Профессиональные риски и заболевания в производственной деятельности .....	190
<b>Караваев А.В., Маркина А.А., Карпова О.В.</b> Утилизация отходов в Саратовской области: история региона, методы и развитие .....	196
<b>Тафинцева О.С., Карпова О.В.</b> Производственный травматизм в области ветеринарии.....	204
<b>Горбачев В.В., Русинов А.В.</b> Повышение эксплуатационных показателей дождевальнoй машины кругового действия путем установки резиноармированных колес.....	212
<b>Коцарь Ю.А., Кабанов О.В., Истомина В.С., Гришин Р.А., Кабанов Е.О.</b> Результаты внутривозовских испытаний самоходного энергетического модуля СЭМ-6 с гидростатической трансмиссией.....	219

## **СЕКЦИЯ «ГИДРОМЕЛИОРАЦИЯ, ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО И СТРОИТЕЛЬСТВО В АПК»**

<b>Абдразаков Ф.К., Рукавишников А.А.</b> Современные инновационные материалы для облицовки оросительных каналов и эффективные способы их эксплуатации.....	224
<b>Абдразаков Ф.К., Сафин Э.Э.</b> Инновационные методы устранения дефектов облицованных оросительных каналов и повышение эффективности их ремонта с использованием композитных материалов.....	235
<b>Михеева О.В., Миркина Е.Н., Панкова Т.А., Орлова С.С.</b> Аварии на объектах гидротехнического строительства .....	242
<b>Михеева О.В., Миркина Е.Н.</b> Оценка состояния гидротехнических сооружений.....	248
<b>Орлова С.С., Панкова Т.А., Михеева О.В., Миркина Е.Н.</b> Анализ состояния прудов и малых водохранилищ как геоэкологических систем.....	253
<b>Панкова Т.А., Кравчук А.В., Орлова С.С., Михеева О.В., Миркина Е.Н.</b> Прогноз гидродинамической аварии на гидротехнических сооружениях .....	260



---

---

## СЕКЦИЯ «ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АПК»

Научная статья

УДК 631.331

*С.А. Шишурин, А.М. Марадудин, А.А. Леонтьев, Р.Н. Бахтиев,  
Д.Д. Курьленко*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРИВОДА ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА КАТУШЕЧНОГО ТИПА

**Аннотация.** В статье представлена методика теоретического расчета привода высевающего аппарата катушечного типа: приведены формулы для расчета его производительности при поштучном высеве семян и передаточного отношения цепной передачи, обеспечивающей качественную работу высевающего аппарата.

**Ключевые слова:** сеялка, посев, конструкция, передаточное отношение, привод, высевающий аппарат, селекция.

*S.A. Shishurin, A.M. Maradudin, A.A. Leontiev, R.N. Bahtiev, D.D. Kurylenko*  
Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

### THEORETICAL CALCULATION OF THE DRIVE OF THE SEEDING MACHINE OF THE COIL TYPE

**Abstract.** The article presents a method for the theoretical calculation of the drive of the seeding machine of the coil type: formulas are given for calculating its performance during piece seeding and the transmission ratio of the chain transmission, which ensures high-quality operation of the seeding machine.

**Keywords:** seeder, sowing, model, gear ratio, drive, sowing machine, selection.

**Введение.** Учеными ФГБОУ ВО Вавиловский университет для совершенствования процесса посева разработана конструкция универсальной сеялки с роботизированным приводом, предназначенная для работы на первом этапе селекции сельскохозяйственных культур. Высев семян в ней осуществляется при помощи высевающего аппарата катушечного типа (рисунок 1).

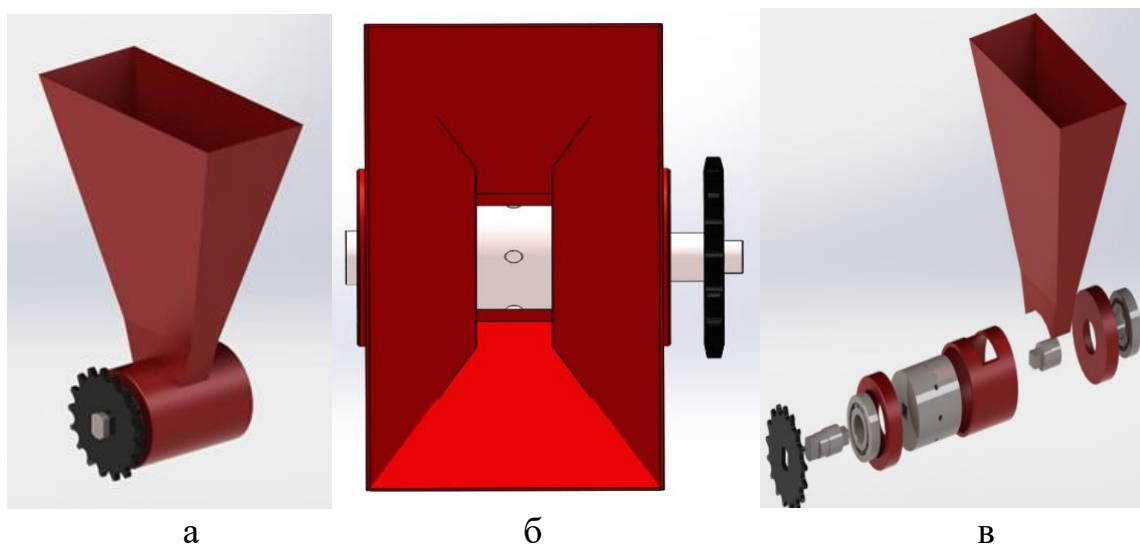


Рисунок 1. Высеваящий аппарат: а – вид общий; б – вид сверху; в – в разборе

Так как на первом этапе селекции отсутствует потребность в большой производительности высеваящего аппарата в виду малого количества высеваемых семян в партиях, а также с целью повышения равномерности посева, катушка захватывает семена из загрузочного бункера поштучно, а не объемом. Следовательно, общепринятые методики расчета производительности высеваящего аппарата тут не подходят.

**Методика исследований.** Вращение катушечного высеваящего аппарата в разрабатываемой селекционной сеялке с тяговым роботизированным агрегатом осуществляется от приводного колеса посредством зубчатой передачи. Для ее проектирования необходимо знать передаточное отношение  $U_3$ , которое равно [1]:

$$U_3 = \frac{n_1}{n_2}, \quad (1)$$

где  $n_1$  и  $n_2$  – частота вращения ведомого и ведущего колеса соответственно, мин<sup>-1</sup>.

**Результаты исследований.** Рассмотрим установившейся режим движения агрегата. В этом случае приводное колесо сеялки будет перемещаться с той же линейной скоростью, что и тяговый роботизированный агрегат, обозначим ее  $v_a$ . Тогда угловую скорость вращения приводного колеса можно вывести как отношение линейной скорости к радиусу колеса или через частоту вращения:  $\omega_2 = \frac{2v_a}{d_k} = \frac{\pi n_2}{30}$  [1, 3], откуда

$$v_a = \frac{\pi d_k n_2}{60}, \quad (2)$$

где  $d_k$  – диаметр приводного колеса, м.

Производительность предлагаемого высеваящего аппарата, обеспечиваемая конструктивно, может быть найдена по формуле:

$$Q_a = \frac{k}{t_{106}} \quad (3)$$

где  $k$  – число отверстий в катушке, шт.;

$t_{1об}$  – время, за которое катушка делает 1 оборот, с;  $t_{1об} = \frac{60}{n_1}$

$$Q_a = \frac{k n_1}{60} \quad (4)$$

Требуемая производительность высевающего аппарата сеялки равна:

$$Q_{тр} = \frac{H_c}{t_{1м}} \quad (5)$$

где  $H_c$  – количество семян на 1 погонный метр, шт.;

$t_{1м}$  – время, за которое сеялка пройдет 1 погонный метр, с;  $t_{1м} = \frac{1}{v_a}$

$$Q_{тр} = H_c v_a \quad (6)$$

Для качественного выполнения посева семян конструктивно обеспечивающаяся производительность высевающего аппарата должна равняться требуемой производительности, т.е.  $Q_a = Q_{тр}$ . С учетом формул (2), (4) и (6) можем записать:

$$\frac{k n_1}{60} = H_c \frac{\pi d_k n_2}{60}$$

После преобразования получим:  $\frac{n_1}{n_2} = \frac{H_c \pi d_k}{k}$ , или

$$U_3 = \frac{H_c \pi d_k}{k} \quad (7)$$

**Заключение.** На основании полученного выражения (7) можно спроектировать цепную передачу, обеспечивающую работу по заданным параметрам высевающего аппарата катушечного типа от приводного колеса. Для этого необходимо задаться количеством семян, которые нужно высеять на одном погонном метре  $H_c$ , а также знать диаметр приводного колеса  $d_k$  и число отверстий в катушке  $k$ .

Количество семян на 1 погонный метр можно подсчитать по формуле [2, 4]:

$$H_c = \frac{N a}{10000} \quad (8)$$

где  $N$  – норма высева семян, шт/га;

$a$  – ширина междурядья, м.

Использование выражений, приведенных в данной статье, необходимо при проектировании привода высевающего аппарата (в виде цепной передачи) для разрабатываемой селекционной сеялки с роботизированным приводом. Помимо этого, приведенные выражения могут использоваться для теоретического описания работы катушечных аппаратов, высевающих семена поштучно.

### Список использованной литературы.

1. Чмиль, В.П. Теория механизмов и машин: учебно-методическое пособие / В.П. Чмиль. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 280 с. – ISBN 978-5-8114-1222-8.
2. Норма высева: зерновых, кукурузы, подсолнечника, корнеплодов, трав – Текст: электронный // Блог про сельское хозяйство. Раздел: Земледелие: [сайт]. – URL: <https://vseoselhoze.ru/zemledelie/norma-vyseva-zernovyh-kukuruzy-podsolnechnika-korneplodov-trav> (дата обращения: 01.02.2024).
3. Патент № 2811945 С1 Российская Федерация, МПК А01С 7/12. Высевающий аппарат для высева зерновых и зернобобовых культур: № 2023102727: заявл. 06.02.2023: опубл. 19.01.2024 / Н. П. Ларюшин, И. А. Сурков, Д. В. Ванин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Пензенский государственный аграрный университет". – EDN XJPXGC.
4. Першин, И. А. Результаты лабораторных исследований высевающего аппарата зерновой сеялки, оснащенного катушкой секционного типа с желобками, расположенными по винтовой линии / И. А. Першин, А. В. Шуков // Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства: Сборник статей IX Международной научно-практической конференции, Пенза, 12–13 февраля 2024 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2024. – С. 118-122. – EDN ALDKNO.

### References.

1. Chmil, V.P. Theory of mechanisms and machines: an educational and methodical manual / V.P. Chmil. – 3rd ed., ster. – St. Petersburg: Lan, 2022. – 280 p. – ISBN 978-5-8114-1222-8.
2. Seeding rate: cereals, corn, sunflower, root crops, herbs – Text: electronic // Blog about agriculture. Section: Agriculture: [website]. – URL: <https://vseoselhoze.ru/zemledelie/norma-vyseva-zernovyh-kukuruzy-podsolnechnika-korneplodov-trav> (date of application: 02/01/2024).
3. Patent No. 2811945 C1 Russian Federation, IPC A01C 7/12. Sowing apparatus for sowing grain and leguminous crops: No. 2023102727: application. 06.02.2023: publ. 19.01.2024 /N.P. Laryushin, I.A. Surkov, D.V. Vanin [and others]; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Penza State Agrarian University." – EDN XJPXGC.
4. Pershin, I. A. Results of laboratory studies of a sowing apparatus of a grain planter equipped with a sectional type coil with grooves located along a helical line/I. A. Pershin, A. V. Shukov//Resource-saving technologies and technical means for the production of crop and livestock products: Collection of articles IX of the International Scientific and Practical Conference, Penza, 12-13 February 2024. - Penza: Penza State Agrarian University, 2024. - S. 118-122 – EDN ALDKNO.

Научная статья

УДК: 631.3

*П.И. Павлов, В.В. Васильчиков*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОГРУЗЧИКОВ**

**Аннотация.** В статье представлен обзор существующих современных средств технического контроля режимных параметров погрузчиков сельскохозяйственного назначения. Рассмотрена возможность применения разработанного устройства для контроля и управления режимными параметрами погрузчиков непрерывного действия для повышения их эффективности.

**Ключевые слова:** погрузчик непрерывного действия, эксплуатация, режимы работы, автоматизированный контроль.

*P.I. Pavlov, V.V. Vasilchikov*

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## **MODERN TECHNICAL MEANS FOR CONTROL OF PERFORMANCE PARAMETERS OF AGRICULTURAL LOADERS**

**Annotation.** The article presents an overview of existing modern means of technical control of operating parameters of agricultural loaders. The possibility of using the developed device for monitoring and controlling the operating parameters of continuous loaders to increase their efficiency is considered.

**Keywords:** continuous loader, operation, operating modes, automated control.

Одной из современных тенденций развития сельского хозяйства является внедрение автоматизации процессов производства, позволяющей существенно повышать эффективность производственного процесса.

Основной проблемой построения таких систем в настоящее время является тот факт, что повышение эффективности управления сельскохозяйственной техникой невозможно без использования систем управления режимными параметрами, основанных на применении информационных технологий и прогрессивных математических моделей управления.

Но существующие системы автоматизации технологических процессов сельскохозяйственной техники не позволяют своевременно реагировать на изменение свойств погрузочного материала, подстраивать режимы работы и компенсировать возмущения при функционировании сложной технической системы, которой в нашем случае является погрузчик периодического и непрерывного действия.

Таким образом, для эффективного использования погрузчиков непрерывного действия при большом разнообразии транспортируемого сырья необходимо наличие автоматизированного контроля различных режимов работы, предусматривающих все особенности предполагаемых грузов [1].

Для решения этой задачи необходимо применение методы технического контроля рабочих параметров погрузчиков сельскохозяйственного назначения.

Основные методы контроля:

- сбор данных и контроль режимных параметров процесса погрузки. К данным параметрам можно отнести: рабочую скорость, массу груза, производительность, энергозатраты;

- предоставление оператору визуальной информации, полученной от датчиков системы автоматического контроля.

В последние годы большое внимание уделяется автоматизации грузоподъемных машин, таких, как погрузчики, самоходные стреловые и башенные краны. На стреловых автомобильных кранах для обеспечения безопасной работы устанавливают ограничители грузоподъёмности, ограничители подъёма и опускания крюка, ограничитель поворота рамы и универсальный автоматический сигнализатор, указатель наклона крана и др (рисунок 1). Указатели грузоподъёмности предназначены для индикации грузоподъёмности при установленном вылете и помогают предотвратить перегрузку краново-манипуляторной установки.

Так, например, у погрузчиков «Liebherr» внедрена система Power Efficiency, которая оптимизирует взаимодействие между агрегатами и системами, подбирает мощность и производительность в зависимости от нагрузок, в результате обеспечивается дополнительная экономия топлива до 25%. [3]

Приборы ОНК-160, ПЗК-10 совмещают в себе функции ограничителя нагрузки и защиты от опрокидывания (рисунок 1).

Устройства электронного контроля и ограничения нагрузки устанавливают на фронтальные погрузчики. У ряда погрузчиков оптимизируется взаимодействие между агрегатами и системами, подбирает мощность и производительность в зависимости от нагрузок, автоматически регулируется скорость в результате обеспечивается дополнительная экономия топлива до 25%.

В ряде случаев применяется система автоматического выключения двигателя, обеспечивающая существенное повышение топливной экономичности.



Рисунок 1. Приборы ограничения нагрузки и защиты от опрокидывания

Благодаря мониторингу системой электронного управления фактического времени работы погрузчика на холостом ходу и использованию телематического оборудования руководитель может видеть, что у некоторых операторов сельскохозяйственной техники работает на холостом ходу от 45 до 65% рабочего времени. Если система управления автоматически выключает двигатель после 4–5 минут непрерывной работы на холостом ходу, экономится топливо [2,3].

Но, в подобные системы контроля режимных параметров практически не реализованы на базе погрузчиков сельскохозяйственного назначения, особенно это касается погрузчиков непрерывного действия.

Для решения поставленной задачи было разработано автоматизированное устройство, позволяющее на основании данных, полученных с внешних датчиков, подбирать оптимальный режим работы в зависимости от уровня загруженности рабочего органа погрузчика (питателя) [7].

Предлагаемое устройство (измерительный комплекс) для оптимизации режимов работы погрузчика состоит из измерительных датчиков (модулей), а также вычислительного и демонстрирующего устройства (рисунок 2). Измерительные модули (датчики) крепятся на раме погрузчика в зоне свободной для измерения величины, влияющей на режим работы.

В состав представленного измерительного комплекса входят:

- Измерительное устройство (ИУ) – измерительный датчик (сенсор) для измерения уровня величины, влияющей на подбор оптимального режима работы;

- Микроконтроллер на базе процессора Atmega32 с монтированным Bluetooth-модулем для передачи данных с датчиков и получения информации на настройки ПО;

- Аккумулятор Li-ion емкостью 2500 мАч для обеспечения бесперебойной работы всего измерительного модуля в течении 10 ч. Питание измерительного комплекса возможно и от другого источника постоянного напряжения 5 В (допускается увеличение до 12 В).



При работе погрузчика датчики высоты измеряют высоту слоя перед подающим барабаном, а датчики дистанции - расстояние и скорость приближения к массиву груза. Демонстрирующим устройством в нашем случае является устройство на базе ОС Android с ARM совместимым процессором (смартфон или планшет) (рисунок 2).



Рисунок 2. Данные о расстоянии до бурта, его высоты и скорости приближения к массиву груза на внешнем демонстрационном устройстве (экране смартфона)

На основании вышесказанного была составлена классификация системы технического контроля режимных параметров (рисунок 3).

Выбранная аппаратная платформа позволяет использовать практически неограниченного количества измерительных устройств, влияющих на итоговые показания прибора. Программное обеспечение, используемое в разработанной системе, позволяет производить точную настройку и калибровку системы.



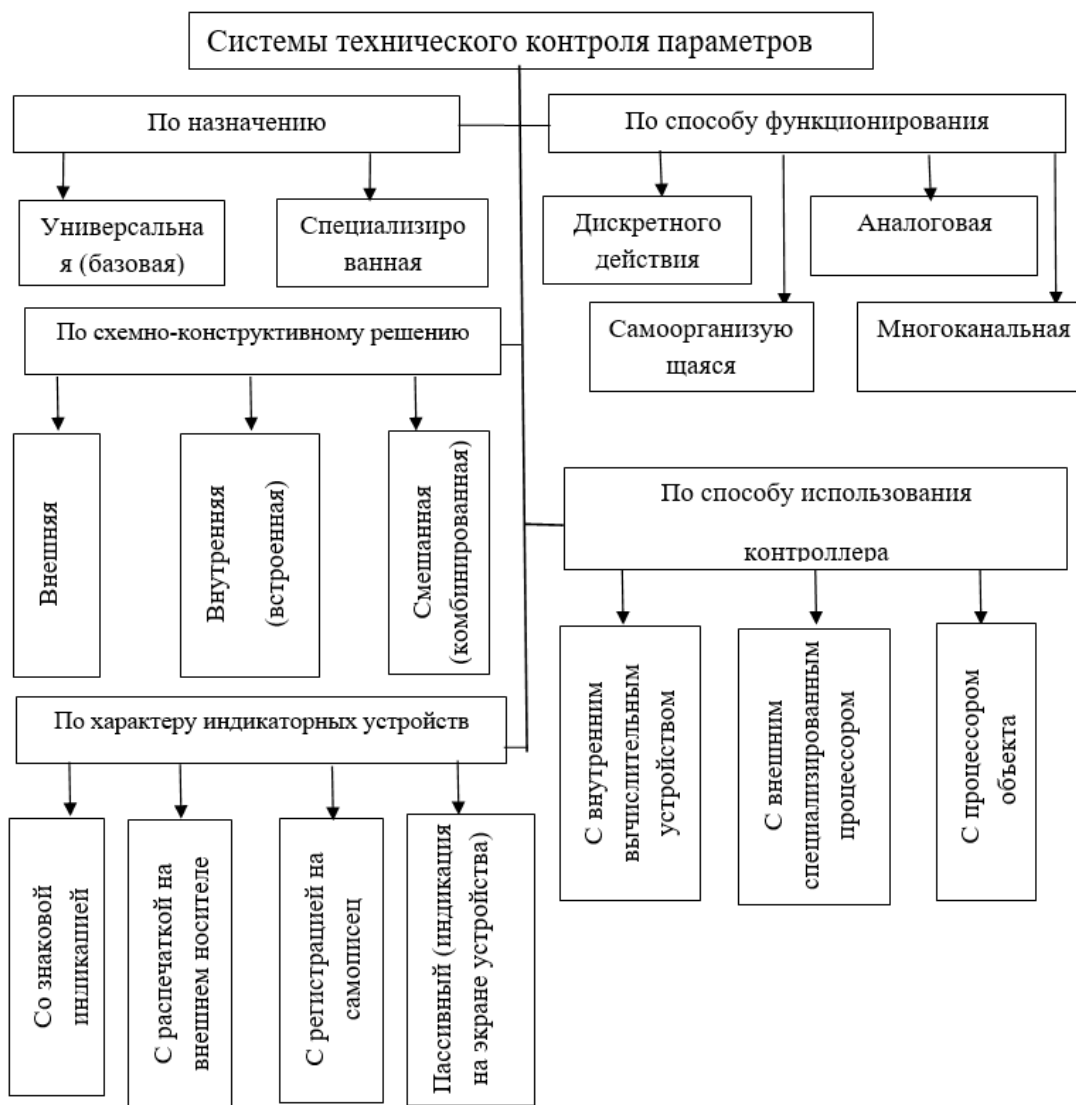


Рисунок 3. Классификация автоматизированных систем технического контроля параметров

Разрабатываемая система контроля режимных параметров погрузчиков сельскохозяйственного назначения должна осуществлять получение информации о текущих режимных параметрах погрузчика непосредственно с датчиков:

- комплексную обработку информацию от датчиков с применением программно-аппаратных средств для формирования необходимых эксплуатационных и технологических показателей;
- оперативное принятие решения оператором о дальнейших действиях;
- частичная или полная автоматизация режимов работы;
- применение представленной системы контроля режимных параметров при погрузке буртованных грузов положительно влияет на качество работы всей технологической системы в целом. В случае с погрузчиками непрерывного действия подобные устройства делают работу оператора более комфортной и помогают ему экономить рабочее время и средства, в основном, за счет экономии топлива.

### Список использованной литературы.

1. Павлов П.И. Повышение эксплуатационной эффективности погрузчиков непрерывного действия за счёт системы автоматизированного контроля режимов работы /Павлов П.И., Васильчиков В.В.// Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники. материалы XXXV Международной научно-технической конференции имени В.В. Михайлова. Саратов, 2022. С. 112-115.
2. Виды погрузчиков непрерывного действия. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rentlift.ru/info/articles/vidyi-pogruzchikov-nepneryivnogo-deystviya>.
3. Электронное управление фронтальным погрузчиком. Режим доступа; [http://rosspecteh.ru/index.php?route=information/news&news\\_id=24](http://rosspecteh.ru/index.php?route=information/news&news_id=24)
4. Павлов П.И., Научно-технические решения проблемы ресурсосбережения при использовании навозопогрузчиков непрерывного действия. [Текст]: дис. ... докт. тех. наук: 05.20.01/ Павлов Павел Иванович. - Саратов., 2002. - 441 с.
5. Павлов П.И., Факторы, влияющие на энергоёмкость фронтального погрузка. /Павлов П.И., Васильчиков В.В., Жигунов С.А.//Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова № 6 2014.
6. Токарев, В.И. Разработка методов и средств повышения эксплуатационной эффективности мобильных погрузчиков сельскохозяйственного назначения. [Текст]: дис. ... канд. ист. наук: 05.20.01: защищена 17.12.2018: / Токарев Владимир Иванович. - Волгоград., 2018. - 174 с.
7. Пат. 207068 Российская Федерация, МПК В65G 65/16 Погрузчик непрерывного действия с устройством выбора режима работы / П.И Павлов, П. В. Полосухин; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова" – № 2021105409, заявл. 03.03.2021; опубл. 1.10.2021, Бюл. № 29.

### References.

1. Pavlov P.I. Improving the operational efficiency of continuous loaders due to the system of automated control of operating modes /Pavlov P.I., Vasilchikov V.V. // Problems of efficiency and operation of automotive equipment. materials of the XXXV International Scientific and Technical Conference named after V.V. Mikhailov. Saratov, 2022. pp. 112-115.
2. Types of continuous loaders. [electronic resource]. Access mode: <https://rentlift.ru/info/articles/vidyi-pogruzchikov-nepneryivnogo-deystviya/>
3. Electronic control of the front loader. Access mode; [http://rosspecteh.ru/index.php?route=information/news&news\\_id=24](http://rosspecteh.ru/index.php?route=information/news&news_id=24)
4. Pavlov P.I., Scientific and technical solutions to the problem of resource conservation when using continuous manure loaders. [Text]: dis. ... Doctor of Technical Sciences: 05.20.01/ Pavlov Pavel Ivanovich. Saratov, 2002. - 441 p.

5. Pavlov P.I., Factors affecting the energy intensity of front loading. /Pavlov P.I., Vasilchikov V.V., Zhigunov S.A.//Bulletin of Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov No. 6 2014.s.

6. Tokarev, V.I. Development of methods and means to improve the operational efficiency of mobile agricultural loaders. [Text]: dis. ... candidate of Historical Sciences: 05.20.01: protected on 12/17/2018: / Tokarev Vladimir Ivanovich. - Volgograd., 2018. - 174 p.

7. Pat. 207068 Russian Federation, IPC B65G 65/16 Continuous loader with a device for selecting the operating mode / P..And Pavlov , P. V. Polosukhin; applicant and patent holder Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov" – No. 2021105409,; application 03.03.2021; publ. 1.10.2021, Bul. No. 29.

Научная статья

УДК 629.35

*А.В. Игнатов*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## **ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕВОЗКИ ТОПЛИВА АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы безопасной перевозки топлива автомобильным транспортом. Изложены наиболее частые причины возникновения дорожно-транспортных происшествий при транспортировке опасных грузов. Представлены способы противодействия негативным факторам при осуществлении транспортного процесса. Даны рекомендации по повышению безопасности транспортного процесса при перевозке топлива автомобильным транспортом.

**Ключевые слова:** опасный груз, безопасность дорожного движения, дорожно-транспортное происшествие, водитель, ДОПОГ.

*A.V. Ignatov*

Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## **IMPROVING THE SAFETY OF FUEL TRANSPORTATION BY ROAD USING INFORMATION TECHNOLOGIES**

**Abstract.** The article deals with the issues of safe transportation of fuel by road transport. The most frequent causes of road accidents during the transportation of dangerous goods are outlined. The ways of counteracting negative factors in the transportation process are presented. Recommendations for improving the safety of the transportation process in the transportation of fuel by road are given.

**Keywords:** dangerous goods, road safety, road traffic accident, driver, ADR.

**Введение.** Перевозки опасных грузов (ОГ) автомобильным транспортом организуются по особым правилам и особому надзору. Они осуществляются в соответствии с положениями Европейского соглашения о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ) [1], которое вступило в силу в 1968 году, и к которому Российская Федерация присоединилась в 1994 году. Этот документ состоит из двух томов, которые включают в себя классификацию опасных грузов, требования к транспортным средствам, цистернам, таре, упаковке, маркировке, транспортной документации, порядка

перевозки опасных грузов и т.д. Однако, не смотря на существование этого документа, который корректируется 1 раз в 2 года, до сих пор происходят дорожно-транспортные происшествия (ДТП) с участием автомобилей, перевозящих опасные грузы. Последствия таких аварий зачастую приводят к человеческим жертвам и нанесению экологического вреда окружающей среде. В связи с высоким уровнем механизации агропромышленного комплекса, вопрос безопасной транспортировки топлива, в т.ч. бензина и дизельного топлива является актуальным.

**Методика исследований.** Основные виды ДТП, совершаемые с участием транспортных средств, перевозящих опасные грузы, приходится на автомобили с нефтью или нефтепродуктами, размещенными в цистернах (рисунок 1). Суммарно, почти 85 процентов аварий приходится либо на столкновение, либо на наезд на препятствие (рисунок 2). На оставшиеся 15 процентов приходится опрокидывание ТС, наезд на пешехода, наезд на стоящие ТС и прочие виды ДТП.

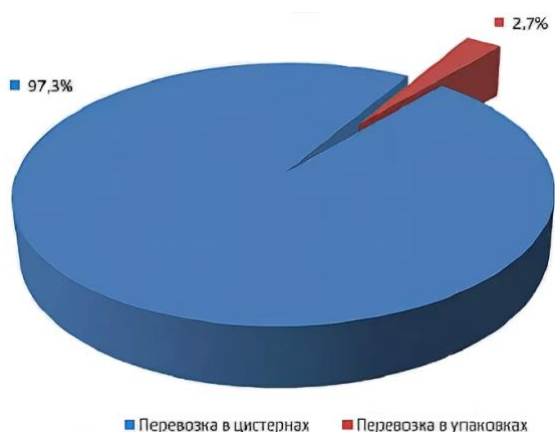


Рисунок 1. Распределение ДТП с участием ТС, перевозящих ОГ по способу перевозки

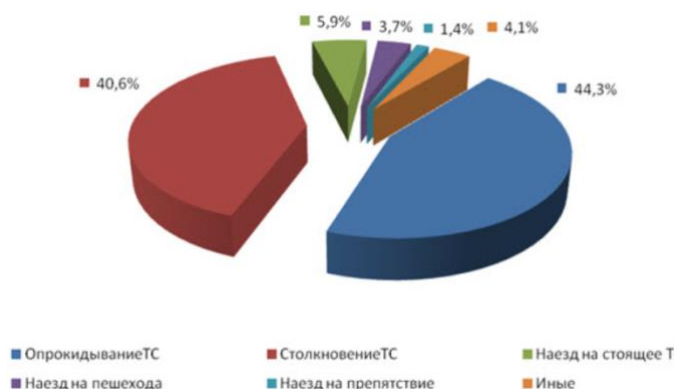


Рисунок 2. Распределение ДТП с участием ТС, перевозящих ОГ по видам ДТП

ДОПОГ за более, чем полвека его действия с высокой точностью установил следующие необходимые требования к безопасной перевозке опасных грузов:

- требования к подготовке водителя, перевозящего ОГ;
- правила перевозочного процесса ОГ, включая погрузку, разгрузку и обработку;
- технические требования к ТС и емкостям для перевозки ОГ;
- маркировка ТС, емкостей и упаковок для перевозки ОГ;
- порядок действий при возникновении внештатной ситуации;
- порядок совместной перевозки ОГ разных классов и подклассов;
- требования к оснащению ТС, перевозящему ОГ необходимым объемом огнетушителей и номенклатурой средств обеспечения безопасности дорожного движения и индивидуальной защиты.

Основные причины, приводящие к ДТП с участием ТС, перевозящим ОГ заключаются в ошибках водителя при управлении автомобилем в сложных

дорожных условиях, либо в невыполнении требований ДОПОГ, чаще всего со стороны водителя [2, 3, 5].

Т.к. перевозчики допускают нарушения установленных требований в очень редких случаях по причине существенной законодательной ответственности в случае возникновения ДТП по вине организации, в т.ч. репутационной, то водители, в свою очередь, нередко сознательно допускают нарушения. Поэтому за движением ТС, перевозящим ОГ необходим максимальный контроль со стороны перевозчика. Это достигается при помощи установки соответствующих датчиков на ТС. Для цистерн, перевозящих топливо:

- датчик положения крышки люка;
- датчик уровня жидкости;
- датчик температуры и т.д.

Контроль режима работы водителя в настоящее время осуществляется при помощи тахографа и системы спутниковой навигации, при помощи которых отслеживаются движения ТС, маршрут, соблюдение режима труда и отдыха [4]. Однако повлиять на управленческие решения, принимаемые водителем в режиме реального времени, не представляется возможным. Безопасная работа водителя зависит от опыта самого водителя, а также от максимально полной и понятной водителю информации, полученной им перед выездом в рейс при проведении предрейсового инструктажа. Поэтому имеется необходимость разработки информационной системы, позволяющей давать рекомендации водителю, направленные на повышение безопасности перевозки ОГ (рисунок 3).

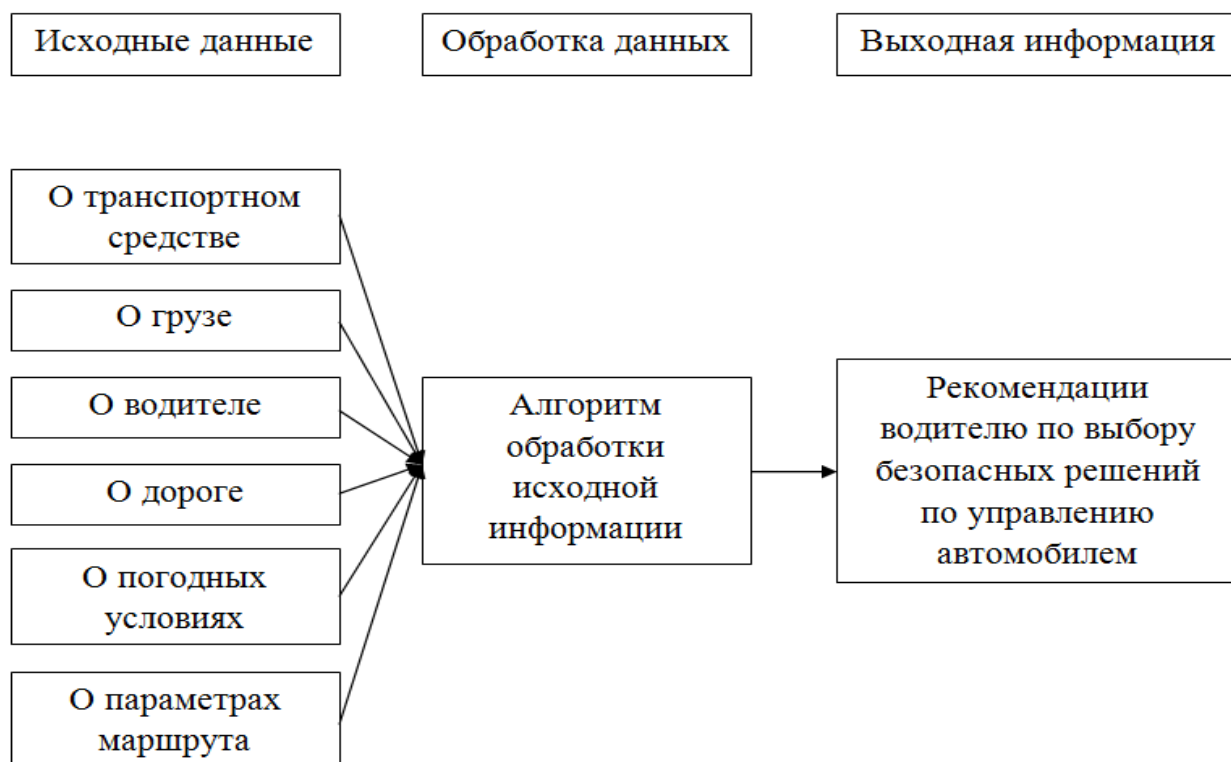


Рисунок 3. Информационная система повышения безопасности перевозки ОГ

Указанная система будет состоять из:

- датчиков контроля психофизиологического состояния водителя;
- датчиков ТС;
- датчиков контроля параметров груза внутри цистерны;
- заданных в блоке управления алгоритмов определения риска возникновения ДТП с учетом введенных значений характеристик груза, дорожных и погодных условий.

**Заключение.** Таким образом, предложенная система автоматически в режиме реального времени будет выдавать водителю рекомендации на основе заданных алгоритмов, в которых исходными данными будут технические характеристики ТС и перевозимого ОГ, психофизиологические характеристики водителя, состояние дорожного покрытия, метеорологические условия с учетом установленного маршрута и графика движения. Такой подход позволит профилактически помочь водителю минимизировать риск принятия ошибочных решений, которые могут привести к ДТП.

### **Список использованной литературы.**

1. Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов с приложениями А и В (ДОПОГ 2023-2024 г.) // Издание на русском языке, в 2 томах. Издательство ООН. Нью-Йорк и Женева, 2022. 1470 с.
2. Пумбрасова, Н. В. Риск при перевозке опасных грузов автомобильным транспортом / Н. В. Пумбрасова, О. С. Петухова // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2014. – № 39. – С. 132-136.
3. Минаева, Е. М. Анализ состояния перевозок опасных грузов автомобильным транспортом / Е. М. Минаева, И. В. Колпаков, А. В. Симушкин // Вестник науки. – 2024. – Т. 4, № 1(70). – С. 784-788.
4. Очкалова, А. Р. ГЛОНАСС как инструмент обеспечения безопасности перевозок опасных грузов / А. Р. Очкалова // Вестник университета. – 2016. – № 5. – С. 104-107.
5. Лежнев, Ю. Ф. Анализ устройства для наполнения резервуаров нефтепродуктами / Ю. Ф. Лежнев, А. В. Чупшев // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Пенза, 24–25 марта 2022 года. Том II. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2022. – С. 30-32. – EDN PVRMRE.

### **References.**

1. European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road with Annexes A and B (ADR 2023-2024) // Edition in Russian, in 2 volumes. United Nations Publishing House. New York and Geneva, 2022. 1470 с.

2. Pumbrasova, N. V. Risk in the carriage of dangerous goods by road transport / N. V. Pumbrasova, O. S. Petukhova // Bulletin of the Volga State Academy of Water Transport. - 2014. - № 39. - C. 132-136.
3. Minaeva, E. M. Analysis of the state of dangerous goods transportation by road transport / E. M. Minaeva, I. V. Kolpakov, A. V. Simushkin // Vestnik nauki. - 2024. - T. 4, № 1(70). - C. 784-788.
4. Ochkalova, A. R. GLONASS as a tool to ensure the safety of dangerous goods transportations / A. R. Ochkalova // University Bulletin. - 2016. - № 5. - C. 104-107.
5. Lezhnev, Yu. F. Analysis of a device for filling tanks with petroleum products / Yu. F. Lezhnev, A. V. Chupshev // Innovative ideas of young researchers for the agro-industrial complex: Collection of materials from the International Scientific and Practical Conference, Penza, March 24-25, 2022. Volume II. - Penza: Penza State Agrarian University, 2022. - S. 30-32. – EDN PVRMRE.



Научная статья

УДК 621.7

***В.В. Венскийтис, П.В. Петренко***

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

### **АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ БАЛАНСИРОВКИ БАРАБАНА ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ-РАЗБРАСЫВАТЕЛЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ РСМ-152 «ACROS-590/595 PLUS»**

**Аннотация.** В данной научной статье проведен анализ технических характеристик и задач балансировки роторов комбайнов, особенностей, связанных с безопасностью. Рассматривается влияние превышения максимально допустимой массы балансируемого ротора на безопасность и работоспособность станка. Приведен пример балансировки ротора измельчителя-разбрасывателя для комбайна РСМ-152 «ACROS-590/595 PLUS» на балансировочном станке КИ-4274, Выводы подчеркивают необходимость соблюдения безопасности и возможной модернизации оборудования.

**Ключевые слова:** сельское хозяйство; комбайн зерноуборочный; станок балансировочный; измельчитель-разбрасыватель; ротор; дисбаланс; неуравновешенность; балансировка.

***V.V. Venskaitis, P.V. Petrenko***

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

### **ANALYSIS OF DRUM BALANCING CAPABILITIES CHOPPER- SPREADER FOR COMBINE HARVESTERS RSM-152 «ACROS-590/595 PLUS»**

**Abstract.** This scientific article analyzes the technical characteristics and tasks of balancing combine rotors, features related to safety. The effect of exceeding the maximum permissible mass of the balanced rotor on the safety and performance of the machine is considered. An example of balancing the rotor of a chopper-spreader for the RSM-152 “ACROS-590/595 PLUS” combine on a KI-4274 balancing machine is given. The conclusions emphasize the need for safety and possible equipment modernization.

**Keywords:** agriculture; grain harvester; balancing machine; chopper-spreader; rotor; imbalance; imbalance; balancing.

***Введение.*** Современные технологии уборки зерновых культур предусматривают использование незерновой части урожая (НЧУ) – соломы в

качестве экологически безопасного, органического удобрения. При этом, уже на следующий год урожайность зерна сои повышается на 2,9%, ячменя – на 2,4%, пшеницы, в последствии, – на 7% [1]. Технология использования соломы в качестве удобрения предусматривает её измельчение и разбрасывание зерноуборочным комбайном во время уборки. Реализацию и качество выполнения данных технологических операций обеспечивают измельчители-разбрасыватели соломы (ИРС), оснащенные специальными ножами. Установлено, что затупление и износ ножей ИРС зерноуборочного комбайна John Deere W540 может приводить к дополнительному увеличению расхода горючего до 3–9 л/ч, в зависимости от урожайности, соотношения зерновой и незерновой части вороха, характеристик комбайна и средней скорости его движения по полю [2]. После замены ножей, как правило, требуется балансировка барабана ИРС, так как при работе возникает повышенная вибрация, которая передается на опоры и на корпус комбайна. Повышенная вибрация нарушает законы движения звеньев и механизмов, вызывает отказы систем управления. Из-за вибрации снижается несущая способность деталей, развиваются микротрещины и возникают усталостные разрушения материалов, изменяются условия трения и изнашивания деталей. Наибольшее число неисправностей и аварий машин вызывается динамическими нагрузками вследствие вибрации и ударов [3].

Частота вращения барабанов – роторов большинства отечественных и зарубежных ИРС находится в пределах 1900...2800 мин<sup>-1</sup>. Некоторые измельчители имеют двухскоростные режимы работы. Так, измельчающий барабан комбайна «ACROS» 550/585 работает с частотой вращения 3400 мин<sup>-1</sup>, при уборке зерновых и ~2000 мин<sup>-1</sup> – при уборке кукурузы [4]. В настоящее время предприятия технического сервиса и дилерские центры Саратовской области или совсем не оснащены балансировочным оборудованием, либо имеют морально устаревшие станки КИ-4274. Эти станки предназначены для динамической балансировки коленчатых валов автотракторных двигателей и молотильных барабанов зерноуборочных комбайнов. В этой связи, целью представленной работы явился анализ возможности динамической балансировки барабанов ИРС зерноуборочных комбайнов и влияние эксцентриситета вращающегося ротора на его вибрацию.

Исследование направлено на изучение особенностей балансировки барабанов ИРС (называемых далее роторами) зерноуборочных комбайнов РСМ-152 «ACROS-590/595 PLUS» для предотвращения повреждений и увеличения ресурса барабана ИРС, а также его опор. Рассматривается случай, при котором масса балансируемого ротора превышает допустимое значение массы для станка КИ-4274 и влияние на безопасность и безотказность оборудования. Предполагается, что вероятность отказа станка линейно увеличивается с ростом массы балансируемого ротора.

**Основная часть.** ИРС зерноуборочного комбайна РСМ-152 «ACROS-590/595 PLUS» состоит из корпуса с вращающимся в подшипниках качения ротором и прилегающим разбрасывателем с направляющими пластинами.

Ротор оснащен измельчительными ножами, которые взаимодействуют с противорезом для равномерного распределения измельченной соломы.

Роторы ИРС являются сложными для балансировки из-за возможных конструктивных недостатков. При балансировке роторов могут возникнуть дефекты, требующие ремонта, например, трещины, которые затрудняют получение стабильных данных о вибрации и увеличивают штучное время балансировки. Подвижные компоненты, такие как ножи, требуют надежного крепления, чтобы не мешать балансировке, кроме этого, изношенные подшипники могут вызвать повышенную вибрацию, поэтому важно регулярно их заменять и правильно затягивать.

Роторы делятся на жесткие и гибкие в зависимости от того, насколько их рабочая частота вращения приближена к критической частоте. Рабочая частота вращения жесткого ротора составляет менее 70% критической частоты и могут быть сбалансированы на низкой частоте по двум плоскостям. Если рабочая частота вращения ротора выше критической частоты, то ротор называют гибким, и он требует балансировки на рабочей частоте по трем плоскостям коррекции. Несбалансированный гибкий ротор на рабочей частоте создает дополнительные неуравновешенные силы из-за изгибов [5,7].

Жесткие роторы при работе почти не деформируются от центробежной силы, поэтому их деформация не учитывается в расчетах. Однако гибкие роторы деформируются и требуют сложных математических моделей для балансировки. Важно отметить, что один и тот же ротор может быть жестким при низких оборотах и гибким на высоких. Поэтому далее будет рассмотрена балансировка только жестких роторов.

Выше было отмечено, что на ремонтных предприятиях АПК для динамической балансировки применяют станки модели КИ-4274. В соответствии с паспортом станка он предназначен для балансировки роторов, вращающихся как на подшипниках скольжения, так и на подшипниках качения. Станок оснащен чувствительным электронным блоком. Он обеспечивает выбор плоскостей коррекции без взаимного влияния и определяет количество корректирующей массы по дисбалансу, отображаемому на индикаторе. На станке КИ-4274 подвергаться балансировке могут только межопорные роторы. Основные технические характеристики станка приведены в таблице 1 [6].

Рассмотрим возможные аспекты балансировки ротора ИРС (152.14.00.000Ф) для РСМ-152 «ACROS-590/595 PLUS». Исходя из данных о комбайне РСМ-152 «ACROS-590/595 PLUS», его устройстве, можно предположить, что ротор ИРС относится к жестким, так как его основное назначение заключается в измельчении незерновой части урожая, которая характеризуется различными механическими свойствами (плотностью и жесткостью). ИРС имеет специальную конструкцию с высокоскоростным вращением ротора в интервале 3600...3800 мин<sup>-1</sup> при обработке кукурузы или подсолнечника. На валу ротора располагается от 36 до 80 ножей, и важно минимизировать разницу в их массе для исключения вибраций. Равномерный

износ ножей по всей их длине необходим для предотвращения повреждений материала и образования трещин.

Таблица 1. Технические характеристики балансировочного станка КИ-4274

Наименование показателя	значение
Длина, мм	2580
Ширина, мм	730
Высота, мм	1200
Масса станка, кг	1100
Наибольшее расстояние между серединами опор, мм	1000
Наименьшее расстояние между серединами опор, мм	260
Наибольший допустимый диаметр ротора, мм	800
Частота вращения при балансировке, с <sup>-1</sup>	12
Порог чувствительности по дисбалансу, г·мм	50
Порог чувствительности по углу дисбаланса, град.	5
Тип и мощность главного приводного электродвигателя А02-32-4, Щ-2, кВт	3

К характерным дефектам ротора ИРС зерноуборочного комбайна РСМ-152 «ACROS-590/595 Plus» относятся: излом ножей, излом мест крепления ножей на роторе, изменение геометрической формы ротора.

Анализ технической литературы показал, что масса ротора ИРС в сборе с оригинальными ножами составляет 118 кг, при этом каждый нож имеет массу примерно 200 г. Тогда масса ротора без ножей составит приблизительно 102...103 кг, что на 3% превышает допустимую норму для данного станка. Исходя из того, что масса и габариты ротора ИРС с установленными ножами превышают паспортные данные станка, рекомендуется проводить балансировку без ножей. При этом необходимо соблюдать правила безопасности при проведении работ.

Анализ характеристик роторов ИРС зерноуборочных комбайнов «ПАЛЕССЕ», TORUM 785, GS812 PRO показал, что их масса без ножей значительно ниже (от 54 кг).

**Заключение.** Таким образом, сравнение массы и габаритных характеристик балансировочного станка КИ-4274 и ротора ИРС РСМ-152 «ACROS-590/595 Plus» показало, что масса балансируемого ротора превышает допустимую массу станка (по паспорту) на 3%, что не существенно. В тоже время, для обеспечения безопасности следует балансировать ротор без ножей.

#### Список использованной литературы.

1. Присяжная, С.П. Перемещение и разбрасывание измельченной соломы при комбайновой уборке сои / С.П. Присяжная, М.М. Присяжный, И.М. Присяжная // Достижения науки и техники в АПК. – 2010. – №7. – С. 62–64.
2. Кривочуров, Н.Т. Об эффективности различных вариантов упрочнения ножей измельчителя-разбрасывателя соломы зерноуборочного

комбайна / Н.Т. Кривочуров, В.В. Иванайский, А.В. Ишков, А.В. Щеголев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета № 9 (167), 2018. – С. 151–158.

3. Фролов, К.В. Методы совершенствования машин и современные проблемы машиноведения. – М.: Машиностроение, 1984. – 224 с.

4. Ягельский, М.Ю. Тенденции развития и классификация соломоизмельчителей-разбрасывателей современных зерноуборочных комбайнов / М.Ю. Ягельский, С.А. Родимцев // Вестник ОрелГАУ, 3(60), 2016. – С.73–86.

5. Динамическая балансировка вращающихся звеньев [Электронный ресурс]: учеб. -метод. пособие / сост. В.В. Романов. – Кострома: Костромской госуд. ун-т, 2020. – URL: <http://library.ksu.edu.ru/ExtSearch.asp>

6. Станок балансировочный КИ-4274. Паспорт 4274 ПС // Всероссийское объединение «Россельхозтехника» Совета Министров РСФСР - «Прохладненский» Ордена Ленина Ремонтный завод. – 1977. – 51 с.

7. Кухмазов, К. З. Повышение эффективности использования зерноуборочных комбайнов на уборке полеглых хлебов методом очеса / К. З. Кухмазов, С. Е. Губский. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2022. – 178 с. – ISBN 978-5-00196-080-5. – EDN KYPAAJ.

#### References.

1. Juror, S.P. Moving and spreading chopped straw during combine harvesting of soybeans / S.P. Juror, M.M. Juror, I.M. Juror // Achievements of science and technology in the agro-industrial complex. – 2010. – No. 7. – pp. 62–64.

2. Krivochurov, N.T. On the effectiveness of various options for strengthening the knives of the straw chopper-spreader of a grain harvester / N.T. Krivochurov, V.V. Ivanaysky, A.V. Ishkov, A.V. Shchegolev // Bulletin of the Altai State Agrarian University No. 9 (167), 2018. – P. 151–158.

3. Frolov, K.V. Methods for improving machines and modern problems of mechanical engineering. – M.: Mashinostroenie, 1984. – 224 p.

4. Yagelsky, M.Yu. Development trends and classification of straw choppers-spreaders of modern grain harvesters / M.Yu. Yagelsky, S.A. Rodimtsev // Bulletin of OrelGAU, 3(60), 2016. – P.73–86.

5. Dynamic balancing of rotating links [Electronic resource]: educational method. allowance / comp. V.V. Romanov. – Kostroma: Kostroma State. univ., 2020. – URL: <http://library.ksu.edu.ru/ExtSearch.asp>

6. Balancing machine KI-4274. Passport 4274 PS // All-Russian Association "Rosselkhoztekhnika" of the Council of Ministers of the RSFSR - "Prokhladnensky" Order of Lenin Repair Plant. – 1977. – 51 p.

7. Kukhmazov, K. Z. Increasing the efficiency of using combine harvesters for harvesting dead bread by the method of stripping/K. Z. Kukhmazov, S. E. Gubsky. - Penza: Penza State Agrarian University, 2022. - 178 p. - ISBN 978-5-00196-080-5. – EDN KYPAAJ.

*В.В. Сафонов, В.Р. Феденко, К.В. Сафонов, Д. В. Курдюков*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКООБРАЗНЫХ ДОБАВОК К МОТОРНОМУ МАСЛУ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ**

**Аннотация.** Более 80 % деталей машин выходит из строя из износа, причиной которого является трения сопряженных поверхностей. Трение и износ деталей в свою очередь, в значительной степени связаны с высотой и формой микронеровностей.

Во время начального износа происходит изменение формы и размеров микронеровностей. Величина микронеровностей уменьшается или увеличивается до некоторого оптимального значения, которое зависит от условий трения.

Одним из вариантов сокращения периода формирования оптимальной шероховатости трущихся поверхностей деталей машин и повышение их качества является создание поверхностной пленки с высокими трибологическими свойствами является применение порошкообразных добавок к смазочным материалам.

В настоящий момент наиболее широкое распространение нашли добавки к смазочным материалам на основе высокодисперсных порошков цветных металлов, например, легированный серой и фосфором сплав меди и цинка - «Кластер».

В работе представлены методика и результаты исследования влияний порошкообразной добавки «Кластер» на формирование шероховатости трущихся поверхностей трения деталей.

В результате получили, что шероховатость поверхностей трения образцов, после испытаний на масле М-10Г2К составила - 0,25 мкм, а на масле М-10Г2К с порошкообразной добавкой «Кластер» - 0,16 мкм, что в 1,6 раз меньше, чем на базовом масле.

Далее в работе был предложен механизм формирования оптимальной шероховатости на поверхности трения образцов под действием порошкообразной добавки «Кластер».

**Ключевые слова:** шероховатость, поверхности трения, высодисперсные добавки, трибосопряжения, профилограммы, моторное масло.

*V.V. Safonov, V.R. Fedenko, K.V. Safonov, D. V. Kurdyukov*  
Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after  
N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## **ASSESSMENT OF THE EFFECT OF HIGHLY DISPERSED POWDERED ADDITIVES ON ENGINE OIL ON THE ROUGHNESS OF THE FRICTION SURFACES OF PARTS**

**Annotation.** More than 80% of machine parts fail due to wear, which is caused by friction of the mating surfaces. The friction and wear of the parts, in turn, are largely related to the height and shape of the micrometers. During the initial wear, the shape and size of the irregularities change. The size of the micro-dimension's decreases or increases to some optimal value, which depends on the friction conditions.

One of the options for reducing the period of formation of optimal, roughness of the rubbing surfaces of machine parts and improving their quality is the creation of a surface film with high tribological properties is the use of powdered additives to lubricants. Currently, additives to lubricants based on highly dispersed powders of non-ferrous metals, for example, an alloy of copper and zinc alloyed with sulfur and phosphorus - "Cluster", have found the most widespread use. The paper presents the methodology and results of the study of the effects of the powdery additive "Cluster" on the formation of roughness of the friction surfaces of the parts.

The paper presents the methodology and results of the study of the effects of the powdery additive "Cluster" on the formation of roughness of the friction surfaces of the parts. As a result, it was found that the roughness of the friction surfaces of the samples, after testing on M-10G2K oil, was 0.25 microns, and on M-10G2K oil with a powder-like additive "Cluster" - 0.16 microns, which is 1.6 times less than on base oil. Further, in the work, a mechanism for the formation of optimal roughness on the friction surface of the samples under the action of a powdered additive "Cluster" was proposed.

**Keywords:** roughness, friction surfaces, highly dispersed additives, tribo-stresses, profilograms, and engine oil.

**Введение.** Анализ литературных данных оказывает, что более 80 % деталей машин выходит из строя из износа, причиной которого является трения сопряженных поверхностей. Трение и износ деталей в свою очередь, в значительной степени связаны с высотой и формой микронеровностей [1,2].

В начальный период работы трущихся деталей их контакт происходит по вершинам неровностей. В результате этого фактическая площадь соприкосновения составляет лишь небольшой процент от общей площади контакта. В местах контакта по вершинам неровностей развиваются большие давления, часто превышающие предел текучести, а иногда и предел прочности трущихся материалов.

Под действием этих давлений при взаимном перемещении поверхностей происходит срезание, отламывание и пластический сдвиг вершин неровностей, что приводит к интенсивному износу трущихся деталей и увеличению зазора в сопряжении.

Величина микронеровностей уменьшается или увеличивается до некоторого оптимального значения, которое зависит от условий трения.

Из литературных источников следует, что оптимальной принято считать шероховатость поверхностей трения, образовавшуюся в процессе длительной эксплуатации [3,4,5]. Однако известно, что при эксплуатации конкретного сопряжения в зоне контакта поверхностей трения происходит целый комплекс механических, физико-химических, электрохимических и прочих процессов, зависящих от множества постоянных и случайных факторов.

Одним из вариантов сокращения периода формирования оптимальной шероховатости трущихся поверхностей деталей машин и повышение их качества является создание поверхностной пленки с высокими трибологическими свойствами является применение порошкообразных добавок к смазочным материалам.

В настоящий момент наиболее широкое распространение нашли добавки к смазочным материалам на основе высокодисперсных порошков цветных металлов, например, легированный серой и фосфором сплав меди и цинка - «Кластер» [6,7,8].

**Методика исследований.** Для исследования влияния высокодисперсных порошкообразных добавок к смазочным материалам на формирование оптимальной шероховатости поверхности трения проводили лабораторные испытания образцов на машине трения СМЦ-2 по схеме «ролик-колодка».

Шероховатость рабочей поверхности образцов определяли на профилометре модели 130.

Эффективность предлагаемой порошкообразной добавки оценивали по состоянию поверхности трения образца (ролика) после сравнительных лабораторных испытаний товарного моторного масла М-10Г<sub>2</sub>К и смеси моторного масла М-10Г<sub>2</sub>К с порошкообразной добавкой «Кластер».

Степень влияния испытываемых смазочных материалов на процесс формирования поверхности трения исследовали с использованием модельной пары трения «ролик – колодка», позволяющей имитировать работу ресурсопределяющего трибосопряжения ДВС «поршневое кольцо – гильза».

Элементы модельного трибосопряжения были изготовлены из серого чугуна СЧ-25 (ГОСТ 1412-85) одной плавки. Твердость соответствовала твердости поверхности гильзы цилиндра (190...220 НВ). Наружный диаметр ролика – 50 мм, ширина – 12 мм. Колодки изготавливали из кольца с наружным диаметром 68 мм, внутренний диаметр которого шлифовали под размер ролика. Шероховатость рабочей поверхности ролика и колодки после механической обработки соответствовала 0,32 и 0,63 мкм. Коэффициент взаимного перекрытия образцов – 0,13.

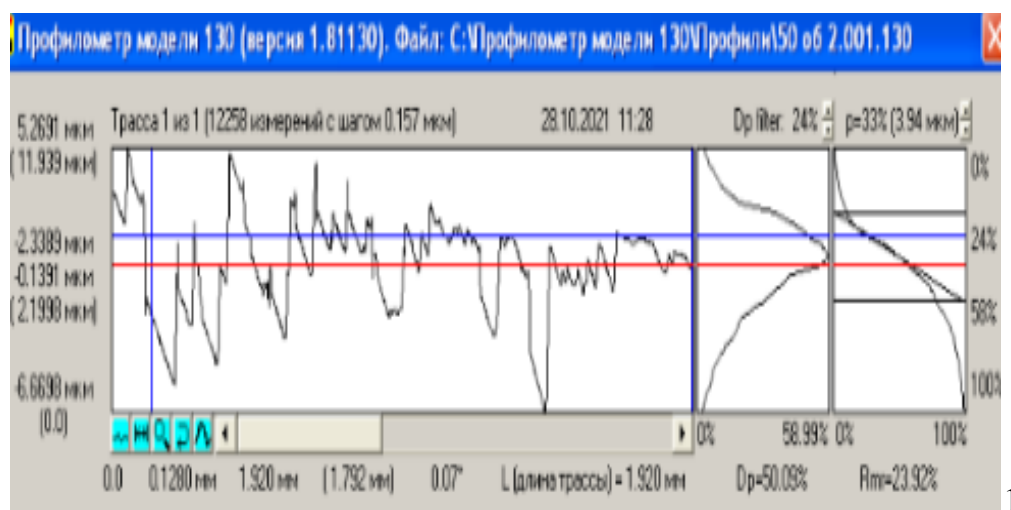
Испытания проводили при следующих режимах: нагрузка 1,5 кН, частота



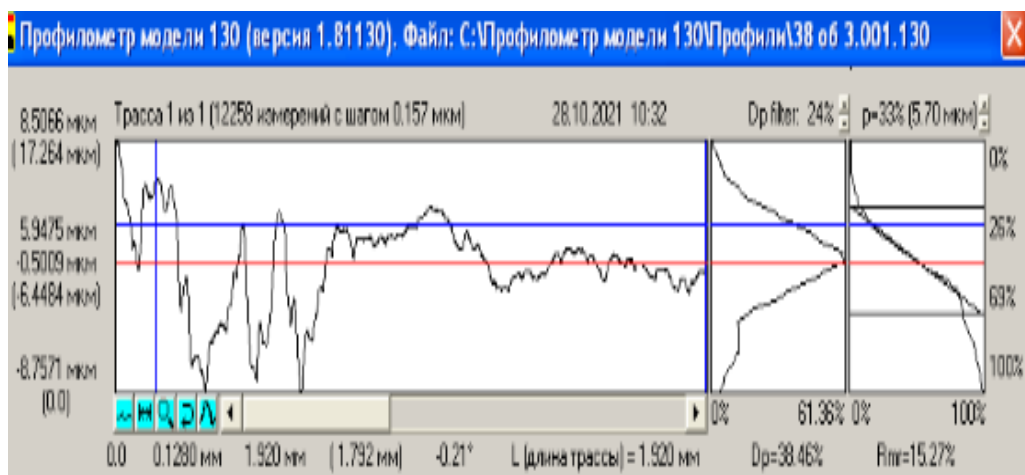
вращения ролика  $500 \text{ мин}^{-1}$ , продолжительность испытания 3 ч.

Смазку образцов осуществляли погружением нижнего ролика на  $1/3$  диаметра в смазочную ванну объемом  $150 \text{ см}^3$ . Нагрузку на ролики увеличивали от 0 до величины испытательной нагрузки ступенчато по  $0,25 \text{ кН}$ . Продолжительность работы на каждой ступени нагружения составила  $0,5 \text{ ч}$ . Нагрузку изменяли при помощи нагрузочного устройства, установленного на машине трения.

Качественное состояние поверхностей трения образцов, испытанных на исследуемых смазочных материалах, характеризуют значения их шероховатости, фрагменты профилограмм которых представлены на рисунке 1.



1



2

Рисунок 1. Фрагменты шероховатостей поверхностей трения образцов после испытания на масле: 1- М-10Г<sub>2</sub>К; 2 - М-10Г<sub>2</sub>К + «Кластер»

Левая часть представленных шероховатостей образцов является не рабочей, что позволило наглядно продемонстрировать изменение шероховатости поверхностей образцов после механической обработки и после 3-х часовых испытаний на машине трения СМЦ-2.

Обработка полученных фрагментов профилей шероховатостей поверхностей трения, показала, что после испытания образцов на базовом моторе масле М-10Г<sub>2</sub>К их величина оставила -  $0,25 \text{ мкм}$ , а на масле М-10Г<sub>2</sub>К

с порошкообразной добавкой «Кластер» - 0,16 мкм, что в 1,6 раз меньше.

**Заключение.** Под действием высокодисперсной добавки «Кластер» формируется структура поверхности трения с округлой формой выступов и впадин, а при испытании на базовом моторном масле М-10Г<sub>2</sub>К структура поверхности представляет собой пикообразные выступы и впадины. Это говорит о незаконченности процесса формирования поверхности трения образцов, что в дальнейшем приведет к увеличенному зазору между трущимися деталями.

Механизм действия исследуемой добавки, по-видимому, заключается в следующем. Высокодисперсные частицы добавки заполняют микровпадины и микродефекты трущихся поверхностей, увеличивая тем самым фактическую площадь контакта. При попадании их в область фактического контакта трущихся тел за счет высоких локальных температур и адгезии происходит их взаимодействие с поверхностью трения образцов. Это приводит к образованию несплошной и неоднородной по толщине пленки, позволяющей сформировать гладкую поверхность трения.

Таким образом, исследование влияния порошкообразной добавки «Кластер» к базовому моторному маслу М-10Г<sub>2</sub>К на процесс формирования оптимальной шероховатости поверхности трения контактирующих деталей показали ее эффективность по сравнению с базовым маслом, что приведет к снижению интенсивности процесса изнашивания трущихся деталей и, следовательно, к увеличению ресурса агрегатов машин в условиях эксплуатации.

### **Список использованной литературы.**

1. Материаловедение; учебник для вузов / Б.Н. Арзамасов [и др.]; под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, - 2005. - 648 с.
2. Гаркунов, Д.Н. Виды трения и износа. Эксплуатационные повреждения деталей машин / Д.Н. Гаркунов, П.И. Корник. - М.: Изд-во МСХА, 2003. - 344 с.
3. Мышкин, Н.К. Трение, смазка, износ / Н.К. Мышкин, М.И. Петроковец. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 368 с.
4. Материаловедение. Технология конструкционных материалов / под ред. В. С. Чердниченко. - М.: Омега-Л, 2008. - 752 с.
5. Терентьев, В.Ф. Триботехническое материаловедение / В.Ф.Терентьев. – Красноярск, 2000. – 290 с. – ISBN 5-7636-0329-6. 175
6. Пат. 2123030 Российская Федерация, МПК6 С10М 125/00, 10М 125:04, С10М 125:22, С10М 125:24, С10Н 30:06. Смазочная композиция [Текст] / Сафонов В.В., Добринский Э.К., Буйлов В.Н., Семин А.Г., Митюшкин А.А., Венскийтис В.В.; заявитель и патентообладатель – № 97116529/04; заявл. 07.10.1997; опубл. 10.12.1998, Бюл. № 34. – 5 с
7. Сафонов, В.В. Исследование влияния добавок на трибологические характеристики смазочного материала и морфологию поверхностей трения/Сафонов В.В., Шишурин С.А., Венскийтис В.В., Сафонов К.В., Остриков В.В. //Аграрный научный журнал. 2022. - № 1. - С. 88-92.

8. Остриков, В.В. Многофункциональная добавка к моторным маслам / Остриков В.В., Зимин А.Г., Попов С.Ю., Сафонов В.В. Двигателестроение. - 2014. - № 2 (256). С. 32-34.

### References.

1. Materials science; textbook for higher education institutions / B.N. Arzamasov [et al.]; under the general editorship of B.N. Arzamasov. - M.: Bauman Moscow State Technical University, - 2005. - 648 p.

2. Garkunov, D.N. Types of friction and wear. Operational damage to machine parts / D.N. Garkunov, P.I. Kornik. - M.: Publishing House of the Ministry of Agriculture, 2003. - 344 p.

3. Myshkin, N.K. Friction, lubrication, wear / N.K. Myshkin, M.I. Petroko-vet. - M.: FIZMATLIT, 2007. - 368 p.

4. Materials science. Technology of structural materials / edited by V. S. Cherednichenko. - M.: Omega-L, 2008. - 752 p.

5. Terentyev, V.F. Tribotechnical materials science / V.F. Terentyev. – Krasnoyarsk, 2000. – 290 p. – ISBN 5-7636-0329-6. 175

6. Pat. 2123030 Russian Federation, MPK6 C10M 125/00, 10M 125:04, C10M 125:22, C10M 125:24, C10N 30:06. Lubricating composition [Text] / Safonov V.V., Dobrinsky E.K., Buylov V.N., Semin A.G., Mityushkin A.A., Venskaitis V.V.; applicant and patent holder – No. 97116529/04; application 07.10.1997; publ. 10.12.1998, Bul. No. 34. – 5 s.

7. Safonov, V.V. Investigation of the effect of additives on the tribological characteristics of a lubricant and the morphology of friction surfaces/Safonov V.V., Shishurin S.A., Venskaitis V.V., Safonov K.V., Ostrikov V.V. //Agrarian Scientific Journal. 2022. - No. 1. - pp. 88-92.

8. Ostrikov, V.V. Multifunctional additive to motor oils / Ostrikov V.V., Zimin A.G., Popov S.Yu., Safonov V.V. Engine building. - 2014. - № 2 (256). Pp. 32-34.

Научная статья

УДК 621.398

*С.А. Шишури́н, Р.Д. Гонча́ров, А.Д. Исаев, С.Д. Россоша́нский*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## **СОВРЕМЕННЫЕ ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ**

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены отечественные и зарубежные модели программно-аппаратных средств для автоматизации передачи данных о техническом состоянии мобильных энергетических средств (МЭС). Проведен анализ основных характеристик работы программно-аппаратных комплексов и их применения на различных марках и моделях сельскохозяйственных машин. Представлена возможность применения современных цифровых программных решений для мониторинга состояния машин в режиме реального времени, а также прогнозирования состояний узлов и агрегатов сельскохозяйственных машин. Эти данные позволяют проводить анализ состояния техники и планировать необходимые мероприятия по техническому обслуживанию.

**Ключевые слова:** техническое обслуживание, информационные средства, системы телеметрии, мониторинг, диагностирование, прогнозирование.

*S.A. Shishurin, R.D. Goncharov, A.D. Isaev, S.D. Rossoshansky*

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## **MODERN DIGITAL SOLUTIONS FOR MONITORING THE CONDITION OF MOBILE ENERGY FACILITIES**

**Annotation.** This article presents domestic and foreign models of software and hardware for automating the transmission of data on the technical condition of mobile energy facilities (MES). The analysis of the main characteristics, the operation of software and hardware complexes and their application on various brands and models of agricultural machines is carried out. The concept of the possibility of using modern digital software solutions for monitoring the condition of machines in real time and predicting the condition of nodes and aggregates of agricultural machines using telemetry information is presented. This data allows you to analyze the state of the equipment and plan the necessary maintenance activities.

**Keywords:** maintenance, information tools, telemetry systems, monitoring, diagnostics, forecasting.

**Введение.** Мониторинг технического состояния сельскохозяйственной техники, активно развивается в современном сельскохозяйственном производстве. Для получения и обработки данных, получаемых с датчиков, применяются современные телеметрические средства, диагностические системы и программно-аппаратные комплексы для дистанционной передачи данных. Информация о неисправностях и отказах может быть использована для анализа технического состояния мобильных энергетических средств, определения сроков обслуживания и своевременного подбора запасных частей.

Данные, получаемые с телеметрических систем, могут быть использованы для прогнозирования возникновения неисправностей, по данным датчиков посредством использования динамических переобучающихся искусственных нейронных сетей прямого распространения.

Программы диагностики позволяют проверять работу техники на наличие неисправностей и определять причины возникновения проблем. Они также могут предоставлять рекомендации по ремонту и предупреждать о необходимости замены деталей. Также можно использовать программы планирования работ, которые помогут оптимизировать использование ресурсов и распределить задачи между сотрудниками сельхозпредприятия.

Эти системы способствуют выявлению причин отказов на ранних стадиях что способствует снижению простоев техники во время ремонтов и обслуживания, а также минимизации влияния человеческого фактора на любой процесс. Проведен мониторинг использования систем разных производителей сельскохозяйственной техники, и выявлено, что большинство всех простоев вследствие технических причин происходят из-за плохого качества и несвоевременного выявления неисправностей в машинах. [1] Отсутствие должного контроля за техническим состоянием агрегатов приводит к несвоевременному отказу, что занимает больше времени, чем если бы проблема была обнаружена раньше на машинном дворе или полевым стане.

Современное сельскохозяйственное производство опирается на цифровые решения машинного обучения, технологии интернета вещей и новое поколение технических средств с информационным обеспечением. Для внедрения цифровых интеллектуальных агротехнологий необходимо пересмотреть подходы к техническому обеспечению и разработать новое автоматизированное оборудование и программное обеспечение для управления рабочими процессами, системами прогнозирования наработки на отказ, контроля выполнения операций, мониторинга и анализа состояния сельскохозяйственных машин. [2].

**Цель исследования** – выявить основные параметры, получаемые с отечественных и зарубежных систем телеметрии и мониторинга мобильных энергетических средств, для выявления положительных и негативных факторов при прогнозировании наработки на отказ узлов и агрегатов сельскохозяйственной техники.

Рассмотрим наиболее распространённые телеметрические системы для мониторинга состояния узлов и агрегатов сельскохозяйственных машин. Определим их достоинства и недостатки.

Система TELEMATICS (CLAAS) (рисунок 1) – это комплекс цифровых решений для сбора и передачи телеметрических данных. Показания с датчиков машины, параметры движения и состояние узлов агрегатов передаются по CAN-шине и далее по мобильной связи на удаленный сервер для обработки и хранения. [3] Ограничением системы является зависимость от качества мобильного соединения. Полученные данные могут быть использованы для последующего анализа и машинного обучения.

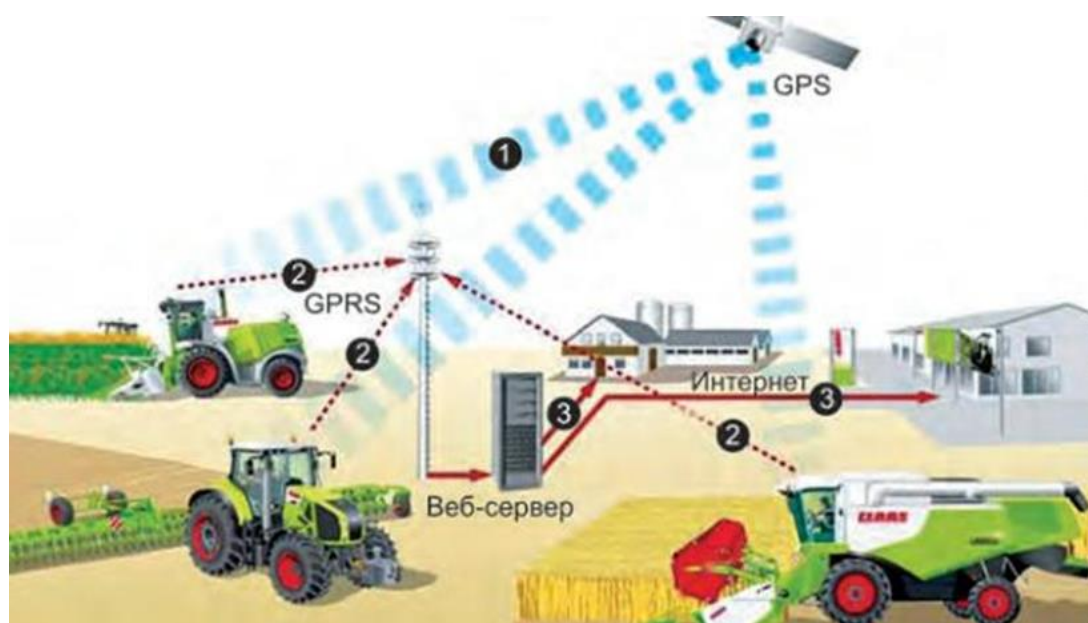


Рисунок 1. Схема функционирования телеметрической системы  
TELEMATICS

1 – прием данных о местоположении через спутник; 2 – передача данных и настроек машины по мобильной сети на сервер; 3 – вызов данных фермером или удаленная диагностика дилером

JDLink – система телеметрии компании John Deere (рисунок 2), которая обеспечивает связь между различными машинами разных марок и моделей, работающими на поле, а также с офисной техникой и мобильными устройствами. Основой этой технологии является использование MTG контроллера (модульного телематического шлюза), который собирает данные по наработке, расходу топлива, планированию технического обслуживания (ТО) и передает их через сотовую сеть, причем некоторая информация отправляется практически в режиме реального времени. [4] Главным недостатком является невозможность работы с приложениями, системами и программами для диагностики и контроля параметров, при не активированном терминале JDLink.



Данные о вождении



Документирование



Технические  
параметры

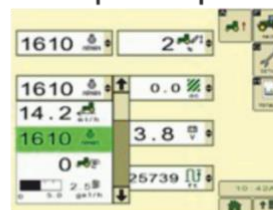


Рисунок 2. Система телематики JDLink компании John Deere

PLM Connect, компании New Holland (рисунок 3), как и JDLink позволяет управлять параметрами машины удаленно через мобильную сеть, оптимально управлять большим парком машин. [5] Недостаток PLM системы - деление на 3 отдельные подсистемы Field (бортовые системы машины), Fleet (дистанционный контроль и передача данных) и Farm (анализ данных и планирование). При выходе из строя одной из подсистем, нарушается работа всей системы.

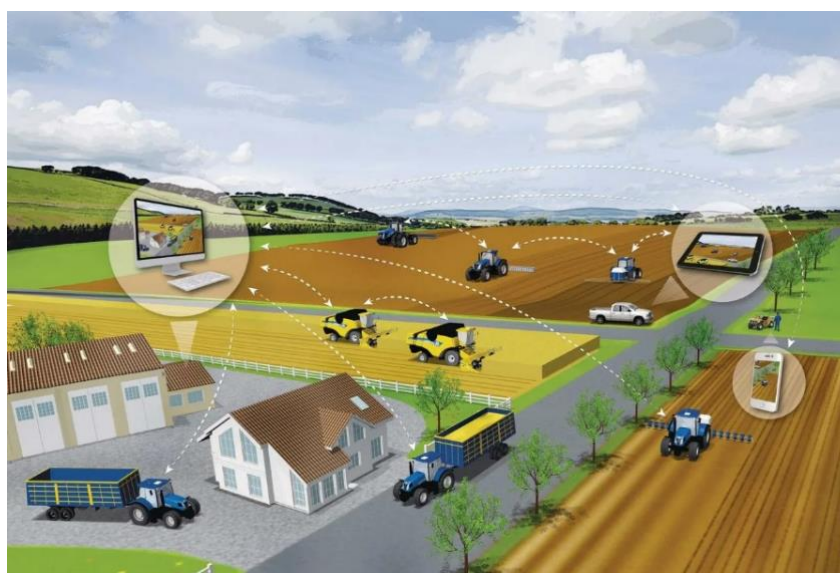


Рисунок 3. PLM Connect, компании New Holland

Система точного земледелия РСМ Агротроник [6] (Ростсельмаш) позволяет получить удаленный контроль над технологическими процессами, оптимизировать режимы эксплуатации техники, а также планировать и эффективно управлять парком техники в режиме реального времени. Система Агротроник (рисунок 4) состоит из комплекса решений для современного агроменеджмента и межмашинного взаимодействия, автоуправления, автоматизации технологических процессов и предупреждения внештатных ситуаций. [7].



Рисунок 4. Система РСМ Агротроник, компании Ростсельмаш

Агромонитор – система дистанционного мониторинга Кировец (рисунок 5) осуществляет обмен данными с удаленным терминалом и управление сельскохозяйственной техникой. При этом контроль может осуществляться как со стороны механизатора, так и диспетчера через удаленный терминал. [8] Ядром агромонитора является система, выполняющая алгоритмы управления, реализованные в программном обеспечении под операционной системой отечественной разработки, работающим на платформе одноплатного компьютера, и имеет возможность передачи данных на CAN-шину. Система способна принимать и обрабатывать 27 показателей с различных датчиков трактора.

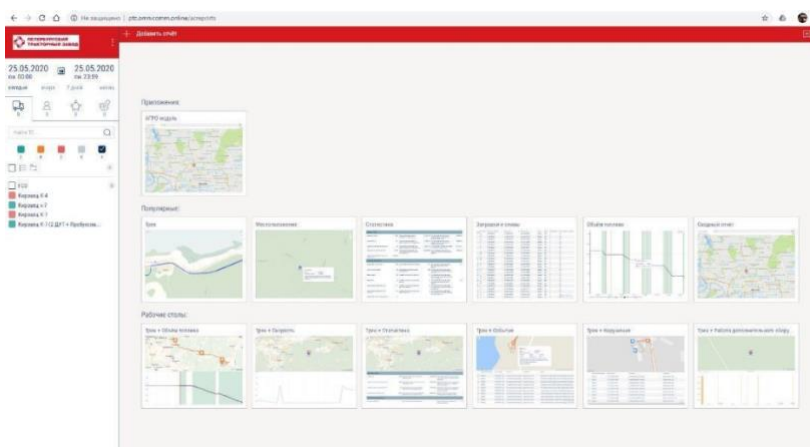


Рисунок 5. Система Агромонитор, компании Кировец

Проанализировав устройство и принцип работы различных систем для контроля и мониторинга состояния сельскохозяйственной техники, выявлено, что передовые цифровые, интеллектуальные и производственные технологии, а также системы оптимизации процессов ремонта и обслуживания сельскохозяйственной техники являются приоритетными и перспективными направлениями развития в России в ближайшие 10-15 лет.



Современные мобильные энергетические средства оснащены множеством электронных систем с различными датчиками, которые управляют работой двигателя, трансмиссии, рабочих органов и других агрегатов. Использование таких систем позволяет снизить затраты на технику, обеспечивать постоянный контроль ее работы и технического состояния, а также проводить регламентные работы в нужное время. Однако, для работы с такими сложными системами требуется квалифицированный подход и современные методы обработки получаемых данных.

Разработка систем анализа данных и прогнозирования являются сложными и чрезвычайно актуальными задачами, особенно когда речь идет о предсказании отказов, возникающих в узлах и агрегатах сельскохозяйственных машин. Обработка сигналов, получаемых с CAN-шин мобильных энергетических средств, при использовании искусственного интеллекта и машинного обучения помогает выявить скрытые зависимости и повторяющиеся паттерны, что позволяет предсказать возможные проблемы и выявить их причины. Технические отказы могут быть вызваны разными факторами, от износа до неправильной эксплуатации, и поиск этих причин может быть сложным. Однако новые технологии позволяют анализировать большие объемы данных и выявлять скрытые зависимости, что помогает предотвращать отказы оборудования и повышать его надежность.

### **Список использованной литературы.**

1. Информационные и программно-алгоритмические средства в технологическом процессе выполнения технического обслуживания трактора Fendt 936 Vario / Р. Д. Гончаров, А. Д. Исаев, А. А. Алтарев [и др.] // Проблемы и перспективы цифровизации агропромышленного комплекса: Материалы Международной научно-практической конференции, Саратов, 07 декабря 2023 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2023. – С. 29-34. – EDN ОНСОУК.
2. Андрюшечкина, Н. А. Интернет вещей в сельском хозяйстве // Научно-технический вестник: Технические системы в АПК. – 2020. – № 1(6). – С. 42-47. – EDN ZGELYL.
3. CLAAS TELEMATICS: цифровое измерение агробизнеса // АгроФорум. – 2021. – № 4. – С. 58-59. – EDN BEUWIL.
4. Новые технические решения компании John Deere. Главный инженер. Управление промышленным производством. 2015;8.
5. Varabanov, A.V. Structural Modeling of Continuous Multi-Center Polymerization Processes [Text] / A.V. Varabanov, S.L. Podval'nyi // Automation and Remote Control. - 2012. - Т. 73. - № 7. С. 1265-1268.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016661544 Российская Федерация. Agrotronic: № 2016619114: заявл. 23.08.2016: опубл. 13.10.2016 / И. С. Фролов; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Комбайновый завод «Ростсельмаш». – EDN SWLEPC.

7. Гольпяпин, В. Я. Анализ систем телеметрии и мониторинга сельскохозяйственной техники / В. Я. Гольпяпин // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК : Материалы IX Международной научно-практической конференции "ИнформАгро-2017", п. Правдинский, Московская область, 07–09 июня 2017 года. – п. Правдинский, Московская область: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2017. – С. 348-352. – EDN ZMJYJF.
8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015610263 Российская Федерация. Агромонитор: № 2014619632: заявл. 24.09.2014: опубл. 12.01.2015 / А. М. Заргарян. – EDN WMBEYI.

### References.

1. Information and software-algorithmic tools in the technological process of performing maintenance of the Fendt 936 Vario tractor / R. D. Goncharov, A. D. Isaev, A. A. Altarev [etc.] // Problems and prospects for digitalization of the agro-industrial complex: Materials of the International Scientific and Practical Conference, Saratov, December 7, 2023. – Saratov: Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilova, 2023. – pp. 29-34. – EDN OHCOUK.
2. Andryushechkina, N. A. Internet of things in agriculture // Scientific and Technical Bulletin: Technical systems in the agro-industrial complex. – 2020. – No. 1(6). – pp. 42-47. – EDN ZGELYL.
3. CLAAS TELEMATICS: digital measurement of agribusiness // AgroForum. – 2021. – No. 4. – P. 58-59. – EDN BEUWIL.
4. New technical solutions from John Deere. Chief Engineer. Industrial production management. 2015;8.
5. Barabanov, A.V. Structural Modeling of Continuous Multi-Center Polymerization Processes [Text] / A.V. Barabanov, S.L. Podval'nyi // Automation and Remote Control. - 2012. - T. 73. - No. 7. P. 1265-1268.
6. Certificate of state registration of a computer program No. 2016661544 Russian Federation. Agrotronic: No. 2016619114: app. 08/23/2016: publ. 10.13.2016 / I. S. Frolov; applicant Limited Liability Company "Rostselmash Combine Plant". – EDN SWLEPC.
7. Goltyapin, V. Ya. Analysis of telemetry and monitoring systems for agricultural machinery / V. Ya. Goltyapin // Scientific and information support for innovative development of the agro-industrial complex: Materials of the IX International scientific and practical conference "InformАгро-2017", Pravdinsky village, Moscow region, 07–09 June 2017. – Pravdinsky village, Moscow region: Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Research on Engineering and Technical Support of the Agro-Industrial Complex, 2017. – P. 348-352. – EDN ZMJYJF.
8. Certificate of state registration of a computer program No. 2015610263 Russian Federation. Агромонитор: No. 2014619632: application. 09/24/2014: publ. 01/12/2015 / А. М. Zargaryan. – EDN WMBEYI.

---

---

## СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ, ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ И РОБОТИЗАЦИЯ»

Научная статья

УДК 630.228.7

*Д.Н. Козаченко*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

### РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕЖАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ОВОЩНЫХ ТЕПЛИЦ

**Аннотация.** В статье рассматривается вопрос применения нетрадиционных источников энергии, посредством установки гелиоустановки.

**Ключевые слова:** гелиоустановка, нетрадиционные источники энергии, автоматизация, альтернативные источники энергии.

*D.N. Kazachenko*

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

### DEVELOPMENT OF ENERGY-SAVING MEASURES FOR VEGETABLE GREENHOUSES

**Abstract.** The article considers the issue of using non-traditional energy sources through the installation of a solar installation.

**Keywords:** solar installation, non-traditional energy sources, automation, alternative energy sources.

***Введение.*** Теплица представляет собой вид сооружения, которое в основном используется для выращивания овощных культур, саженцев, рассады и другого. В наше время экономически наиболее целесообразно использовать крупные тепличные помещения и комплексы, которые являются менее энергозатратными.

Во многих теплицах используется водяное отопление, нагревательные провода, которые работают от электричества, а также обогрев при помощи электрокалориферов. Электрический обогрев в парниках и теплицах обладает преимуществом перед другими видами обогрева и это прежде всего возможность регулировки и поддержания температуры в заданных

параметрах, а также получать экономию затрат труда и многое другое. Один из главных недостатков в ведении тепличных хозяйств – это большие расходы на энергоресурсы.

В современных тепличных комплексах реально применять нетрадиционные источники энергии, например, энергию солнца, используя гелиоустановки. Гелиоустановка представляет собой устройство, которое используется для преобразования энергии солнечной радиации в другие, необходимые нам виды энергии, такие как тепловая или электрическая. Современные технологии позволяют широко использовать энергию солнца для поддержания заданных параметров микроклимата теплицы. В настоящее время использование альтернативных источников энергии становится особенно актуальным и экономически целесообразным. [1].

Целью мероприятия является снижение энергозатрат в результате использования в теплице гелиоустановок, а также использования конструкции теплицы, когда основание находится ниже уровня почвы, такая технология снижает общую нагрузку на строение, а также является более дешевым по сравнению с аналогами. Большое значение, при этом имеет обеспечение автоматического управления режимами микроклимата. При таком подходе значительно снижаются затраты на отопление и при необходимости охлаждения тепличного помещения.

**Методика исследований.** В России в условиях импортозамещения большое внимание уделяют развитию и поддержке отечественного сельхозпроизводителя. Немаловажное значение здесь играют тепличные комплексы. Правильно организованный производственный процесс в тепличных хозяйствах позволит рынку удовлетворить потребности населения в свежих овощах. В соответствии с научно обоснованными нормами питания человек должен равномерно в течение года потреблять 120 - 150 кг овощей. От количества площадей защищенного грунта напрямую зависят объемы отечественных продуктов, поставляемых на внутренний, а также в перспективе внешний рынок.

В настоящий момент в нашей стране потребность в овощах из защищенного грунта обеспечивается в недостаточном количестве. Для того чтобы достичь обоснованных норм потребления нам необходимо решать следующие задачи:

- увеличить площади защищенного грунта;
- разнообразить ассортимент, выращиваемых, овощных культур;
- повысить урожайность;
- повысить уровень автоматизации технологических процессов в теплицах.

Наиболее совершенный вид культивационных сооружений защищенного грунта представляют собой теплицы. В сравнении с другими сооружениями, такими как парники, они имеют значительно больший объем, это дает возможность выращивать высокостебельные растения, а также позволит осуществлять необходимые технологические процессы.

При этом тепличное производство – наиболее трудоемкая отрасль растениеводства. [2].

Только при постоянном поддержании заданных параметров микроклимата растения хорошо развиваются и плодоносят. Возникает необходимость высокой степени автоматизации и механизации технологических процессов.

Средства механизации и автоматизации применяют в процессе посева, ухода, полива, подкормки, опыления, химической защиты, сборе готового урожая.

Автоматизация технологических процессов дает значительный результат: возрастает продуктивность и улучшаются условия труда, снижаются затраты на энергоресурсы, в значительной мере экономится горючее и электричество, уменьшается уровень заболеваемости и повышается урожайность и сроки созревания растений. Улучшаются условия труда. В тепличных комплексах промышленного вида автоматический контроль и управление используют фактически для всех характеристик, а конкретно: температуры, влажности земли и воздуха, содержания углекислого газа, освещенности, температуры воды для полива, увлажнения воздуха, вентиляции и оптимального сосредоточения растворов минеральных удобрений в земле, показателя рН и остальных характеристик.

Современные тепличные комплексы строятся многопролетными по типовым проектам. [2] Тепличные комплексы комплектуются необходимыми инженерными системами поддержания микроклимата: отопление, полива, вентиляции и циркуляции воздуха, водостоков, водоснабжения и канализации, освещения.

Система вентиляции автоматический обеспечивает подачу воздуха в рабочую зону теплицы.

Система рециркуляции воздуха необходима для наиболее равномерного распределения воздушных масс по всей площади теплицы, а также снижения перегрева растений.

Система орошения обеспечивает своевременную подачу воды с растворенными в ней питательными веществами (при необходимости) непосредственно до растений.

Система отопления необходима для создания необходимой температуры воздуха внутри теплицы в периоды, когда солнечного излучения недостаточно чтобы поддерживать необходимые параметры микроклимата.

Система водостоков необходима для отвода воды с крыши теплицы.

Системы досвечивания растений служат для освещения культур исходя из технологии выращивания. [3].

Большие перспективы имеет внедрение в тепличные комплексы гелиоустановок. Благодаря использованию энергии солнца мы можем значительно экономить расход электроэнергии, что в свою очередь окажет влияние и на себестоимость продукции. Область использования гелиоустановок в тепличных комплексах - это, прежде всего, повышения температуры в производственных помещениях теплице и нагрев воды.

Большинство затрат в тепличном производстве связаны с электроэнергией, это непосредственно оказывает влияние на конечную цену

готовой продукции. Внедрение в теплицу жалюзи позволяет экономить электроэнергию, затрачиваемую на поддержание необходимой температуры. В проекте предлагается усовершенствовать систему микроклимата теплицы используя жалюзи, внедрить в теплицу нагревательные провода для подогрева почвы, использовать систему «Климат 47М» для осуществления вентиляции.

Конструкции должны обладать достаточным запасом прочности для того чтобы выдерживать нагрузку от ветра, а также бурь и ураганов. Повышение прочности стен и каркаса теплицы влечет за собой серьезные материальные затраты, что в целом отражается на себестоимости проекта и повышает сроки окупаемости вложенных затрат. Исходя из этого, целесообразно использовать следующий конструктивный подход: в процессе проектирования и создания теплицы подготавливается котлован глубиной 1,0 – 1,4 м, в соответствии с размерами теплицы. Такое конструктивное решение значительно уменьшит высоту конструкции и позволяет создавать наиболее благоприятные условия внутри теплицы. Таким образом мы можем значительно снизить запас прочности несущего каркаса, как следствие мы имеем снижение затрат на материалы. Общая высота теплицы над поверхностью земли будет составлять от 2,2 – 2,5 м. [3].

Тепличный комплекс представляет собой углубленное в почву сооружение. В процессе постройки теплицы подготавливают котлован шириной 24 м и длиной 60 м, глубина составляет 1,3 м. Необходимо чтобы наклон парниковых рам имел южное направление. Когда котлован полностью готов на его дне производят разметку теплицы, рабочий коридор должен составлять от 0,8-1,0 м. Затем в углах котлована вбивают колышки и по периметру натягивают шнур. Общую длину разбивают на две части: первая 22 м это сама теплица, вторая 1 м рабочий коридор. Через каждые 200 см подготавливают ямки глубиной до 50 см для столбов передней и задней стенок. Высоту 200 см имеют столбы южной стенки, 245 см высота северной стенки. Средние столбы должны иметь длину не менее 245 см. С наружи стенки теплицы присыпают землей, оставшийся после рытья котлована, такой подход обеспечит наилучший сток воды из теплицы. Угол наклона кровли не должен быть более 22-25 градусов. Угол наклона кровли регулируется высотой средних стоек. Длину теплицы рассчитывают по количеству парниковых рам. Стенку тамбура делают на 20 – 25 см ниже средних опорных столбов. Вход в теплицу располагают, как правило, с восточной или западной стороны. Тамбур и рабочая часть теплицы разделены перегородкой с дверью

По завершению монтажных работ занимаются установкой механизмов автоматики и электропривода теплицы. [4].

#### ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА

Поддержание в тепличном комплексе заданных технологических параметров микроклимата является неотъемлемым условием её нормального функционирования. Кроме этого оптимальные условия при выращивании растений и овощных культур позволяют получать более высокие урожаи. В современных высокотехнологичных тепличных комплексах системы

автоматики нашли широкое применение. Основные задачи системы автоматического регулирования заключаются в следующем:

- управление температурой воздуха;
- управление температурой почвы;
- управления системой полива;
- управления системой увлажнения воздуха;
- контроль концентрации растворов минеральных удобрений;
- управление подачей углекислого газа;
- управление облучательными установками. [5].

Управления температурой в тепличном комплексе осуществляется в автоматическом режиме устройствами регулирования температуры и количества греющего теплоносителя, а также циркуляцией воздушных масс. Чаще всего в тепличных комплексах используется комбинированную систему обогрева: обогрев почвы и воздуха – водяной и использование калориферных установок для дополнительного обогрева. Подогретый воздух от калориферов перемещается по воздухопроводам и, попадая в вентиляционную систему, распространяется по всей площади комплекса. Применение калориферов позволяет управлять температурой воздуха с высокой точностью.

В последнее время самое широкое распространение имеет электрический обогрев защищенного грунта. Он отличается рядом преимуществ и имеет наибольшую возможность автоматизации процесса управления тепловым режимом.

Процесс управления тепловым режимом может происходить в ручном режиме: переключения нагревательных элементов на разные напряжения, включение различных групп обогревателей. Автоматическое управление температурным режимом в теплице намного эффективнее: при этом по сравнению с ручным режимом затраты на использованную электроэнергию снижаются на 15-20%.

Наиболее распространенный способ автоматического управления температурным режимом в теплицах основывается на принципе периодического включения и отключения нагревательных элементов по средствам магнитных пускателей или контакторов в зависимости от температурного режима рабочей зоны теплицы.

Анализируя тенденции строительства теплиц можно сделать вывод, что основу современных теплично-овощных комплексов составляют тепличные комплексы площадью до 1000 м<sup>2</sup>. В таких комплексах наибольший технико-экономический эффект дает автоматическое управление микроклиматом, то есть управление температурным и влажностным режимом, режимами облучения и составом газовой среды.

Управление температурой в автоматическом режиме главным образом осуществляется по средствам автоматических устройств, поддерживающих заданный температурный режим почвы и воздуха, а также системы вентиляции. В практике широкое распространение получили системы водяного, калориферного, электрического и газового обогрева теплиц.

Система водяного отопления состоит из разветвленной сети трубопроводов и для большинства блочных теплиц является основой. Система характеризуется высокой инерционностью и не дает возможности оперативно с высокой точностью управлять температурным режимом при возникновении резких возмущений. Поэтому только водяное отопление, как правило, не применяется. Целесообразно применять комбинированную систему обогрева: водяной как основной (около 60% общей теплопроизводительности) в дополнении с воздушно-калориферным который используется для управления температурой при резких изменениях климатических условий. Благодаря малой инерциальности использование калориферного обогрева дает возможность управлять температурой воздуха в теплице с высокой точностью [6].

Проще решаются задачи автоматического управления температурой воздуха в так называемых ангарных теплицах с единичной площадью защищенного грунта до 1000 м<sup>2</sup>. В них для регулирования температуры применяют трехпозиционное управление калориферами: при нормальной температуре калориферы выключены, когда температура снижается, сначала включается часть калориферов, а если температура продолжает падать, в работу вступают все калориферы. От калориферов подогретый воздух подается по трубам и распределяется специальной вентиляционной системой по всей теплице.

Автоматическое управление влажностным режимом почвы и воздуха в теплицах осуществляется системой управления по сигналу датчиков влажности почвы или воздуха. Увлажнение воздуха и почвы происходит посредством способов дождевания и корневого полива через капиллярные трубки. Системы дождевания также используют и для внесения минеральных удобрений в растворах.

Автоматизация процессов искусственного освещения и облучения, используемая в связи с высокими эксплуатационными затратами электродосвечивания в основном при выращивании рассады, предполагает управление по временной программе с целью оптимального чередования длительности облучения и теневой паузы с учетом фотопериодического эффекта. Исследуется также возможность автоматического управления дозой, спектральным составом и интенсивностью облучения растений в теплицах.

Автоматическое управление содержанием углекислого газа в атмосфере (газовым составом) теплиц преследует цель повышения интенсивности фотосинтеза. Углекислый газ получают в специальных газогенераторах и в соответствии со специальной временной программой подают в теплицу в количестве 2–3 л на 1 м<sup>3</sup> ее объема при определенной степени вентиляции и отсутствии в теплице обслуживающего персонала. [4].

#### ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА

Вентиляция теплицы может осуществляться естественным и принудительным путем за счет вентиляторов [4]. Увлажнение воздуха происходит посредством распыления воды через форсунки. Форсунки закреплены на водопроводах, проходящих по площади всей теплицы. Излишки воды, которые образуются на конструкциях теплицы при



распылении или конденсации удаляются в канализацию по специально устроенным желобам. Для увлажнения воздуха и полив почвы вода предварительно подогревается до температуры 16...25 °С и из водоподогревателя подается насосной станцией под постоянным давлением. Схема оборудования тепличного комплекса представлена на рисунке 1.

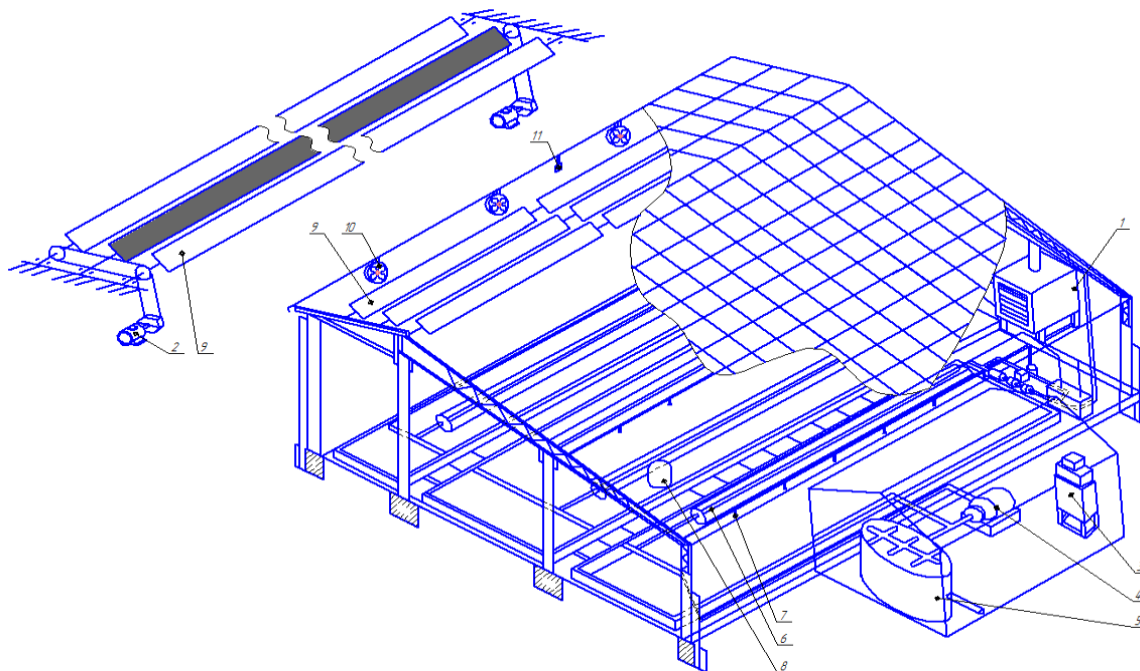


Рисунок 1. Схема оборудования теплицы

1- калорифер; 2- привод поворота жалюзи; 3- шкаф управления; 4- водяной насос; 5- водонагревательный элемент; 6- желоб; 7- туманообразующие распылители воды; 8- шкаф с датчиками; 9- жалюзи; 10 – осевой вентилятор; 11 – датчик температуры.

Оборудование охлаждения и обогрева теплицы состоит из электрических нагревателей и регулятора типа РТИ-3. Принципиальная схема управления микроклиматом теплицы представлена на рисунке 2.

Аварийный блок необходим для подачи сигналов аварии при замыкании контактов подключенного на вход блока термоконтактора КТ1 с температурой контактирования 28,3° С. Цепочка РС, шунтирующая термоконтактор, – искрогасящая.

Если температура в теплице составляет 28,3 °С (в точке установки термоконтактора КТ1), термоконтактор КТ1 замыкает цепь реле Р1, в результате чего загорается сигнальная лампочка Л1 («Авария»). Реле Р2 размыкающими контактами Р2 включает тяговый магнит ТМ, замыкающими контактами Р2 отключает регулятор РТИ-3 и размыкающими контактами включает общий для всех камер звонок.

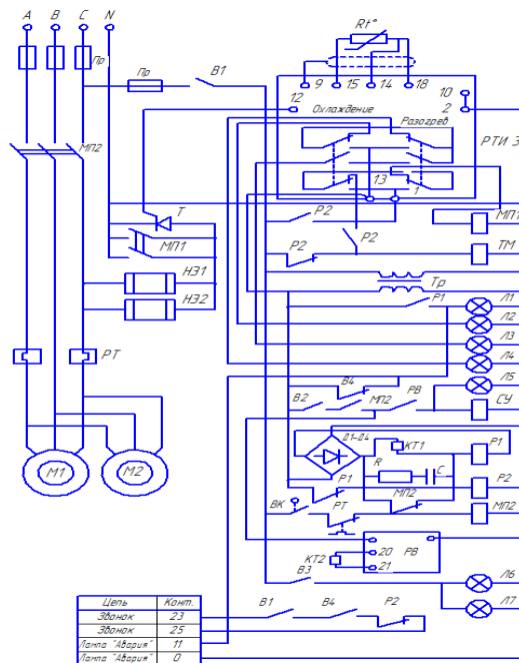


Рисунок 2. Принципиальная схема управления микроклиматом теплицы

Принципиальная схема регулятора представлена на рисунке 3.

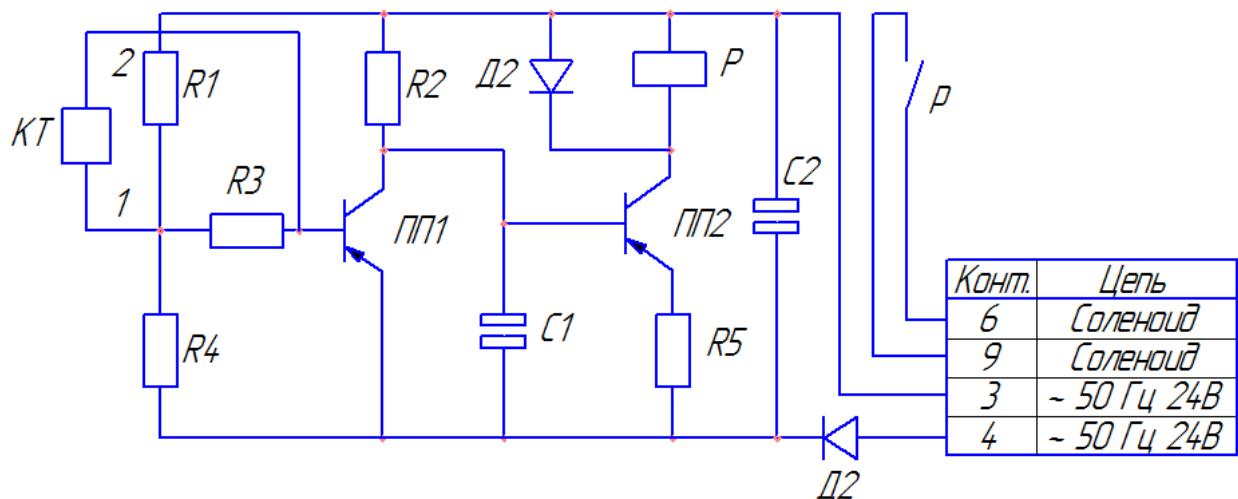


Рисунок 3. Схема регулятора влажности

Установка имеет следующие блокировки: отключение нагревательных элементов в случае обрыва фазы или выходе из строя элементов схемы пуска электродвигателя вентилятора. В первом случае срабатывает тепловое реле ТРН, которое отключает катушку магнитного пускателя МП2. Пускатель МП2 своими контактами включает Р1.

Схема оснащена световой сигнализацией, она осуществляется лампами накаливания, смонтированными на панели пультов:

- «Разогрев» - на полную мощность работают нагревательные элементы;
- «Норма» - нагревательные элементы либо работают на 50%, либо отключены;
- «Охлаждение» - работает охлаждение (вентиляция). Нагревательные элементы выключены;

«Влажность» - работает соленоид увлажнения СУ;

«Авария» - включается контактами реле Р1 одновременно со звуковой сигнализацией.

### ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ КЛИМАТА

Технико-экономические расчеты позволяют определить эффективность проекта, которая характеризуется следующими показателями:

- снижение затрат на традиционные теплоносители
- повышение производительности труда;
- использование полезной площади покрытия теплицы;
- время окупаемости капиталовложений.

Рассчитаем потребление электрической энергии теплицей за сутки по формуле:

$$W_c = P * t, \quad (1)$$

где P – потребляемая мощность за сутки, кВт;

t – время работы установок в сутки, ч;

Потребление электроэнергии составляет:

$$W_c = 113 * 13 = 1469 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Рассчитаем потребление электрической энергии за год по формуле

$$W_n = K_c * N, \quad (2)$$

где  $W_n$  – годовое потребление электроэнергии, кВт·ч;

N – количество дней работы.

Годовое потребление электроэнергии составляет, [6]:

$$W_n = 1469 * 240 = 352560 \text{ кВт}.$$

Рассчитаем годовые затраты на электроэнергию:

$$\mathcal{E}_r = W_n * C \quad (3)$$

где C- цена электроэнергии, по данным предприятия 7,68 руб/кВт·час.

$$\mathcal{E}_r = 352560 * 7,68 = 2707660,8 \text{ руб}.$$

Так как жалюзи покрывают 14,8% площади крыши теплицы и согласно расчетам, благодаря применению жалюзи температура внутри теплицы без дополнительных затрат на отопление возрастает на 8,7 °С. Согласно справочной литературе [7] экономия затрат электроэнергии составляет 11% т.е. 297 842,70 руб.

Тогда годовые затраты на электроэнергию с учетом использования жалюзи составляют:  $\mathcal{E}_r = 1302180$  руб. экономия составляет 160944 руб.

Затраты на жалюзи включая комплектующие рассчитаем по формуле:

$$K = C_{об} + C_{тр} + C_{мн} \quad (4)$$

где  $C_{об}$  – стоимость оборудования, руб;

$C_{тр} = 0,12 * C_{об}$  – стоимость транспортировки, руб;

$C_{мн} = 0,15 * C_{об}$  – стоимость монтажа и наладки, руб.

Затраты на жалюзи составляют:

$$K = 61300 + 7356 + 9195 = 77860 \text{ руб}.$$

Эксплуатационные затраты:

$$\mathcal{E}З = 3П + А + ТР + C_{э} \quad (5)$$

где ЗП – затраты на выплату заработной платы оператору,  
 $C_{э\text{э}}$  –затраты на электроэнергию, руб.

$$\text{ЗП} = \text{ЗТ} * t_{\text{ст}} * K_{\text{сл}} * K_{\text{у}} * K_{\text{доп}} * K_{\text{есн}} \quad (6)$$

ЗТ – затраты труда в чел. ч.,

$$\text{ЗТ} = N * t_{\text{р}} \quad (7)$$

$N$  – число операторов,  $N=1$  чел.,

$t_{\text{р}}$  – время работы оператор в сутки,  $t_{\text{р}}=3$ ч.

$\text{ЗТ} = 1 * 3 = 3$  чел. ч.

Годовые затраты труда, [7]:

$$\text{ЗТ}_{\text{год}} = 3 * 295 = 885 \text{ чел.} \cdot \text{ч.}$$

$t_{\text{ст}}$  – тарифная ставка,  $t_{\text{ст}}=5,3$  руб;

$K_{\text{сл}}$  – коэффициент сложности, для сельского хозяйства  $K_{\text{сл}}=1,8$ ;

$K_{\text{у}}$  – региональный коэффициент,  $K_{\text{у}}=1,15$ ;

$K_{\text{доп}}$  – коэффициент доплаты,  $K_{\text{доп}}=1,4$ ;

$K_{\text{есн}}$  – единый социальный налог,  $K_{\text{есн}}=1,261$ .

Получим:

$$\text{ЗП} = 885 * 5,3 * 1,8 * 1,15 * 1,4 * 1,261 = 17141 \text{ руб.}$$

Определим расходы на амортизацию оборудования, руб.:

$$A = \frac{K \cdot a}{100} \quad (8)$$

где  $K$  – капитальные вложения, руб.,

$a$  – процент амортизационных отчислений,  $a=12,5\%$ .

Тогда:

$$A = \frac{77860 * 12,5}{100} = 9732 \text{ руб.}$$

Расходы на текущий ремонт, руб.

$$TP = \frac{K * b}{100} \quad (9)$$

где  $b$  – процент отчислений на текущий ремонт  $b=3\%$  от первоначальной стоимости.

$$TP = \frac{77860 * 3}{100} = 2336 \text{ руб.}$$

Получим:

$$\text{ЭЗ} = 17141 + 9732 + 2336 + 597 = 29806 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости капитальных вложений составит, [8]:

$$T_0 = \frac{K}{\text{Э}} \quad (10)$$

где  $K$  – капиталовложения на жалюзи, руб;

$\text{Э}$  – экономический эффект.

Следовательно,

$$T_0 = \frac{77860}{160944} = 0,48 \text{ года.}$$

Таблица 1. Экономическая эффективность использования жалюзи

Показатели	Варианты теплиц	
	Без использования жалюзи	С использованием жалюзи
Капиталовложения в жалюзи, руб.	-	77860
Годовые затраты на электроэнергию, руб.	1463124	1302180
Экономический эффект, руб.	-	160944
Эксплуатационные затраты	-	20986
Срок окупаемости капитальных вложений, лет.	-	0,48

**Заключение.** Аналитические исследования выполненные в этом направлении позволяют обосновать перспективность предлагаемых решений и получения эффективности за счет использования нетрадиционных источников энергетики.

#### Список использованной литературы.

1. Аутко А.А. Тепличное овощеводство [Текст] /А.А. Аутко, Н.Н. Долбик, И.П.Козловская – М.: УП «Технопринт». - 2009. – 244 с.
2. Брызганов В.А. Овощеводство защищенного грунта [Текст] / В.А. Брызганов, В.Е. Советкина, Н.И. Савинова. – Л.: КолосС. - 2007. – 352 с.
3. Каганов И.Л. Курсовое и дипломное проектирование [Текст] / И.Л. Каганов – М.: Агропромиздат, 2008. – 351 с.
4. Кудрявцев И.Ф. Электрооборудование и автоматизация сельскохозяйственных агрегатов и установок [Текст] / И.Ф Кудрявцев – М.: Агропромиздат, 2009. – 260 с.
5. Суворин А. В. Электротехнологические установки [Текст] / А. В. Суворин – Красноярск.: Сиб. федер. ун-т, 2011. - 376 с.
6. Багаев А.А. Электротехнология [Текст] / А.А. Багаев, А.И. Багаев, Л.В. Куликова – Барнаул.: Алт. гос. аграр. ун-т. - 2011. – 315 с.
7. Белов А.А. Методические указания по расчету экономической эффективности сельскохозяйственных предприятий [Текст] / А.А. Белов - Белгород: БелГСХА им. В.Я.Горина, 2011. – 43 с.
8. Шевцова М.И. Экономика сельскохозяйственного производства [Текст] / М.И. Шевцова, А.П. Краммер, А.Н. Свиридов - М.: КолосС. - 2011. – 185 с.

#### References.

1. Outko A.A. Greenhouse vegetable growing [Text] /A.A. Outko, N.N. Dolbik, I.P. Kozlovskaya – М.: UP "Technoprint". - 2009. – 244 p.
2. Bryzganov V.A. Vegetable growing of protected soil [Text] / V.A. Bryzganov, V.E. Sovetkina, N.I. Savinova. – L.: KolosS. - 2007. – 352 p.
3. Kaganov I.L. Course and diploma design [Text] / I.L. Kaganov – М.: Agropromizdat, 2008. – 351 p.

4. Kudryavtsev I.F. Electrical equipment and automation of agricultural units and installations [Text] / I.F. Kudryavtsev – M.: Agropromizdat, 2009.–260 p.
5. Suvorin A.V. Electrotechnological installations [Text] / A.V. Suvorin – Krasnoyarsk.: Sib. feder. Univ., 2011. - 376 p
6. Bagaev A.A. Electrotechnology [Text] / A.A. Bagaev, A.I. Bagaev, L.V. Kulikova – Barnaul.: Alt. state Agrarian University. Univ. - 2011. – 315 p.
7. Belov A.A. Methodological guidelines for calculating the economic efficiency of agricultural enterprises [Text] / A.A. Belov - Belgorod: BelGSHA named after V.Ya.Gorin, 2011. – 43 p.
8. Shevtsova M.I. Economics of agricultural production [Text] / M.I. Shevtsova, A.P. Krammer, A.N. Sviridov - M.: KolosS. - 2011. – 185 p.

Научная статья

УДК:339.13

*Д.Д. Шухатова, М.А. Левин*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## **ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ КОМПЛЕКСА ОСВЕЩЕНИЯ ПЕРЕПЕЛИНОЙ ФЕРМЫ**

**Аннотация.** Данная статья посвящена выбору элементов комплекса освещения для выращивания перепелов. Роль солнца в птичнике заменяет искусственный свет, ведь перепелки несутся в светлое время суток и свет сильно влияет на их жизнедеятельность, и соответственно на продуктивность. Мы предлагаем на базе таймера времени и программируемого драйвера светодиодных источников света сформировать комплекс искусственного освещения имитации рассвета и заката.

**Ключевые слова:** комплекс искусственного освещения, перепелиная ферма, светодиодное освещение.

*D.D. Shukhatova, M.A. Levin*

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## **SELECTING ELEMENTS OF A LIGHTING COMPLEX FOR A QUAIL FARM**

**Annotation.** This article is devoted to the correct choice of lighting system for growing quails. The role of the sun in the poultry house is replaced by artificial light, because quails lay eggs during daylight hours and light greatly affects their life activity, and, accordingly, productivity. We propose, based on a time timer and a programmable driver of LED light sources, to create a complex of artificial lighting simulating dawn and sunset.

**Keywords:** artificial lighting complex, quail farm, LED lighting.

**Введение.** В условиях развития птицеводства современные птичники представляют собой изолированные от внешней среды системы, в которых создается управляемый человеком микроклимат, направленный на повышение производственных показателей. Важное место занимает перспективная отрасль - перепеловодство.

Наличие достаточного количества света, настоятельно рекомендуется для производства яиц ваших перепелов. Наличие окон не играет большой роли в жизни перепела. Свет может быть искусственным, установив таймер включения света, легко организовать режим освещения. Для искусственного

освещения преимущественно используют светодиодные источники света со световым потоком 400 – 600 Лм. Яркость или световой поток зависит от площади помещения, высоты подвеса и т.д.

Производство яиц также зависит от температуры, питания птиц, достатка воды, ухода и надлежащего содержания.

Наибольшая производительность наблюдается у перепелов при 20 часовом световом дне со следующим режимом [1]:

- световой день – 18 часов;
- темнота – 2 часа;
- свет – 2 часа;
- темнота – 2 часа.

Обеспечение оптимальных световых режимов при выращивании перепелов имеет ряд особенностей и требует более тщательного подхода при выборе оборудования, чем при выращивании других видов сельскохозяйственной птицы. Нормы освещенности составляют 25-30 люкс при содержании яичных пород, и 30-35 люкс при выращивании перепелов на мясо. Эти уровни должны обеспечиваться в кормовом желобе и на линии поения. Но конструктив клетки, как правило, не позволяет выполнять данное требование и при организации освещения приходится искать компромиссы.

**Методика исследований.** Светодиодное освещение птичников за счет направленного излучения дает лучшее распределение света по ярусам, особенно при использовании длинных линейных светильников. После того как перепела подрастут и запомнят, где находится поилка, освещенность можно будет уменьшить. Если же осветить корм по нормативам, то уже на расстоянии 5-10 см от прохода люксметр покажет «0», и поиск воды в глубине клетки превратится для птиц в проблему.

Есть еще вариант освещения перепелиного птичника вертикальными люминесцентными светильниками, которые просветят клетку насквозь. Однако, в этом случае яркий прямой свет будет слепить глаза, а корм при этом останется в тени, что затруднит поиск не только воды, но и еды [2].

Тип искусственного света, заменяющий естественный, благотворно влияет на развитие жизнедеятельности перепелов. Наиболее подходящим источником света являются светодиодные лампы, потому как экономичные и долговечные в использовании. Для птиц важно, чтобы источник света обеспечивал необходимую длину волны для оптимального роста перепелов.

Правильный выбор светового оборудования для выращивания перепелов может оказать существенное влияние на эффективность производства и система освещения птичника не должна рассматриваться, как второстепенная, равномерное распределение света на всех уровнях и по всей площади. Для пространства требуются менее направленные светильники, которые рассеивают лучи шире.

Предлагаю комплекс искусственного освещения имитации рассвета и заката и плавного включения светодиодов на базе БРЗ-4 (рисунок 1).



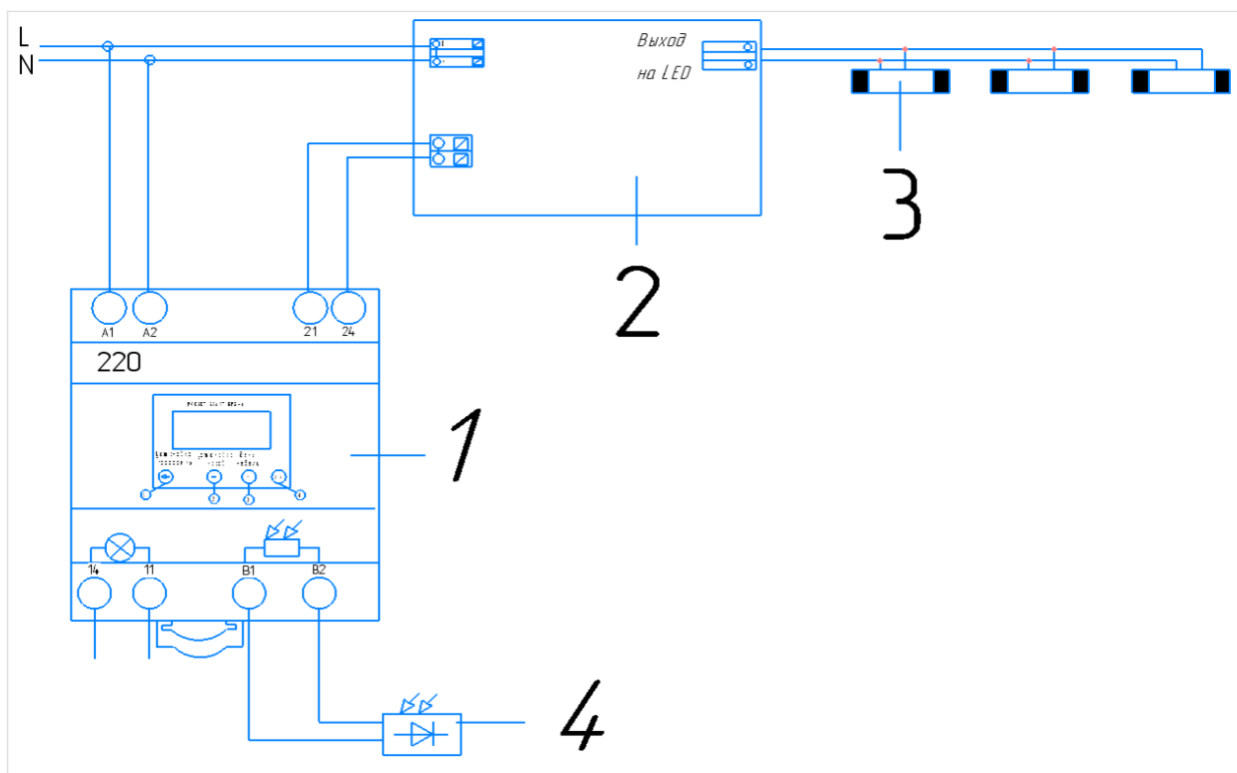


Рисунок 1. Компонновка комплекса искусственного освещения имитации рассвета и заката

1-программируемый таймер; 2-блок регулирования уровня освещенности; 3-светодиодные источники света; 4-фотодатчик.

Технически данный комплекс совместим с большинством видов светильников в том числе светодиодных [3].

Наличие датчика освещенности позволяет экономить электрическую энергию при наличии естественного освещения. Применение подобного прибора позволит увеличить прирост массы птицы на несколько процентов.

Таймер для искусственной имитации рассвета и заката и плавного включения, и выключения освещения для светодиодных ламп БРЗ-4, предназначен для применения в курятниках, террариумах, мини теплицах и других помещениях, где необходима данная функция. Таймер может использоваться как с обычными лампами накаливания, так и с диммируемыми светодиодными лампами.

Дополнительный выход блока (1) 0-10 Вольт позволяет управлять управляемыми блоками питания 12-24 вольта для питания светодиодных лент любой мощности. В качестве индикатора в таймере применен четырехразрядный светодиодный индикатор, на котором постоянно отображается текущее время.

Таймер можно настроить на генерацию до четырех рассветов-закатов. Так же настраивается длительность цикла рассвет и закат. Устройство позволяет вручную включать и выключать свет в помещении.

Таймер рассчитан на применение в помещениях как без естественного освещения, так и с естественным освещением. При наличии естественного освещения можно подключить выносной фотодатчик, который должен быть

установлен как можно ближе к окну с солнечной стороны, и обращен в сторону от лампочки [4]. При подключении выносного фотодатчика, таймер контролирует уровень естественного освещения, и для экономии электроэнергии, отключает свет в светлое время суток. Так, при восходе солнца, таймер плавно отключает свет (генерирует закат), и, наоборот, при закате, если в это время по программе должно быть еще светло, плавно включает свет (генерирует рассвет). Естественный и искусственный свет накладываются друг на друга, и при восходе и закате солнца уровень освещенности в помещении меняется незначительно, без резких скачков.

**Заключение.** Применение комплекса освещения перепелиной фермы на базе программируемого таймера с применением драйверов светодиодных светильников вертикального типа позволит повысить эффективность выращивания перепелов до 20% при снижении естественного падежа птицы на 10% при минимальных затратах. Окупаемость подобных решений укладывается в 1 год.

### **Список использованной литературы.**

1. Кочиш, И. И. Птицеводство: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Зоотехния" / И. И. Кочиш, М. Г. Петраш, С. Б. Смирнов; под ред. Кочиша И. И. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: КолосС, 2007. - 414, ISBN 978-5-9532-0495-8

2. Электроснабжение перепелиной фермы возобновляемыми источниками электроэнергии Внуков Е.В., Левин М.А. В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2022. С. 30-33.

3. Применение современных энергосберегающих систем управления уличным освещением / И.М. Маркин, М.А. Левин // в сборнике: «Актуальные проблемы энергетики АПК». Материалы VIII международной научно-практической конференции. Саратов, 2017. - С. 171-174.

4. Левин, М. А. Сравнение типов систем освещения в теплице / М. А. Левин, Т. И. Третьякова // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы XIV Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 28 апреля 2023 года / Под общей редакцией С.М. Бакирова. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2023. – С. 173-176. – EDN SVXSSL.

### **References.**

1. Kochish, I. I. Poultry farming: a textbook for students of higher educational institutions studying in the specialty "Animal science" / I. I. Kochish, M. G. Petrash, S. B. Smirnov; ed. Kocisha I. I. - 2nd ed., reprint. and add. - Moscow: KolosS, 2007. - 414, ISBN 978-5-9532-0495-8

2. Power supply of the quail farm with renewable sources of electricity Vnukov E.V., Levin M.A. In the collection: Actual problems of agro-industrial

complex energy. Materials of the XIII National Scientific and Practical Conference with international participation. Saratov, 2022. pp. 30-33.

3. Application of modern energy-saving street lighting control systems / I.M. Markin, M.A. Levin // In the collection: "Actual problems of agro-industrial complex energy". Materials of the VIII International scientific and practical conference. Saratov, 2017. - pp. 171-174.

4. Levin, M. A. Comparison of types of lighting systems in a greenhouse / M. A. Levin, T. I. Tretyakova // Actual problems of agricultural energy: Materials of the XIV National Scientific and Practical Conference with international participation, Saratov, April 28, 2023 / Under the general editorship of S.M. Bakirov. – Saratov: Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, 2023. – pp. 173-176. – EDN SVXSSL.

Научная статья  
УДК 630.228.7

*Е.А. Четвериков*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## **РАСЧЕТ ПРОЦЕССА КОМБИНИРОВАННОЙ СУШКИ ТОВАРНОГО ЗЕРНА В УСТАНОВКАХ КОНВЕЙЕРНОГО ТИПА**

**Аннотация.** В статье рассмотрены результаты разработки модели комбинированной микроволново-конвективной сушки зерновой продукции в установках, где продукт перемещается внутри рабочей камеры, поочередно достигая минимумов и максимумов воздействия электромагнитного поля СВЧ диапазона. В ходе исследований установлено, что рациональным для этих целей является использование рабочей камеры, выполненной в виде прямоугольного резонатора. Разработанная математическая модель позволяет производить технический расчет для установок конвейерного типа – например для барабанных и шахтных зерносушилок, где продукт перемещается горизонтально. Ввиду большого количества металлических конструкций внутри камер сушки, рабочую камеру предложено реализовать в виде отдельного блока, осуществляющего стимулирование выхода влаги на поверхность продукта.

**Ключевые слова:** сушка зерна, СВЧ сушка, зерносушильные комплексы, расчет установок сушки, микроволновые технологии, моделирование процесса сушки, микроволново-конвективная сушка.

*Е.А. Chetverikov*

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

## **CALCULATION OF THE COMBINED DRYING PROCESS OF COMMERCIAL GRAIN IN CONVEYOR-TYPE INSTALLATIONS**

**Abstract.** The article discusses the results of the development of a model of combined microwave-convective drying of grain products in installations where the product moves inside the working chamber, alternately reaching the minima and maxima of exposure to the electromagnetic field of the microwave range. In the course of research, it was found that it is rational for these purposes to use a working chamber made in the form of a rectangular resonator. The developed mathematical model makes it possible to perform technical calculations for conveyor-type installations - for example, for drum and shaft grain dryers, where the product moves horizontally. Due to the large number of metal structures inside the drying chambers,

it is proposed to implement the working chamber as a separate unit that stimulates the release of moisture to the surface of the product.

**Keywords:** grain drying, microwave drying, grain drying complexes, calculation of drying plants, microwave technologies, modeling of the drying process, microwave convective drying.

**Введение.** Сушка продукции растительного сырья за счет энергии микроволнового электромагнитного (ЭМ) поля характеризуются выделением тепла в областях сосредоточения влаги внутри продукта, что делает возможным значительно уменьшить время воздействия относительно других видов сушки в том числе наиболее распространенного - конвективного. Существенным минусом микроволнового обезвоживания выступает неравномерный нагрев внутренних слоев продукта, который сильно заметен в установках, где продукт располагается неподвижно в процессе сушки. Примером могут служить сушильные шкафы для малых фермерских хозяйств. В связи с этим в настоящей статье предлагается рассмотреть процессы микроволново-конвективной сушки, протекающие в рабочих камерах установок, где продукт находится в движении.

**Цель исследования** – изучить параметры сушки товарного зерна микроволновым полем в установках конвейерного типа, разработать математическую модель процесса сушки.

**Методика исследований.** Микроволновые камеры сушки (МКС) в сушильках с неподвижным продуктом как правило выполнены в виде прямоугольного резонатора, на 60 и более процентов заполненных сушимым продуктом. Чем более влажный продукт или отдельные его области, тем эффективнее происходит поглощение СВЧ поля продуктом, а, следовательно, сильнее происходит внутренний разогрев, однако скорость выхода испаренной влаги при этом снижается. Происходит это из-за того, что в МКС максимальное поглощение микроволновой энергии происходит в точках наибольшего сосредоточения влаги при резонансе, когда величина амплитуды электромагнитного поля, определяющая нагрев, достигает максимума, но при этом происходит наибольший разброс по температуре нагрева, так как микроволновое поле в основном характеризуется стоячими волнами, что ведет к сильной изрезанности интенсивности поля по площади продукта. Данной проблеме посвящено множество работ отечественных и зарубежных авторов. На основании их опыта можно сделать заключение, что одновременно повысить равномерность распределения СВЧ поля в продукте и сохранить эффективный КПД передачи микроволновой энергии в сушимый продукт, при подводе микроволновой энергии в МКС за счет диэлектрического отверстия камеры, представляется не реализуемой практической задачей.

Так же можно охарактеризовать процесс сушки в установках, где продукт располагается на транспортере и перемещается внутри МКС. Конструкция их реализована на основе широко распространенных прямоугольных, цилиндрических, коаксиальных или желобковых волноводах [1,5,6]. Примером здесь могут служить конвейерные установки сушки зерна шахтного и барабанного типов. Использование в них рабочих камер СВЧ для

сушки конвективным способом маловероятно ввиду большого количества металлических конструкций внутри. В это связи блок СВЧ нагрева выносится как отдельная конструкция и используется для стимулирования выхода влаги на поверхность продукта сушки. Такие устройства имеют самое широкое применение в сельскохозяйственном производстве при постоянном воздействии СВЧ энергией на зерновую и другую продукцию с твердыми сыпучими плодами. Как правило конструктивно установки реализуются в комбинированном последовательном сочетании с конвективным воздействием [9,10]. Изрезанность нагрева в таких устройствах происходит из-за затухания основной моды колебания в направлении распространения. Использование МКС в виде тора немного снижает неравномерность нагрева, но на небольшой процент. Стоит обратить внимание, что в отличие от СВЧ-устройств с неподвижным продуктом во время рабочего процесса, конструктивно являющихся сушилками универсального применения и предназначены для сушки широкого спектра сельскохозяйственной продукции различной начальной влажности, устройства с подвижным продуктом, являются сушилками целевого применения и предназначены для СВЧ сушки как правило товарного зерна естественной влажности, либо для экзотических видов продукции – например семян расторопши для попадания в узкий диапазон 5-6% по конечной влажности, технологически необходимый для качественного получения продуктов переработки – лечебных масел и БАДов.

На основании опыта многих исследователей в этой области [14-15] можно сделать вывод, что обеспечить изрезанность поля по площади сушимого продукта в процентном соотношении не более 15%, возможно только в МКС, выполненных на основе не типичных волноводов сложного поперечного сечения (ВСС), в которых чётко выражен ёмкостной зазор, а электрическая составляющая микроволнового поля основной моды колебания однородна.

Следовательно, повышение качества технологического процесса обезвоживания сельскохозяйственной продукции в СВЧ-установках сушки посредством совершенствования способов решения внутренней краевой задачи электродинамики и теплопроводности (ВКЗЭиТ) и оптимизации систем возбуждения ЭМ поля в РК и модернизации конструкций рабочих камер СВЧ-установок сушки конвейерного типа является важной народно-хозяйственной задачей.

Рассмотрим математическое описание процесса преобразование микроволнового поля в тепловую энергию с материалом, в котором содержится внутренняя связанная влага, учитывающее конструктивные нюансы СВЧ-устройств неподвижного и динамические перемещающегося продукта, а также физические свойства обрабатываемого материала. При этом основной задачей, общей для указанных устройств, является одновременное повышение уровня равномерности нагрева и КПД, то есть улучшение выходных характеристик электротехнологического процесса термообработки. Пути решения данной задачи принципиально отличаются для СВЧ-устройств стационарного типа и конвейерного типа. В устройствах СТ снижение уровня

изрезанности поля и повышения КПД может быть достигнуто путём модернизации и совершенствования способов подвода поля в МКС, в то время как в СВЧ-устройствах динамического типа – путём использования ВСС и определения формы продольного профиля МКС, при котором обеспечивается равномерное тепловыделение по ширине образца.

При этом для СВЧ-устройств СТ при определении эффективности использования распределённых СВ было предложено использовать конструкцию рабочей камеры (рисунок 1), представляющую собой прямоугольный резонатор, на нижней стенке которого расположена прямоугольная диэлектрическая пластина (ПДП) с неизменными в процессе нагрева физическими свойствами, имитирующая расположенный на конвейере продукт.

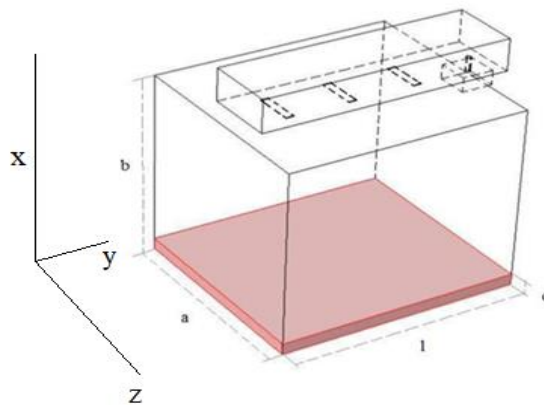


Рисунок 1. Модель рабочей камеры с системой подвода СВЧ энергии в виде щелей

Такая модель (рисунок 1) допускает аналитическое решение ВКЗиЭ при использовании продольной поляризации ЭМ поля –  $E_y$ ,  $H_y$  и представлении искомого решения в виде суперпозиции мод Е и Н-типов, при этом остальные компоненты ЭМ поля определяются из первых двух уравнений Максвелла следующим образом:

$$E_x = \frac{1}{\chi_{\perp}^2} \left[ \frac{\partial E_y}{\partial x \partial y} + j\omega\mu \frac{\partial H_y}{\partial z} \right]; E_z = \frac{1}{\chi_{\perp}^2} \left[ \frac{\partial E_y}{\partial x \partial z} + j\omega\mu \frac{\partial H_y}{\partial x} \right]; \quad (1)$$

$$H_x = \frac{1}{\chi_{\perp}^2} \left[ \frac{\partial H_y}{\partial x \partial y} + j\omega\varepsilon \frac{\partial E_y}{\partial z} \right]; E_y = \frac{1}{\chi_{\perp}^2} \left[ \frac{\partial E_y}{\partial x \partial y} + j\omega\varepsilon \frac{\partial E_y}{\partial x} \right].$$

где  $\chi_{\perp}$  – поперечное число ( $\chi_{\perp}^2 = K_x^2 + K_z^2$ );  $K_x$ ,  $K_z$  – волновые числа по координатным направлениям  $x$ ,  $z$ ;  $\varepsilon$ ,  $\mu$  – диэлектрическая и магнитная проницаемость среды;  $E$  и  $H$  – вектора напряжённости электрического и магнитного полей. ВКЗЭ для продольной поляризации может быть представлена в виде:

$$\begin{aligned} \nabla^2 E_{yi}(\vec{r}, \tau) + K_i^2 E_{yi}(\vec{r}, \tau) &= F_{yi}^{(J)}(\vec{r}, \tau) \\ \nabla^2 H_{yi}(\vec{r}, \tau) + K_i^2 H_{yi}(\vec{r}, \tau) &= F_{yi}^{(M)}(\vec{r}, \tau) \end{aligned} \quad (2)$$

$$F_{yi}^{(\ominus)} = \begin{cases} 0 & (i = 1) \\ \mu_0 \frac{\partial j_{y cm}}{\partial \tau} + \frac{1}{\varepsilon_0} \text{grad}_3 \rho_{cm} & (i = 2) \end{cases}; F_{yi}^{(\text{M})} = \begin{cases} 0 & (i = 1) \\ \text{rot} j_{y cm} & (i = 2) \end{cases} \quad (3)$$

$$K_i^2 = \begin{cases} \omega^2 \varepsilon_0 \mu_0 & (i = 1) \\ \omega^2 \varepsilon_0 \mu_0 & (i = 2) \end{cases},$$

где  $i=1$  определяет воздушную среду, а  $i=2$  ПДП;  $K^2$  – обобщенное волновое число;  $j_{cm}$ ,  $\rho_{cm}$  – сторонние токи и заряды, определяющие источники ЭМ поля. Решения волновых уравнений системы (2) должны удовлетворять следующим граничным условиям на металлической поверхности РК – S1 и на поверхности раздела сред – S2:

$$\begin{aligned} \vec{E}_\tau(\vec{r}, \tau) = 0, \frac{\partial \vec{H}_n(\vec{r}, \tau)}{\partial n} = 0 \Big|_{\text{на } S_1} \\ \vec{E}_{\tau 1}(\vec{r}, \tau) = \vec{E}_{\tau 2}(\vec{r}, \tau); \vec{H}_{\tau 1}(\vec{r}, \tau) = \vec{H}_{\tau 2}(\vec{r}, \tau) \Big|_{\text{на } S_2} \end{aligned} \quad (4)$$

Спектр собственных частот и структура ЭМ поля E-типов колебаний определяется первым уравнением соотношения (2) при условии  $F_{yi}^{(\ominus)} = 0$  и  $H_{yi} = 0$ . Проведя решение однородного волнового уравнения для  $E_{yi}$  методом разделения переменных и удовлетворяя полученное решение граничному условию (4), получим:

$$E_{yi}(x, y, z) = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{p=1}^{\infty} E_{yimrp}(x, y, z) \quad (5)$$

где:

$$E_{yimrp}(x, y, z) = (E_{y0})_{mnp} \times \sin \frac{m\pi}{a} x \times (a_{1i} \times \cos K_{yni} y + b_{1i} \times \sin K_{yni} y) \sin \frac{p\pi}{l} z \quad (6)$$

Удовлетворяя решение (7) граничным условиям (4) по направлению  $y$ , получим дисперсионное уравнение для определения  $K_{yni}$ :

$$\text{tg}(K_{yn1}(b-d)) = -\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \cdot \sqrt{\frac{\omega_{mnp}^2 \Delta \varepsilon \mu}{K_{yn2}^2} + 1} \cdot \text{tg}(K_{yn1}d) \cdot \sqrt{\frac{\omega_{mnp}^2 \Delta \varepsilon \mu}{K_{yn2}^2} + 1} \quad (7)$$

где  $\Delta \varepsilon = \varepsilon_2 - \varepsilon_1$ . При этом спектр собственных частот определяется из обобщённого дисперсионного уравнения:

$$\omega_{mnp} = \frac{1}{\varepsilon_1 \mu_0} \sqrt{\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + K_{yn1}^2 + \left(\frac{p\pi}{l}\right)^2} \quad (8)$$

Решение неоднородного уравнения для  $E_{yi}$  представим в виде суперпозиции ортонормированных функций по координатному направлению  $Y$  и ортогональных функций  $X, Z$ :

$$\begin{aligned} E_{yi}(x, y, z, \tau) = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{p=1}^{\infty} T_{mnp}(\tau) \cdot \Phi_{yni}(y) \cdot \text{Cos} \frac{m\pi}{a} x \cdot \text{Cos} \frac{p\pi}{l} z; \\ \Phi_{yni}(y) = \begin{cases} \text{Sin } K_{yn1} y & \text{при } i = 2; \\ \text{Sin } K_{yn2}(b-y) & \text{при } i = 1; \end{cases} \end{aligned} \quad (9)$$



Подставляя соотношение (11) в уравнение (2) для  $E_{yi}(x, y, z, \tau)$  получим

$$(F_{yi}^{(3)})_{cm}(x, y, z, \tau) = \varepsilon_i \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{p=1}^{\infty} (T''_{mnp}(\tau) + \omega_{mnp}^2 T_{mnp}(\tau)) \cdot \Phi_{yni}(y) \cdot \sin \frac{m\pi}{a} x \cdot \sin \frac{p\pi}{l} z \quad (10)$$

Соотношение (12) есть разложение функции источника ЭМ поля в ряд Фурье по собственным ортогональным функциям. Применяя обратное преобразование Фурье, получим:

$$T''_{mnp}(\tau) + \omega_{mnp}^2 T_{mnp}(\tau) = \vartheta_{mnp}(\tau) \quad (11)$$

где:

$$\begin{aligned} (\vartheta_{mnp})_i(\tau) &= \frac{1}{\varepsilon_i \mu} \cdot \frac{1}{(W_{mnp})_i^2} \int_0^a \int_0^b \int_0^l (F_{yici}^{(M)}(x, y, z, \tau)) \cdot \Phi_{yni}(y) \cdot \cos \frac{m\pi}{a} x \cdot \cos \frac{p\pi}{l} z dx dy dz \\ (W_{mnp})_i^2 &= \int_0^a \int_0^b \int_0^l (\Phi_{yni}^2(y) \cdot \cos^2 \frac{m\pi}{a} x \cdot \cos^2 \frac{p\pi}{l} z) dx dy dz \end{aligned} \quad (12)$$

Решение уравнения (13), проведенное методом вариации произвольной постоянной, имеет вид:

$$T_{mnp}(\tau) = \frac{1}{\omega_{mnp}} \int \vartheta_{qmp}(\tau) \cdot \sin \omega_{mnp}(\tau - \xi) d\xi + c_0 \quad (13)$$

Определив  $E_{yi}$  с помощью соотношений (1), найдём ЭМ поле в образце, что однозначно определяет тепловой источник в образце. Аналогично проводится и решение ВКЗЭ для Н-типов колебаний.

Аналогичным образом решается ВКЗТ. Тепловое поле в образце определяется решением уравнения теплопроводности:

$$\frac{1}{a_T^2} \frac{\partial t(x, y, z, \tau)}{\partial \tau} = \nabla^2 t(x, y, z, \tau) + \frac{q_V(x, y, z, \tau)}{\lambda_T} \quad (14)$$

где  $a_T$ ,  $\lambda_T$  – коэффициенты температуропроводности и теплопроводности;  $q_V$  – удельная плотность тепловых источников:

$$q_V(x, y, z, \tau) = 0,5 \frac{\varepsilon_M'' \omega}{V_M} (|E_x|^2 + |E_y|^2 + |E_z|^2) \quad (15)$$

при этом составляющие ЭМ поля  $E_x$ ,  $E_y$ ,  $E_z$  определяются из решения ВКЗЭ. Основной теплообмен нагреваемой пластины с окружающей средой наблюдается со стороны верхней и нижней поверхностей по закону Ньютона-Рихмана, при этом считается, что торцевые поверхности пластины теплоизолированы:

$$\lambda_T \frac{\partial t(\vec{r}, \tau)}{\partial y} = \pm \alpha_T (t(\vec{r}, \tau) - t_{cp})|_{S_3}; \frac{\partial t(\vec{r}, \tau)}{\partial x} = \frac{\partial t(\vec{r}, \tau)}{\partial z} = 0|_{S_4} \quad (16)$$

где:  $S_3$  – верхняя и нижняя поверхности пластины; а  $S_4$  – торцевая поверхность. Проводя решение уравнения теплопроводности аналогично ВКЗЭ и удовлетворяя условию (18), получим:

$$t(\vec{r}, \tau) = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{p=1}^{\infty} \frac{\vartheta_{mnp}^*}{(a_T K_T)^2} \cdot (1 - e^{-(a_T K_T)^2 \tau}) \cdot \Phi_{mnp}^*(x, y, z) \quad (17)$$

где:  $c_m$ ,  $\rho_m$  – удельные теплоемкости и плотность материала,  $\Phi_{mnp}^*$  – собственные тепловые функции ВКЗТ:

$$\begin{aligned} \vartheta_{mnp}^*(\tau) &= \frac{1}{W_{mnp}^2} \iiint_V \frac{q_V(x, y, z, \tau)}{c_T \rho_T} \cdot \Phi_{mnp}^*(x, y, z) dx dy dz; W_{mnp}^2 = \\ &= \iiint (\Phi_{mnp}^*)^2(x, y, z) dx dy dz \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned}\Phi_{mnp}(x, y, z) &= \text{Cos}\left(\frac{m\pi}{a}x\right) \cdot F_{Tn}(y) \cdot \text{Cos}\left(\frac{p\pi}{l}z\right); F_{Tn}(y) = \\ &= \text{Cos } K_{nT}y - \frac{\lambda_T K_{nT}}{\alpha_2} \cdot \text{Sin } K_{nT}y\end{aligned}\quad (19)$$

при этом собственные тепловые числа  $K_{mn}$  - определяются из дисперсионного уравнения:

$$\frac{\text{tg } \xi_n}{\xi_n} = \frac{(\alpha_1 + \alpha_2)}{\left(\frac{\lambda_T \xi_n}{d}\right)^2 - \alpha_1 \alpha_2} \quad (20)$$

где  $\xi_n = K_{yn}d$ ;  $\alpha_1; \alpha_2$  – коэффициенты теплоотдачи с верхней и нижней поверхности пластины. Таким образом, соотношения (1), (8)-(11), (14), (15), (18)-(20) представляют собой решение ВКЗЭиТ для РК с двухслойным диэлектрическим заполнением, которое позволяет рационально реализовать СВ РК микроволновых устройств стационарного типа для более равномерного распределения структуры поля внутри сушеного продукта, а также увеличить КПД электротехнологического процесса сушки.

**Заключение.** Зерносушильные установки и комплексы незаменимы в технологиях послеуборочной обработки сельскохозяйственной продукции, в частной товарного зерна. Продукция с большим содержанием влаги плохо хранится, горит, теряет свои свойства. Достаточно большое количество топлива уходит на доведения продукта до кондиционной для хранения влажности конвективным способом. В связи с этим использование комбинированных микроволново-конвективных методов сушки для снижения влагосодержания продукта носит актуальный и практически значимый характер. Однако использование микроволновых технологий представляется достаточно сложной для технической реализации задачей, т.к. распределение микроволнового поля внутри рабочей камеры носит неравномерный характер, что ведет к низкому КПД передачи энергии. В настоящей статье разработана математическая модель процесса комбинированной микроволново-конвективной сушки в сушильных камерах с подводом СВЧ энергии при динамически перемещающимся продукте. Это позволит рассчитывать технические параметры подвода энергии СВЧ поля для установок сушки, повышать эффективность действующих установок, разрабатывать универсальные программные продукты для технических расчетов.

### Список использованной литературы.

1. Четвериков Е.А., Шестаев А.Е. Обоснование параметров сушки зерна микроволновым полем // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы IX Международной научно-практической конференции. – Саратов, 2018. С. – 29-30
2. Морозов С.М., Реут В.А. Электродинамическое моделирование СВЧ установок // Теория и практика современной науки 2016 № 12(18).
3. Volgin A.V., Kargin V.A., Chetverikov E.A., Moiseev A.P., Lagina L.A. Improving the efficiency of convective grain drying by using low-intensity RF

radiation IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 954 (1), 2022, 012017

4. Ганеев И.Р., Тагирова А.А., Каримов Х.Т., Масалимов И.Х. Влияние режимов сушки с применением СВЧ-нагрева на ферментативную активность, энергию прорастания и всхожесть семян рапса // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (57). С. 92-98.

5. Горелов М.В., Бастрон Т.Н. Установка для предпосевной обработки и сушки семян СВЧ-энергией // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 3 (83). С. 195-198.

6. Ганеев И.Р., Каримов Х.Т., Масалимов И.Х. Исследование режимов сушки семян подсолнечника в СВЧ-установке непрерывного действия // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2017. № 2 (42). С. 67–71.

7. Кокорев А.В., Логачёв А.В., Заплетина А.В. Анализ установок для предпосевной обработки семян овощных культур ЭМП СВЧ // Инновационные тенденции развития российской науки: матер. X Междунар. науч.-практич. конф. молодых учёных, посвящ. Году экологии и 65-летию Красноярского ГАУ. Красноярск, 2017. С. 121–124.

8. Бастрон А.В., Василенко А.А., Горелов М.В. Обработка семян СВЧ-энергией // Сельский механизатор. 2017. № 4. С. 14 –15.

9. Горелов М.В., Бастрон Т.Н. Исследование режимов обработки семян сосны в ЭМП СВЧ // Вестник ИрГСХА. 2017. Вып. 81/2. С. 55 –61.

10. Чуринова М.С. Учет и использование нелинейности и распределение параметров процесса сушки зерна // Вестник Омского государственного аграрного университета 2017, № 1 (25). С.126-131.

11. Сивяков Д.Б. Камера с бегущими волнами на волноводе, свернутом в кольцо // Вопросы электротехнологии. 2017. № 2. С. 29-33.

12. Сивяков Б.К., Григорьян С.В. Установка СВЧ сушки сельскохозяйственных продуктов в фермерских хозяйствах // Вопросы электротехнологии. 2019. № 1. С. 9-13.

13. Sivyakov V.K., Grigorjan S.V., Sivyakov D.B. Mathematical model of microwave camera on the groovewaveguide with additional injection of the microwave energy // International conference on actual problems of electron devices engineering, APEDE. 2018. Vol. 1. P. 334- 337.

14. Цугленок Г.И., Заплетина А.В. Исследования влияния параметров СВЧ энергии на качественные и количественные показатели семян гречихи // Вестник Красноярского ГАУ. - 2008. - № 6. -С. 157-165.

15. Исаев А.В., Бастрон А.В., Яхонтова В.С. Исследование влияния степени неравномерности нагрева семян рапса в ЭМП СВЧ на их энергию прорастания и всхожесть // Вестник Красноярского ГАУ. – 2016. – № 4. – С. 131-137.

16. Патент № 2788634 С1 Российская Федерация, МПК А23В 9/04. Устройство для тепловой обработки зерна при производстве кормов: № 2022121608: заявл. 08.08.2022: опубл. 23.01.2023 / А. Л. Петряев, А. В. Чупшев, В. В. Коновалов, В. П. Терюшков; заявитель Федеральное государственное

бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Пензенский государственный аграрный университет". – EDN YTRPYC.

### References.

1. Chetverikov E.A., Shestaev A.E. Substantiation of grain drying parameters by microwave field // Actual problems of agroindustrial energy: Materials of the IX International Scientific and practical conference. – Saratov, 2018. pp. 29-30
2. Morozov S.M., Reut V.A. Electrodynamic modeling of microwave installations // Theory and practice of modern science 2016 No. 12(18).
3. Volgin A.V., Kargin V.A., Chetverikov E.A., Moiseev A.P., Lagina L.A. Improving the efficiency of convective grain drying by using low-intensity RF radiation IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 954 (1), 2022, 012017
4. Ganeev I.R., Tagirova A.A., Karimov H.T., Masalimov I.H. Influence of drying modes using microwave heating on enzymatic activity, germination energy and germination of rapeseed seeds // Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. 2021. No. 1 (57). pp. 92-98.
5. Gorelov M.V., Bastron T.N. Installation for pre-sowing treatment and drying of seeds with microwave energy // Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2020.No. 3 (83). pp. 195-198.
6. Ganeev I.R., Karimov H.T., Masalimov I.H. Investigation of sunflower seed drying modes in a continuous microwave installation // Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. 2017. No. 2 (42). pp. 67-71.
7. Kokorev A.V., Logachev A.V., Zapletina A.V. Analysis of installations for pre-sowing treatment of vegetable seeds with microwave EMF // Innovative trends in the development of Russian science: mater. X International Scientific and Practical Conference of Young Scientists, dedicated to The Year of Ecology and the 65th anniversary of the Krasnoyarsk State Agrarian University. Krasnoyarsk, 2017. pp. 121-124.
8. Bastron A.V., Vasilenko A.A., Gorelov M.V. Seed treatment with microwave energy // Rural mechanizer. 2017. No. 4. pp. 14 -15.
9. Gorelov M.V., Bastron T.N. Investigation of pine seed treatment modes in microwave EMF // Bulletin of the IrGSHA. 2017. Issue 81/2. pp. 55 -61.
10. Churinova M.S. Accounting and use of nonlinearity and distribution of grain drying process parameters // Bulletin of Omsk State Agrarian University 2017, No. 1 (25). pp.126-131.
11. Sivyakov D.B. A camera with traveling waves on a waveguide rolled into a ring // Questions of electrotechnology. 2017. No. 2. pp. 29-33.
12. Sivyakov B.K., Grigoryan S.V. Installation of microwave drying of agricultural products in farms // Questions of electrotechnology. 2019. No. 1. pp. 9-13.
13. Sivyakov B.K., Grigorjan S.V., Sivyakov D.B. Mathematical model of microwave camera on the groovewaveguide with additional injection of the microwave energy // International conference on actual problems of electron devices engineering, APEDE. 2018. Vol. 1. P. 334- 337.

14. Tsuglenok G.I., Zapletina A.V. Studies of the influence of microwave energy parameters on the qualitative and quantitative indicators of buckwheat seeds // Bulletin of the Krasnoyarsk State University. - 2008. - No. 6. -pp. 157-165.

15. Isaev A.V., Bastron A.V., Yakhontova B.A study of the influence of the degree of uneven heating of rapeseed seeds in microwave EMF on their germination energy and germination // Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. – 2016. – No. 4. – pp. 131-137.

16. Patent No. 2788634 C1 Russian Federation, IPC A23B 9/04. Device for heat treatment of grain in the production of feed: No. 2022121608: application. 08.08.2022: publ. 23.01.2023 /A. L. Petryaev, A. V. Chupshev, V. V. Konovalov, V. P. Teryushkov; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Penza State Agrarian University." – EDN YTRPYC.

Научная статья

УДК 631.365.3/4:633.88

*Л.А. Лягина, А.Г. Русев*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОЗИРОВАНИЯ КОРМОВЫХ СМЕСЕЙ ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ**

**Аннотация.** В настоящей статье предлагается система автоматического управления дозирования кормовых смесей применением современных технических средств, в частности векторный частотный преобразователь.

**Ключевые слова:** дозирование, шнековый дозатор, частотный преобразователь, заслонка, привод дозатора.

*L.A. Lyagina, A.G. Rusev*

Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## **IMPROVING THE TECHNOLOGY OF DOSING FEED MIXTURES WITH TECHNICAL MEANS**

**Annotation.** This article proposes an automatic control system for dosing feed mixtures using modern technical means, in particular a vector frequency converter.

**Keywords:** dosing, screw dispenser, frequency converter, the flap, dispenser drive.

**Введение.** Для полноценного кормления животных и птицы необходимо готовить полнорационные моно- и комбикорма, которые приготавливаются из кормовых смесей. Монокорм принципиально отличается от комбикормов, так как в его состав входят в большом количестве объемистые корма (сено, солома, корнеклубнеплоды и др.). Его скармливают крупному рогатому скоту и овцам, которые при раздельном скармливании концентратов, корнеплодов, сенажа, сена, силоса и других выбирают из них наиболее вкусные корма, а другие поедают хуже. Одной из важных операций при приготовлении кормовых смесей является дозирование, от которого зависят качество и себестоимость моно- и комбикормов [1,2].

**Материалы и методы.** Дозирование – это процесс отмеривания заданного количества материала с требуемой точностью. Степень точности определяется зоотехническими и технологическими требованиями, а также обосновываются экономическими соображениями. Классификация дозаторов представлена на рисунке 1.

Материалы, подлежащие дозированию, хранятся в бункерах, или других емкостях, расположенных обычно выше дозирующих устройств. В бункеры

они подаются самотеком по специальным коммуникациям – вводам (по лоткам и трубам). Поэтому, прежде всего, требуется создать условия для бесперебойного потока материала. Питание дозаторов самотеком возможно только при хорошо сыпучих материалах. В технологии кормоприготовления для обеспечения равномерности потока приходится прибегать к принудительным методам подачи [4-6].



Рисунок 1. Классификация дозаторов

Среди рассмотренного обзорного анализа оборудования для приготовления кормов выбираем наиболее эффективную установку.

Предлагаем вашему вниманию технологическую схему дозатора ДС-15, которую применяют для дозирования и подачи зерновых, мелкокусковых и мучнистых компонентов. Они могут работать в горизонтальном и наклонном положениях. Отличаются постоянством подачи и надежностью.

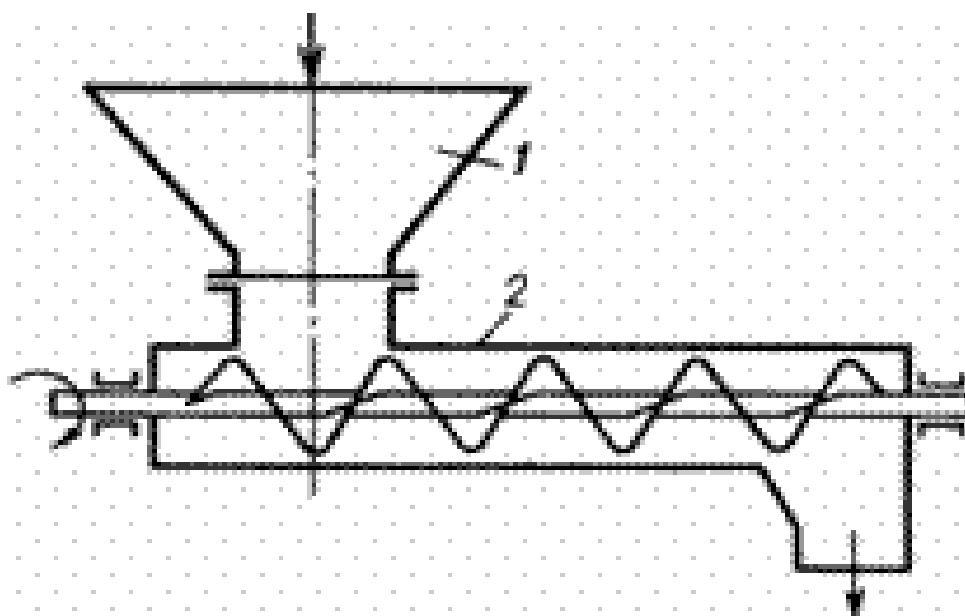


Рисунок 1.2. Схема шнекового дозатора ДС-15:  
1 – приемный бункер; 2 – шнек

**Результаты исследования.** Установка шнекового дозатора состоит из ленточного транспортера 1, привода ленточного транспортера 7, дозатора, привода дозатора 5, частотного преобразователя 4. Дозатор состоит из шнека (загрузочная часть шнека 2 и транспортирующая часть шнека 9), расположенного в кожухе, который сообщен с бункером 1 через загрузочное окно. Загрузочная часть шнека 2 выполнена с увеличивающимся в сторону выгрузного окна шагом. Причем навивка шнека в зоне загрузочного окна выполнена длиной, равной длине этого окна. В зоне загрузочного окна установлена подвижная заслонка, с возможностью перемещения вдоль оси шнека в сторону выгрузного окна. Заслонка 11 связана с механизмом регулировки дозы, состоящим из стрелки-указателя и шкалы 10. Привод 5 шнека осуществляется при помощи электродвигателя и редуктора.

Дозатор работает следующим образом:

В начале при помощи заслонки 11, стрелки-указателя и шкалы 10 устанавливается заданная доза корма. При этом заслонка 11 открывается на соответствующую величину, тем самым изменяя захватывающую способность шнека в зоне загрузочного окна, путем открытия необходимой длины загрузочной части шнека. В результате корм поступает через загрузочное окно из бункера 1 на загрузочный участок шнека 2 и транспортируется при помощи шнека к выгрузному окну. При кратковременном прекращении выдачи корма заслонка перемещается в крайнее правое положение [3].

К электродвигателю подсоединяем преобразователь частоты векторный ОВЕН ПЧВ1. Преобразователь частоты позволяет расширить рабочий диапазон управления, повысить точность регулирования и быстродействие электропривода.



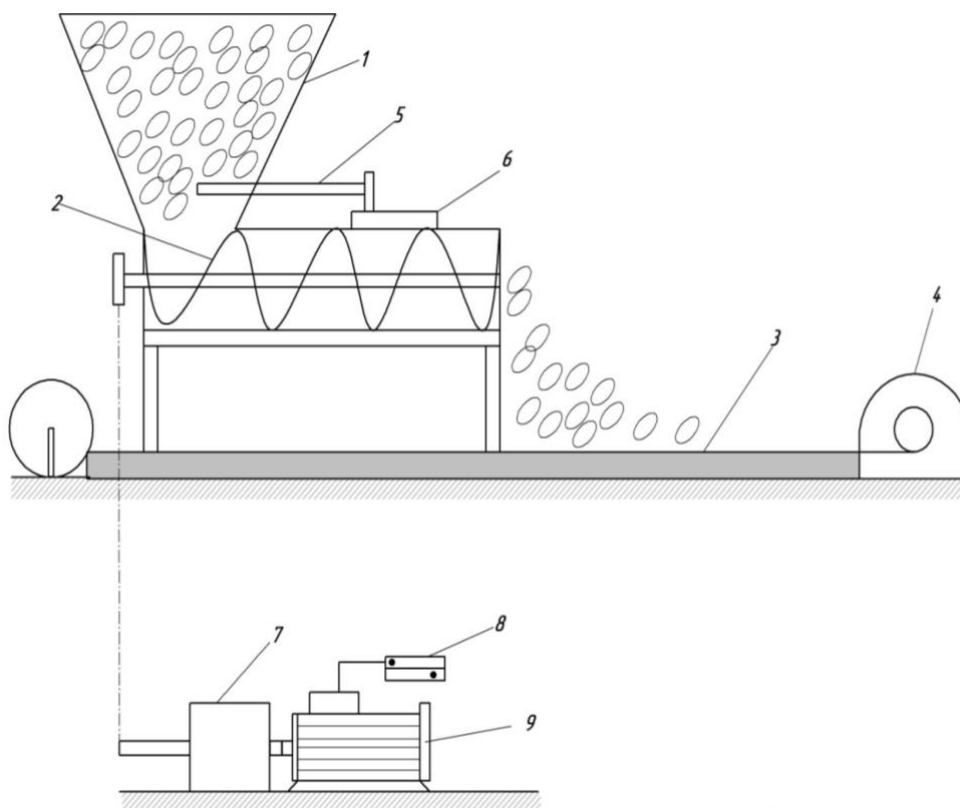


Рисунок 1.3. Технологическая схема шнекового дозатора ДС-15:  
 1–бункер; 2 – шнек винтовой; 3 – ленточный транспортер; 4 – привод ленточного транспортера; 5 – заслонка; 6 – шкала; 7 – привод дозатора; 8 – частотный преобразователь; 9 – электродвигатель

**Заключение.** Таким образом, выбрали для шнекового дозатора преобразователь частоты векторный ОВЕН ПЧВ1, который позволит обеспечивать высочайший уровень энергоэффективности.

### Список использованной литературы.

1. Лягина, Л.А. Совершенствование локальной системы автоматического управления контроля расхода в установке для предпосевной обработки семян / Л.А. Лягина, С.Л. Савлук Материалы XII Национальной научно. -практ. конф. с международным участием, Актуальные проблемы энергетики АПК// ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2021.
2. Лягина, Л.А. Система автоматического управления процессом сушки растительного сырья/Л.А. Лягина, В.А. Каргин, А.П. Моисеев Аграрный научный журнал, 2017. –№7.
3. Ведищев, С.М. Изучение объемных дозаторов кормов: метод. указания / сост.: С.М. Ведищев, А.В. Прохоров, А.В. Брусенков. –Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 24 с.
4. <https://docs.yandex.ru/Leksia7.pdf>.шнековый дозатор
5. Патент на полезную модель № 207803 U1 Российская Федерация, МПК В01F 9/02. Барабанный смеситель: № 2020138142: заявл. 19.11.2020: опубл. 17.11.2021 / В. В. Коновалов, К. П. Фудин, В. П. Терюшков, А. В.

Чупшев; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Пензенский государственный аграрный университет". – EDN LMWDRU.

6. Определение вариативности выдачи питательных веществ в процессе раздачи кормов / А. В. Чупшев, В. П. Терюшков, В. В. Коновалов, М. В. Донцова // Нива Поволжья. – 2022. – № 4(64). – С. 3003. – DOI 10.36461/NP.2022.64.4.014. – EDN BRPDJU.

### References.

1. Lyagina, L.A. Improving the local automatic control system for flow control in an installation for pre-sowing seed treatment / L.A. Lyagina, S.L. Savluk Materials of the XII National Scientific. -pract. conf. with international participation, Current problems of energy in the agro-industrial complex // Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Saratov State Agrarian University, 2021.

2. Lyagina, L.A. Automatic control system for the drying process of plant raw materials/L.A. Lyagina, V.A. Kargin, A.P. Moiseev Agricultural Scientific Journal, 2017. –№7.

3. Vedishchev, S.M. Study of volumetric feed dispensers: method. instructions / compilation: S.M. Vedishchev, A.V. Prokhorov, A.V. Brusenkov. - Tambov: Tamb Publishing House. state tech. University, 2007. – 24 p.

4. <https://docs.yandex.ru/Leksia7.pdf>.screw dispenser

5. Utility model patent No. 207803 U1 Russian Federation, IPC B01F 9/02. Drum mixer: No. 2020138142: application 19.11.2020: publ. 17.11.2021 /V.V. Konovalov, K.P. Fudin, V.P. Teryushkov, A.V. Chupshev; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Penza State Agrarian University." – EDN LMWDRU.

6. Determination of the variability in the distribution of nutrients during the distribution of feed/A. V. Chupshev, V. P. Teryushkov, V. V. Konovalov, M. V. Dontsova//Niva Volga region. – 2022. – № 4(64). - S. 3003. – DOI 10.36461/NP.2022.64.4.014. – EDN BRPDJU.

Научная статья

УДК 631.3

*А.В. Волгин, К.Ю. Соколов, И.Ю. Соколов*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## **АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДАМИ С ЛЭМД**

**Аннотация.** В настоящей работе приведены анализ и обобщения практических результатов тестирования микроконтроллеров и средств программирования на предприятиях, где выполняется полный цикл производства электронных компонентов, постоянно ведутся работы по созданию и организации серийного выпуска новых, более совершенных аналого-цифровых микросхем, микроконвертеров, микроконтроллеров и других.

**Ключевые слова:** микроконтроллеры, управляющие контроллеры, линейные электромагнитные двигатели, автоматизация технологических процессов, аналого-цифровые преобразователи.

**A.V. Volgin, K.Y. Sokolov, I.Y. Sokolov**

Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## **ANALYSIS OF TECHNICAL MEANS FOR CONTROLLING DRIVES WITH LAMBDA**

**Annotation.** This paper provides an analysis and generalization of the practical results of testing microcontrollers and programming tools at enterprises where a full cycle of electronic components production is performed, work is constantly underway to create and organize the serial launch of new, more advanced analog-to-digital chips, microconverters, microcontrollers, etc.

**Keywords:** microcontrollers, control controllers, linear electromagnetic motors, automation of technological processes, analog-to-digital converters.

**Введение.** В условиях обостряющихся противоречий разработка отечественной конкурентной техники и технологий невозможна без развития, в том числе, электрических приводов с цифровыми интеллектуальными управляющими устройствами, построенными с использованием собственных электронных компонентов [1-4]. Несмотря на возникающие здесь объективные и субъективные трудности, в настоящий момент в открытом сегменте рынка разработчиками предлагаются к использованию вполне современные отечественные микроконтроллеры, аналоговые и цифровые микросхемы, свободное программное обеспечение для проектирования и

программирования, позволяющие создавать промышленные контроллеры, сопутствующие блоки расширения (модули ввода, вывода, питания, коммуникации и др.), необходимые для достижения этой цели [5-7]. В настоящей публикации приводятся краткие оценки свойств, достоинства и недостатки некоторых микросхем и электронных компонентов, выявленные специалистами-разработчиками цифровых систем по результатам их практического применения и экспериментального изучения готовых изделий [8-10].

**Материалы и методы.** В этой связи являются важными и представляют интерес для анализа и обобщения практические результаты тестирования микроконтроллеров и средств программирования предприятий, где выполняется полный цикл производства электронных компонентов, постоянно ведутся работы по созданию и организации серийного выпуска новых, более совершенных аналого-цифровых микросхем, микроконвертеров, микроконтроллеров и других.

Например, для построения модулей расширения, в частности, модулей ввода-вывода сигналов, обеспечивающих возможность быстрого обмена данными через последовательный канал передачи данных, имеют перспективу микроконтроллеры отечественного производства серии 1882BE. Они имеют стандартную архитектуру 8051, выступают воспроизведенным аналогом импортируемых микросхем AT89S8000 по электрическим характеристикам, конструктивно выполнены в металлокерамическом корпусе H16.48-2B и работают в широком диапазоне температур [8-10].

Микроконтроллер содержит Flash ПЗУ, ЭСППЗУ, ОЗУ, указатели данных, программируемые линии ввода-вывода, 16-разрядные таймеры/счетчики событий, универсальный асинхронный приемопередатчик (UART), программируемый сторожевой таймер, контроллер прерываний с выделенными уровнями приоритетов и внутренний тактовый генератор [8-10].

Содержимое Flash-памяти программ обеспечено защитой от ошибочных действий или несанкционированной записи/считывания. Заявленные значения тактовой частоты микроконтроллера и времени выполнения простой команды обеспечивают решение абсолютного большинства практических задач. Разрабатываемые на языке Си программы микроконтроллера компилируются в исполняемый код свободно распространяемым Си-компилятором SDCC, который работает в операционных системах Windows, Linux и др.

Функционально близкими представляются ещё микроконтроллеры 1882BM5 и 1882BM1, а также K1878B, позволяющие использовать распространяемые открыто программаторы и адаптеры внутрисхемного программирования. В частности, контроллер K1878B имеет приемлемый объем памяти для 16-разрядных, выполняемых каждая за два такта, команд, содержит набор свободных дискретных выводов с приемлемой нагрузочной способностью, встроенный тактовый генератор; в качестве аппаратного расширения добавлен 16-разрядный таймер. Следует отметить отсутствие здесь средств внутрисхемной отладки, последовательных портов, АЦП, ЦАП, фиксацию выбора тактового генератора при программировании, что вызывает следующие неудобства [8-10].

В документации на микросхему имеются неточности и несоответствия, которые заставляют потребителей-разработчиков, в отдельных случаях, экспериментально определять логику работы микросхемы, назначение конфигурационных битов и других. Программный код, средства программирования и компиляции нуждаются в модернизации.

Микроконтроллер 1882ВМ5 выглядит более современным и содержит Flash ПЗУ, ЭСППЗУ, ОЗУ, указатели данных, программируемые линии ввода-вывода, 16-разрядные таймеры/счетчики событий, универсальный асинхронный приемопередатчик (UART), программируемый сторожевой таймер, контроллер прерываний с четырьмя уровнями приоритетов и встроенный тактовый генератор. Содержимое Flash памяти программ может обеспечиваться защитой от несанкционированной записи/считывания. Заявленная тактовая частота микроконтроллера составляет 24 МГц [8-10].

Из всех представленных, микроконтроллер 1882ВМ1 выступает наиболее современным, разработка которого, согласно публикациям, завершена в ближайшей ретроспективе. По основным характеристикам он близок к микроконтроллеру 1882ВМ5, но оснащен 32 кБ памятью программ, имеет много различных, реализованных аппаратно периферийных модулей для обмена данными, однако очень желательные в функциональной структуре микросхемы АЦП и ЦАП здесь также отсутствуют. Кроме того, на существующем этапе для этой микросхемы требуется разработка (совершенствование) собственных средств программирования (программаторов). Имеются сведения, что в настоящее время работа в этом направлении проводится [9].

В рабочей документации приведены подтвержденные характеристики микросхемы. Для разработки программ в экспериментах был опробован свободно распространяемый компилятор SDCC. Генерируемый им код оказался работоспособным и для отечественной микросхемы. Это позволяет использовать для разработки программ язык высокого уровня Си. Микроконтроллер в изделиях продемонстрировал стабильную работу [10].

Основные недостатки, выявленные по результатам создания и тестирования готовых изделий с использованием перечисленных микросхем определяются недостаточным быстродействием; отсутствием в их структуре АЦП и ЦАП; низкой нагрузочной способностью портов, не превосходящей нескольких мА; высоким соотношением цена/качество в сравнении с зарубежными микросхемами-прототипами и др.

**Заключение.** Таким образом, экспериментальное изучение, тестирование создаваемых образцов управляющих устройств с использованием перечисленных микроконтроллеров показало, что они в настоящее время в большинстве случаев пока уступают аналогичным зарубежным изделиям по различным причинам и требуют последовательного и неуклонного совершенствования. Представляется, что в настоящее время целесообразно использовать эти изделия в технических устройствах, не требовательных критически к быстродействию, в частности, в системах сбора данных, терморегуляторах и других.

### Список использованной литературы.

1. Усанов, К.М. Импульсный электромагнитный привод тросошайбового кормораздатчика / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.П. Моисеев // Техника в сельском хозяйстве, 2011, №3. – С.14-16.
2. Усанов, К.М. Интенсификация охлаждения импульсных машин с линейными электромагнитными двигателями / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.С. Козлов // Техника в сельском хозяйстве, 2013, №1. – С.16-17.
3. Каргин, В.А. Методы расчета тепловых и гидравлических процессов в ЛЭМД импульсных машин / В.А. Каргин, А.М. Марадудин, Д.П. Щербаков // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК, материалы VI Международной научно-практической конференции, 2015. – С.75-78.
4. Левин М.А. Влияние коэффициента нагрузки на надежность электродвигателей насосных станций / М.А. Левин, Ю.В. Иванкина, О.Н. Чурляева // Научное обозрение, № 8, Москва, 2015. – С. 111-113.
5. Усанов, К.М. Оценка эффективности энергопреобразований в электромагнитной ударной машине с упругим возвратным элементом / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.В. Волгин // Труды Кубанского государственного аграрного университета, 2008. № 3. – С.86-87.
6. Каргин, В.А. Система управления плавным ходом якоря ЛЭМД кормораздаточных транспортеров за счет автоматической корректировки выходного усилия / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Н.Н. Белова / Известия Международной академии аграрного образования, 2017. № 37. – С.15-18.
7. Каргин В.А. Электрический преобразователь с автоподстройкой выходного усилия электромагнитного формователя колбасных изделий / В.А. Каргин, А.В. Волгин, А.П. Моисеев, О.В. Логачева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2018. №2 (160). – С.176-180.
8. <http://www.npofizika.ru/microcircuits/1582-0237.htm>.
9. [http://www.module.ru/ruproducts/mil\\_std/k1895va1t.shtml](http://www.module.ru/ruproducts/mil_std/k1895va1t.shtml).
10. [http://www.integral.by/download/2938/5559\\_IN67\\_68T.pdf](http://www.integral.by/download/2938/5559_IN67_68T.pdf)

### References.

1. Usanov, K.M. Pulse electromagnetic drive of a cable washer feed dispenser / K.M. Usanov, V.A. Kargin, A.P. Moiseev // Technology in agriculture, 2011, No. 3. – P.14-16.
2. Usanov, K.M. Intensification of cooling of pulsed machines with linear electromagnetic motors / K.M. Usanov, V.A. Kargin, A.S. Kozlov // Technology in agriculture, 2013, No. 1. – P.16-17.
3. Kargin, V.A. Methods for calculating thermal and hydraulic processes in LEMD pulse machines / V.A. Kargin, A.M. Maradudin, D.P. Shcherbakov // In the collection: Current problems of energy in the agro-industrial complex, materials of the VI International Scientific and Practical Conference, 2015. – P.75-78.
4. Levin M.A. The influence of the load factor on the reliability of electric motors of pumping stations / M.A. Levin, Yu.V. Ivankina, O.N. Churlyayeva // Scientific Review, No. 8, Moscow, 2015. – P. 111-113.

5. Usanov, K.M. Assessing the efficiency of energy conversions in an electromagnetic impact machine with an elastic return element / K.M. Usanov, V.A. Kargin, A.V. Volgin // Proceedings of the Kuban State Agrarian University, 2008. No. 3. – P.86-87.

6. Kargin, V.A. Control system for the smooth running of the LEMD anchor of feed conveyors due to automatic adjustment of the output force / V.A. Kargin, A.P. Moiseev, A.V. Volgin, N.N. Belova / News of the International Academy of Agrarian Education, 2017. No. 37. – P.15-18.

7. Kargin V.A. Electric converter with automatic adjustment of the output force of an electromagnetic sausage former / V.A. Kargin, A.V. Volgin, A.P. Moiseev, O.V. Logacheva // Bulletin of the Altai State Agrarian University, 2018. No. 2 (160). – P.176-180.

8. <http://www.npofizika.ru/microcircuits/1582-0237.htm>.

9. [http://www.module.ru/ruproducts/mil\\_std/k1895va1t.shtml](http://www.module.ru/ruproducts/mil_std/k1895va1t.shtml).

10. [http://www.integral.by/download/2938/5559\\_IN67\\_68T.pdf](http://www.integral.by/download/2938/5559_IN67_68T.pdf)

Научная статья

УДК 621.313

*А.А. Иванов, А.В. Апрыткин, К.В. Томников, А.П. Галкин, А.П. Моисеев*  
Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ВОДОСНАБЖАЮЩЕЙ УСТАНОВКИ

**Аннотация.** Системы автоматического контроля обеспечивают получение информации о состоянии объекта и режиме его работы. Контролю подлежат величины, необходимые для осуществления пуска, наладки и ведения технологического процесса.

**Ключевые слова:** автоматизация, функциональная схема, структурная схема, датчик.

*A.A. Ivanov, A.V. Apryatkin, K.V. Tomnikov, A.P. Galkin, A.P. Moiseev*  
Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## AUTOMATION OF THE WATER SUPPLY SYSTEM

**Annotation.** Automatic control systems provide information about the condition of the facility and its operating mode. The values necessary for the start-up, adjustment and maintenance of the technological process are subject to control.

**Keywords:** automation, functional diagram, block diagram, sensor.

**Введение.** Информацию о состоянии объекта и режиме его работы обеспечивают системы автоматического контроля. Для осуществления пуска, наладки и ведения технологического процесса контролю подлежат соответствующие величины. Выбор контролируемых параметров выбирается так, чтобы при минимальном числе они давали наиболее полное представление о контролируемом процессе автоматизации.

**Материалы и методы.** С учетом рекомендаций, анализа и расчетов водоснабжающей установки, приведенных в работах [1,2], разработана функциональная схема системы автоматического управления (рисунок 1) [1,2].

В напорный бак 11 по водопроводу 13 поступает вода от погружного насоса 7, предварительно проходя очистку через фильтр 6. Для поддержания постоянного наличия воды в насосе 7 предназначен механический обратный клапан 8. В напорном баке 11 встроены кондуктометрические датчики уровня: пожарный датчик уровня 4, датчик нижнего уровня 3 и датчик верхнего уровня 2. Управляющие сигналы с датчиков уровня поступают на блок согласования 5, который запитан от блока питания 12. После преобразования аналоговых сигналов в дискретные, они поступают с блока согласования 5 на программируемый логический контроллер 10, где обрабатываются по



прикладной программе пользователя. Для защиты насоса от запуска всухую предназначен поплавковый датчик сухого хода 1. Включает насос контактор 9, управляемый программируемым логическим контроллером 10. Связь с ПК оператора 14 осуществляется по интерфейсу RS-232/Ethernet 15.

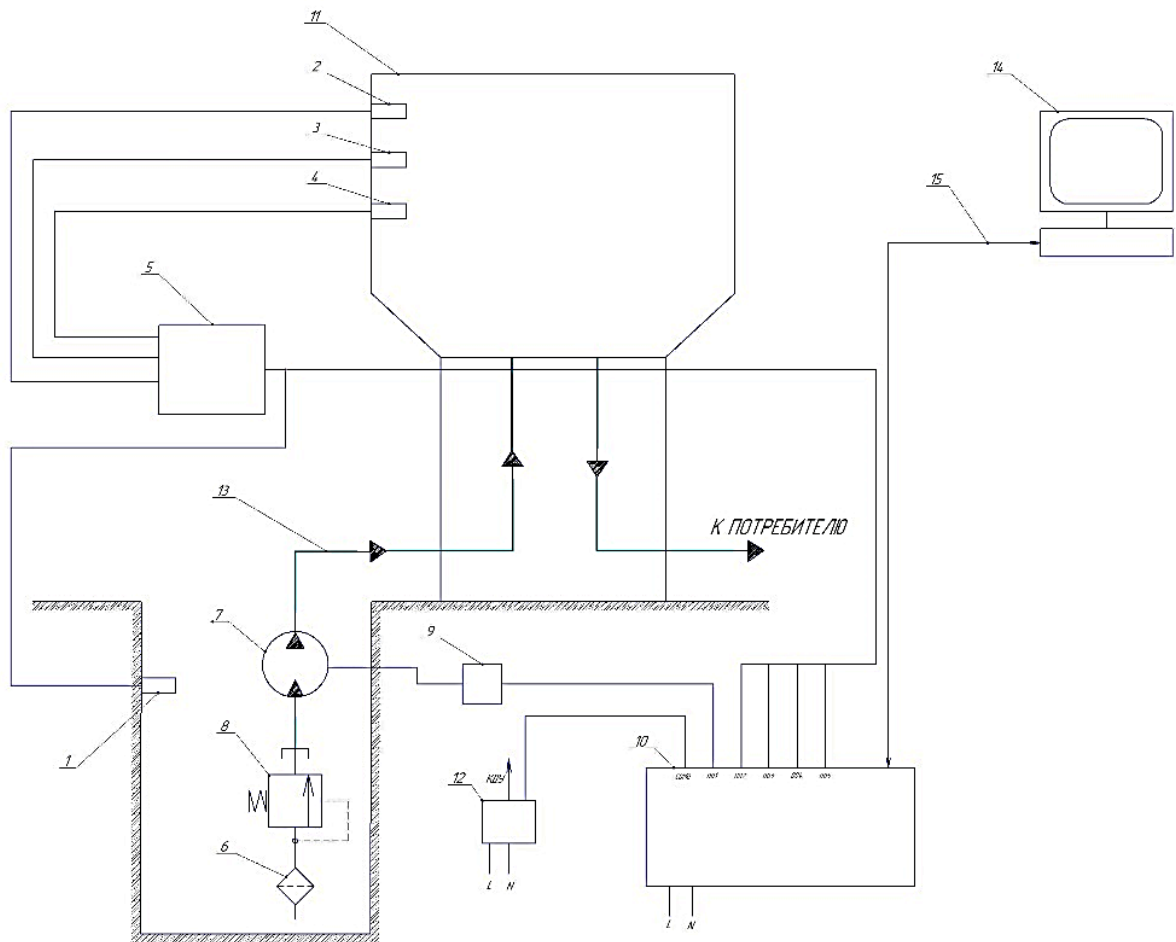


Рисунок 1. Функциональная схема САУ водоснабжающей установкой

На основе функциональной схемы (рисунок 1) разработаны принципиальные электрические схемы управления водоснабжающей установкой с применением кондуктометрических (рисунок 2) и поплавковых (рисунок 2) датчиков уровня. Для обеих схем силовая часть является общей, где электродвигатель погружного насоса М1 включается контактором КМ1. Питание подводится от трехполюсного автоматического выключателя QF3 [3,4].

Для кондуктометрических датчиков уровня R1, R2, R3, R4 предусмотрен блок согласования U1, который преобразует аналоговые сигналы с кондуктометрических датчиков в дискретные и посылает их на программируемый логический контроллер X1 (рисунок 2).

Дискретные сигналы приходят на клеммы ПЛК DI1, DI2, DI3. На клемму D4 поступает управляющий сигнал с поплавкового датчика S4. На клемму D5 поступает управляющий сигнал с кнопки сброса звука аварии SB1. Питание ПЛК осуществляется от однополюсного автоматического выключателя QF2. Питание силовой части, управляемой контроллером, осуществляется однополюсным автоматическим выключателем QF1[1,3].

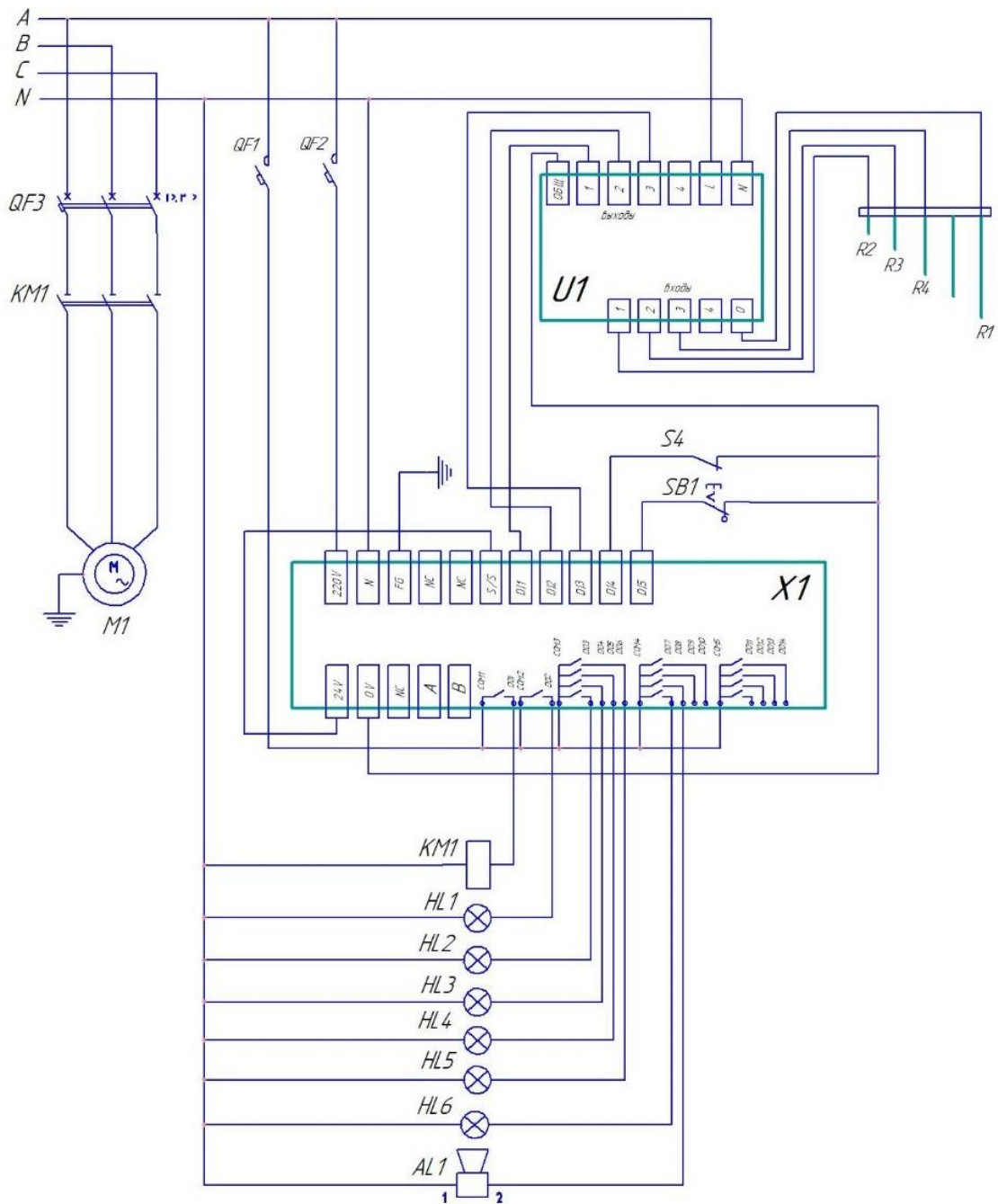


Рисунок 2. Принципиальная электрическая схема управления водоснабжающей установкой с применением кондуктометрических датчиков

К выходным клеммам контроллера подключены исполнительные элементы: KM1- катушка реле контактора, включающая электродвигатель погружного насоса; HL1 – сигнальная лампа «РАБОТА»; HL2 – сигнальная лампа «АВАРИЯ»; HL3 – сигнальная лампа «датчик нижний уровень»; HL4 – сигнальная лампа «датчик верхний уровень»; HL5 – сигнальная лампа «датчик пожарный уровень»; HL6 – сигнальная лампа «датчик сухого хода»; AL1 – ревун.

Для принципиальной электрической схемы водоснабжающей установки с использованием поплавковых датчиков (рисунок 3) блок согласования не нужен, так как с датчиков уже поступает дискретный управляющий сигнал.

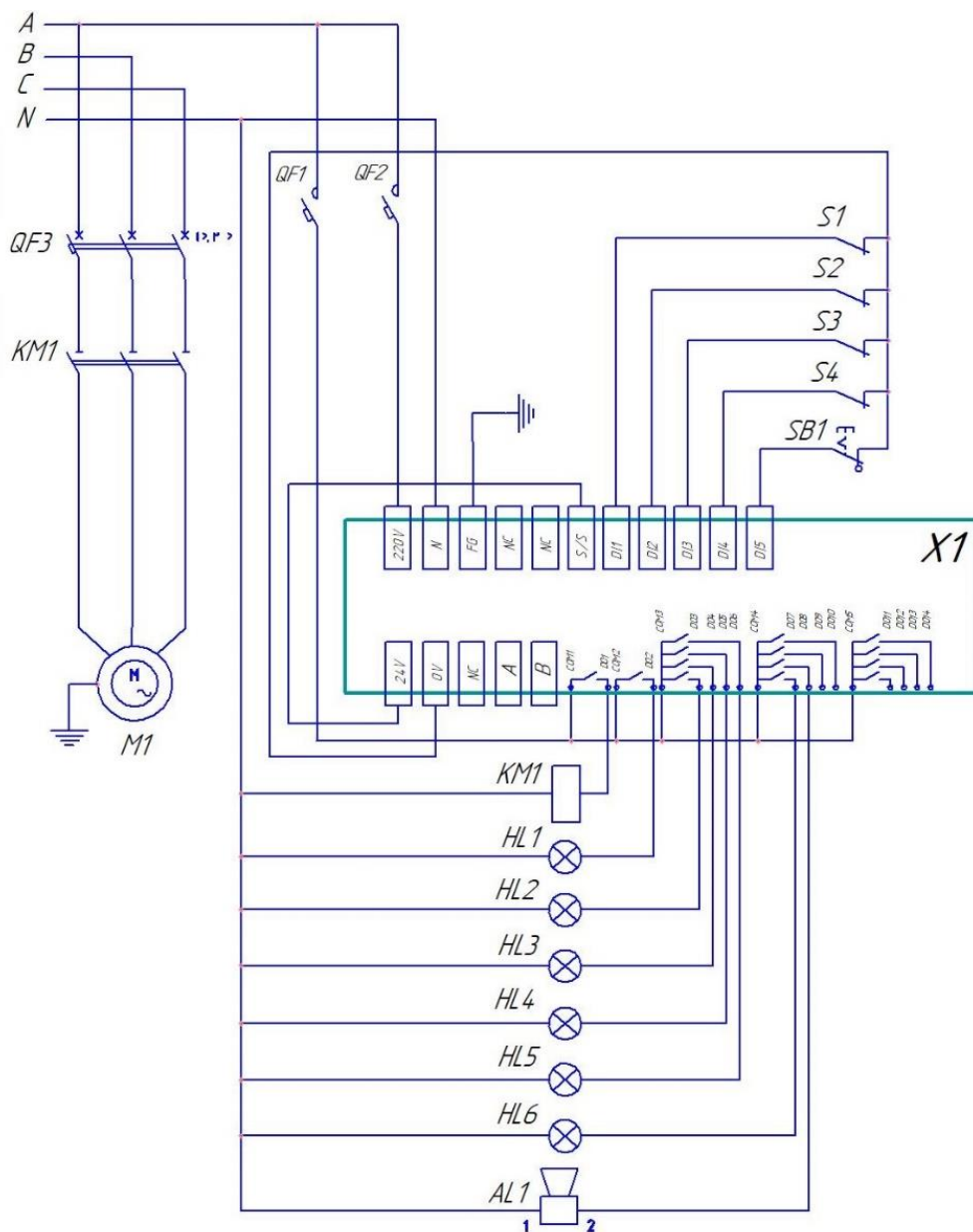


Рисунок 3. Принципиальная электрическая схема управления водоснабжающей установкой с применением поплавковых датчиков

Соответственно схема упрощается и датчики уровней S1, S2, S3 присоединяются на клеммы контроллера DI1, DI2, DI3 соответственно [1,2,3].

**Заключение.** Разработаны функциональная и принципиальные электрические схемы автоматического управления уровнем воды в водонапорной башне по сигналу обратной связи от кондуктометрических и поплавковых датчиков уровня.

### Список использованной литературы.

1. Каргин, В.А. Автоматизация систем управления технологическими процессами: учебное пособие / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина, Е.А. Четвериков. – Саратов: Амирит, 2018. – 177 с.
2. Моисеев, А.П. Электрооборудование технологий производства и обработки сельскохозяйственной продукции: учебное пособие / А.П. Моисеев,

А.В. Волгин, Л.А. Лягина, В.А. Каргин. – ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ» – Саратов: Амирит, 2018. – 141 с.

3. Моисеев, А.П. Электротехнологическое оборудование в сельскохозяйственном производстве: учебное пособие / А.П. Моисеев, А.В. Волгин, В.А. Каргин, Л.А. Лягина. – ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ» – Саратов: Амирит, 2018. – 103 с.

4. Лягина, Л.А. Система автоматического управления процессом сушки растительного сырья / Л.А. Лягина, В.А. Каргин, А.П. Моисеев // Аграрный научный журнал, № 7, 2017. – С.78-82.

5. © Иванов А.А., Апрыткин А.В., Томников К.В., Галкин А.П., Моисеев А.П 2024

### References.

1. Kargin, V.A. Automation of technological process control systems: textbook / V.A. Kargin, A.P. Moiseev, A.V. Volgin, L.A. Lyagina, E.A. Chetverikov. – Saratov: Amirit, 2018. – 177 p.

2. Moiseev, A.P. Electrical equipment for production and processing of agricultural products: textbook / A.P. Moiseev, A.V. Volgin, L.A. Lyagina, V.A. Kargin. – Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Saratov State Agrarian University” – Saratov: Amirit, 2018. – 141 p.

3. Moiseev, A.P. Electrotechnological equipment in agricultural production: textbook / A.P. Moiseev, A.V. Volgin, V.A. Kargin, L.A. Lyagina. – Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Saratov State Agrarian University” – Saratov: Amirit, 2018. – 103 p.

4. Lyagina, L.A. Automatic control system for the drying process of plant raw materials / L.A. Lyagina, V.A. Kargin, A.P. Moiseev // Agrarian scientific journal, No. 7, 2017. – P.78-82.

5. © Ivanov A.A., Apryatkin A.V., Tomnikov K.V., Galkin A.P., Moiseev A.P. 202.

---

---

## СЕКЦИЯ «ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО И ЛАНДШАФТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО»

Научная статья

УДК 674.81

*С.В. Фокин<sup>1</sup>, Д.В. Есков<sup>1</sup>, П.Ю. Медведева<sup>1</sup>, О.А. Фомина<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

<sup>2</sup>Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень, Россия.

### К ОБОСНОВАНИЮ КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ РУБИЛЬНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПРОДУКЦИИ ПЛАНТАЦИОННЫХ ЛЕСОВ

**Аннотация.** В статье проводится обоснование конструктивно схемы рубильной машины, применяемой для измельчения конечного продукта в виде щепы для дальнейшего сжигания в мини-котельных установках предприятий.

**Ключевые слова:** энергетические плантации, топливная щепа, рубильная машина.

*S.V. Fokin<sup>1</sup>, D.V. Eskov<sup>1</sup>, P.Y. Medvedeva<sup>1</sup>, O.A. Fomina<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

<sup>2</sup>State Agrarian University of the North Trans-Urals, Tyumen, Russia.

### JUSTIFICATION OF THE DESIGN SCHEME OF A CHOPPING MACHINE FOR CHOPPING PLANTATION FOREST PRODUCTS

**Abstract.** The article substantiates the constructive scheme of the chopping machine used for grinding the final product in the form of wood chips for further combustion in mini-boiler plants of enterprises of the timber industry complex.

**Keywords:** energy plantations, fuel chips, chopping machine.

**Введение.** Современное производство энергетической древесины включает использование как стационарных, так и мобильных рубильных машин. Однако, наибольшей популярностью пользуются именно мобильные рубильные машины, благодаря своей мобильности и возможности быстрого перемещения к месту, где находится сырье. Кроме этого, они не требуют дополнительных работ для обеспечения процесса переработки отходов лесосечных работ, таких как строительство фундамента или прокладка энергетических коммуникаций. На данный момент проблема разработки

эффективных рубильных машин для производства топливной щепы является актуальной [1,2]. Фракционный состав щепы, получаемой из порубочных остатков, может содержать мелкие элементы из-за особенностей материала. Именно скорость движения щепы, ее траектория, а также конструктивные особенности лопаток и щепопровода оказывают основное влияние на выброс данных мелких частиц из кожуха рубильной машины [3,4]. Для совершенствования конструктивно-технологических параметров дисковых рубильных машин необходимо провести дополнительное исследование конструктивных схем выброса щепы из них.

**Методика исследований.** Данный исследовательский проект посвящен разработке эффективного оборудования для переработки древесного сырья, а именно для рубки тонкомерной продукции лесных плантаций. В основе исследования лежит мобильная дисковая рубильная машина как объект, и рабочий процесс эвакуации конечного продукта в виде щепы из данной машины как предмет исследования. Важно отметить, что этап эвакуации щепы из кожуха рубильной машины является ключевым в процессе измельчения древесного сырья. От его качества и объема зависит итоговый продукт [5].

**Результаты и обсуждение.** На рисунке 1 показаны различные способы транспортировки щепы из рубильных машин. Ударный и безударный способы перемещения измельченного сырья из рубильных машин являются базовыми. К ударному способу эвакуации щепы относятся технологические схемы с верхним и нижним выбросом [6].

В конструктивной схеме с верхним выбросом происходит транспортирование щепы воздушным потоком, создаваемым режущим органом или лопатками, расположенными на задней части измельчающего диска. Этот поток направляет измельченное сырье по щепопроводу в бункер или контейнер. В схеме с нижним выбросом щепа попадает на транспортер или в бункер, расположенные под рубильным диском, благодаря воздействию режущих элементов на частицы измельченного продукта [7, 8].

Рубильные машины с верхним и нижним выбросом щепы оснащены вентиляторами. Они играют важную роль в создании воздушного потока, необходимого для перемещения щепы через щепопровод в тару. Кроме того, с помощью вентилятора можно удалить измельченный продукт через нижнюю часть кожуха на транспортер.

При безударном методе транспортирования используется технологическая схема производства измельченного сырья с пониженной скоростью резания древесного материала. Щепа перемещается из подножевых пазух измельчающего диска на его периферию в направлении движения подачи материала [8].

Анализ применения разнообразных измельчающих устройств показывает, что рубильные машины с верхним выбросом имеют более простую конструкцию и более эффективно взаимодействуют с смежным калибровочным оборудованием. Однако, из-за дополнительного дробления материала, такие устройства дают меньшую выходную топливную щепу необходимой фракции.

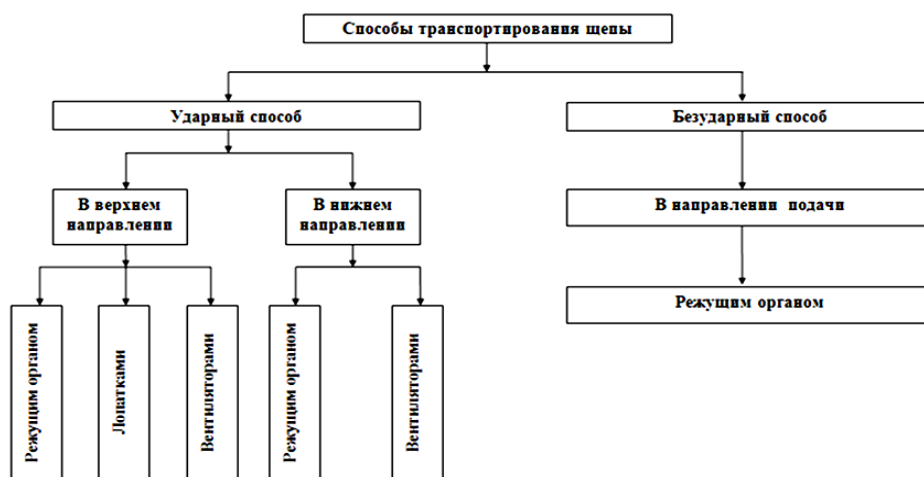


Рисунок 1. Способы транспортирования щепы из рубильных машин

Стоит отметить, что в процессе измельчения сырья у рубильных машин с верхним выбросом выпадают элементы щепы, которые не полностью отделились от волокон в процессе формирования щепы. Это приводит к тому, что качество щепы после сортировки остается более стабильным при хранении и последующей транспортировке.

С другой стороны, использование рубильных машин с нижним выбросом оказывается более эффективным при производстве различных видов целлюлозы, особенно когда необходимо использование только кондиционного сырья. Преимущество такого способа транспортировки щепы заключается в уменьшении мощности на 20% по сравнению с устройствами с верхним выбросом [7].

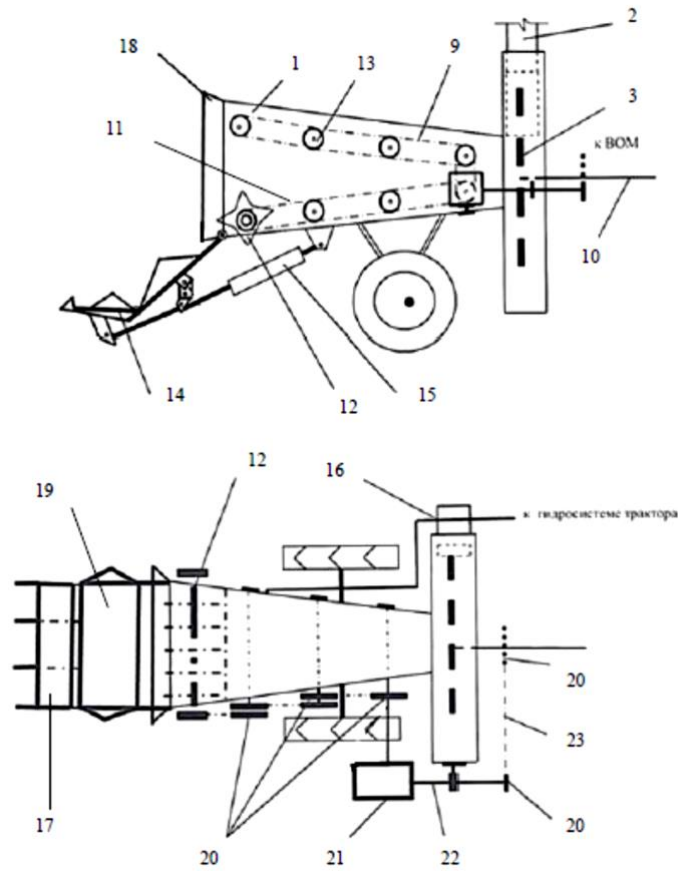
Одним из основных недостатков измельчающих устройств с нижним выбросом является проблема сбора щепы, производимой такими машинами. Это связано с тем, что выбросное окно кожуха измельчителя расположено низко. Из-за этого, данную схему транспортировки полученного продукта применяют только в стационарных рубильных машинах или в машинах, предназначенных для производства щепы на лесосеках для перегнивания.

При работе рубильных машин для измельчения древесного сырья, происходит взаимодействие щепы с внутренними стенками кожуха рубильного диска. Высокая скорость резания приводит к расслоению щепы, что в итоге увеличивает долю мелкой фракции в общем объеме щепы. При этом, применение безударного метода эвакуации щепы из кожуха рубильной машины увеличивает выход частиц кондиционной фракции на 5–6 % [9].

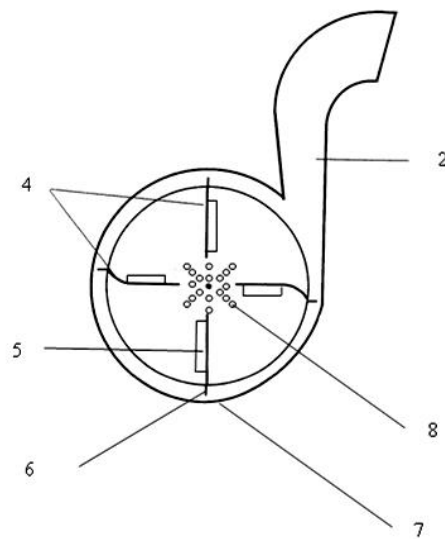
Анализ различных схем транспортировки щепы из кожуха рубильных машин показывает, что для производства топливной щепы из древесного сырья наиболее применяются мобильные дисковые рубильные машины с верхним выбросом щепы. В таких машинах обеспечивается перемещение полученного продукта на большие расстояния благодаря кинетической энергии рубильного диска, что упрощает сбор и транспортировку щепы потребителю.

Пониженный выход кондиционной продукции в сравнении с измельчителями с нижним выбросом не является принципиальным, так как

нет строгих технических требований к качеству топливной щепы. Щепа, используемая в энергетике и произведенная мобильными дисковыми рубильными машинами, должна содержать значительное количество мелкой фракции в общем объеме. Для повышения эффективности процесса транспортировки щепы, мы предлагаем следующую конструктивную схему рубильной машины (рисунок 2) [10].



а)



б)

Рисунок 2. Конструктивная схема рубильной машины: а) - общий вид; б) - кожух рубильной машины с отверстиями и измельчитель с лопатками, с установленными на их поверхностях ребрами



Нами предлагается конструктивная схема рубильной машины, содержащей корпус загрузочного патрона призмovidной формы 1, щепопровод 2, измельчитель 3 с лопатками 4 с установленными на их поверхности ребрами 5 и выступами прямоугольной формы 6, кожух измельчителя 7 с отверстиями 8, ременную передачу 9, приводной вал 10, механизм подачи 11, состоящий из подающего устройства крестообразного типа 12 и подающих валцов 13, подъемное устройство 14, состоящее из нижней 17 и верхней 19 платформ, гидроцилиндр 15, трубопровод 16, масляный бачок 17, направляющие пластины 18, систему шкивов 20, редуктор 21, вал 22, клиноремennую передачу 23.

Машина работает следующим образом. Маневрированием трактора рубильная машина подается к куче древесного сырья таким образом, чтобы рама подъемного устройства 14, шарнирно закрепленная с внешней стороны боковых стенок корпуса загрузочного патрона 1, располагалась в нижней части места расположения древесины. После этого в гидроцилиндре 15 при помощи трубопровода 16 соединенного с гидросистемой трактора, создается избыточное давление. Вследствие этого шток гидроцилиндра 15, выходя из корпуса гидроцилиндра 15, воздействует на раму подъемного устройства 14.

Так как рама подъемного устройства 14 представляет собой многосвязную систему, оснащенную платформами 17 и 19, то горизонтальное движение штока гидроцилиндра 15 преобразуется в вертикальное движение рамы подъемного устройства 14.

В результате некоторый объем древесного сырья располагается на уровне большего основания корпуса загрузочного патрона 1, имеющего призмovidную форму, прикрепленного меньшим основанием к измельчителю 3, а большее основание является входным отверстием для подачи измельчаемой древесины.

Направляющие пластины 18, имеющие жесткое крепление к корпусу загрузочного патрона 1 придают упорядоченно-направленное движение в корпус загрузочного патрона 1 порубочным остаткам, предназначенным для измельчения.

Подающие валцы 13, входящие в состав механизма подачи 11, оснащенные захватными зубьями, перпендикулярно прикрепленные к внутренним боковым стенкам корпуса загрузочного патрона 1 в два ряда, обеспечивают постоянную подачу древесного сырья в корпус загрузочного патрона 1 и дальнейшее их продвижение к измельчителю 3.

Вращательное движение подающего устройства крестообразного типа 12 и подающих валцов 13, а соответственно и линейное движение измельчаемого материала в корпусе загрузочного патрона призмovidной формы 1 с определенной скоростью подачи, обеспечивается при помощи ременной передачи 9 и системы шкивов 20, которые через редуктор 21, вал 22, клиноремennую передачу 23 и приводной вал 10 соединены с валом отбора мощности трактора.

Разделенная измельчителем 3 древесина попадает в кожух измельчителя 7 с отверстиями 8 в и под действием потока воздуха, создаваемого лопатками

4 и отверстиями 8, а также механического воздействия на них лопаток 4 с установленными на их поверхности ребрами 5 и прямоугольных выступов 6 доизмельчаются и транспортируются из всего объема кожуха щепопровода 2 в приемную тару или остаются на месте производства работ для перегнивания.

**Заключение.** В отличие от применяемых на практике рубильных машин, предложенная конструктивная схема дисковой рубильной машины, оснащенной новым механизмом выброса щепы является высокоэффективной, так как измельченная древесина из кожуха рубильного диска с отверстиями, под действием потока воздуха и механического воздействия на них лопаток, с прямоугольными выступами, дополнительно доизмельчается и эвакуируется из всего свободного объема кожуха, включая его донную часть.

### **Список использованной литературы.**

1. Фокин С.В. Современное состояние лесного и лесоперерабатывающего комплекса западной сибирей / С.В.Фокин, О.А. Фомина// в сборнике статей II всероссийской (национальной) научно-практической конференции "Современные научно-практические решения в АПК". Государственный аграрный университет Северного Зауралья. 2018. - С. 149-152.

2. Фокин С.В. О проблемах измельчения порубочных остатков на лесосеке / С.В.Фокин, Е.В. Саввин // Лесотехнический журнал. 2011. № 2 (2). - С. 30-31.

3. Фокин С.В. Экологосберегающие технологии при проведении современных агролесомелиоративных мероприятий/ С.В. Фокин, О.Н. Шпортко, А.С.Бурлаков // Научная жизнь. 2017. № 7. -С. 78-91.

4. Фокин С.В. К вопросу производства энергетической древесины дисковыми рубильными машинами с различными способами выброса щепы / С.В.Фокин, О.А. Фомина. // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2020. Т. 24. № 2. - С. 68-73.

5. Фокин С.В. К вопросу переработки древесных отходов на предприятиях АПК/ С.В.Фокин, О.Н. Шпортко, К.С. Манышев // в сборнике: статей II-ой международной научно-практической интернет-конференции. - ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия». 2017. - С. 1822-1825.

6. Фокин С.В. Об использовании древесных отходов при восстановлении защитных лесных полос/С.В.Фокин, О.Н. Шпортко, В.В.Цыплаков// Научная жизнь. 2015. № 6. - С. 134-142.

7. Фокин С.В. Моделирование машины для измельчения порубочных остатков/Фокин С.В.// Научное обозрение. 2011. № 5. -С. 258-265.

8. Фокин С.В.Основные экологические и лесотехнические требования, предъявляемые к рубильным машинам фрезерного типа для измельчения древесины / С.В.Фокин, О.Н. Шпортко //Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 2-1 (13-1). - С. 144-146.

9. Фокин С.В. Об основных видах энергетической древесины / С.В.Фокин, О.А. Фомина // в сборнике: Forest Engineering. материалы научно-практической конференции с международным участием. 2018. - С. 273-276.

10. Патент на полезную модель № 195168, МПК В27L 11/00 Устройство для измельчения порубочных остатков / Фокин С. В, Фомина О.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». – № 2019121482; заявл. 09.07.2019; опубл. 16.01.2020.

### References.

1. Fokin, S.V. Modern state of the forest and timber processing complex of Western Siberia / S.V. Fokin, O.A. Fomina// In the collection of articles of the II All-Russian (national) scientific-practical conference "Modern scientific and practical solutions in agroindustrial complex". Fomina// In the collection of articles of the II All-Russian (national) scientific-practical conference "Modern scientific and practical solutions in agroindustrial complex". State Agrarian University of Northern Trans-Urals. 2018.- P. 149-152.

2. Fokin, S.V. On the problems of chopping of felling residues at the harvesting area / S.V. Fokin, E.V. Savvin // Lesotechnicheskiy zhurnal. 2011. № 2 (2). - P. 30-31.

3. Fokin, S.V. Ecological-saving technologies in modern agroforestry measures / S.V. Fokin, O.N. Shportko, A.S. Burlakov // Scientific Life. 2017. № 7. -С. 78-91.

4. Fokin, S.V. To the issue of energy wood production by disk chippers with different methods of chip ejection / S.V.Fokin, O.A.. Fomina // Forestry Bulletin. Forestry Bulletin. 2020. Т. 24. № 2.- P. 68-73.

5. Fokin S.V. To the issue of wood waste processing at the enterprises of agro-industrial complex / S.V. Fokin, O.N. Shportko, K.S. Manyshev // In the collection: articles of the II-nd international scientific and practical internet conference. - FGBNU "Caspian Research Institute of arid agriculture". 2017. - P. 1822-1825.

6. Fokin S.V. On the use of wood waste in the restoration of protective forest strips/S.V. Fokin, O.N. Shportko, V.V. Tsyplakov// Scientific Life. 2015. № 6.- С. 134-142.

7. Fokin, S.V. Modeling of a machine for chopping of felling residues/Fokin, S.V.// Nauchnoe obozrenie. 2011. № 5. - P. 258-265.

8. Fokin, S.V. Basic environmental and forestry requirements for milling-type chopping machines for wood chopping / S.V. Fokin, O.N. Shportko // Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. 2015. Т. 3. № 2-1 (13-1). - P. 144-146.

9. Fokin, S.V. About the main types of energy wood / S.V. Fokin, O.A. Fomina // In collection: Forest Engineering. materials of the scientific and practical conference with international participation. 2018. - P. 273-276.

10. Patent for utility model No. 195168, IPC B27L 11/00 Device for chopping felling residues / Fokin S. V, Fomina O. A.; applicant and patentee FGBOU VO "Saratov GAU". - No. 2019121482; avv. 09.07.2019; published 16.01.2020.

Научная статья

УДК 674.81

*С.В. Фокин<sup>1</sup>, Д.В. Есков<sup>1</sup>, П.Ю. Медведева<sup>1</sup>, О.Н. Шпортко<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

<sup>2</sup>Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов, Россия.

## **О КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЯХ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ ПРИВОДА РУБИЛЬНЫХ МАШИН**

**Аннотация.** В процессе переработки продукции плантационных лесов в щепу используется широкий спектр рубильных машин, которые играют важную роль в получении конечной продукции. Они различаются по типу механизма резания, мобильности, а также по типу привода. При этом приводные устройства являются основным элементом в конструкции данного оборудования и оказывают значительное влияние на выбор силовой установки и параметры технологического процесса измельчения сырья. Однако вопрос классификации рубильных машин по типу привода получил недостаточное развитие в научной литературе. Поэтому в работе авторами проведен сравнительный анализ видов приводов рубильного оборудования для древесного сырья, который может стать основой для создания концепции конструктивной схемы нового рубильного оборудования, отличающегося высокой надежностью эксплуатации и безопасностью производства работ при измельчении продукции энергетических лесов в топливную щепу.

**Ключевые слова:** энергетические плантации, топливная щепка, рубильная машина, привод рубильных машин.

*S.V. Fokin<sup>1</sup>, D.V. Eskov<sup>1</sup>, P.Y. Medvedeva<sup>1</sup>, O.N. Shportko<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

<sup>2</sup>Gagarin Y.A. Saratov State Technical University, Saratov, Russia.

## **ON DESIGN FEATURES OF DIFFERENT CHIPPER DRIVE SCHEMES**

**Abstract.** In the process of processing plantation forest products into chips, a wide range of chippers are used, which play an important role in the final product. They differ in terms of cutting mechanism, mobility and drive type. At the same time, drive devices are the main element in the design of this equipment and have a significant impact on the choice of power plant and the parameters of the technological process of chopping raw materials. However, the issue of classification of chopping machines by type of drive has received insufficient development in the scientific literature. Therefore, in this paper the authors have carried out a comparative analysis of the types of drives of chopping equipment for

wood raw materials, which can be the basis for creating the concept of a constructive scheme of new chopping equipment, characterized by high reliability of operation and safety of work production when chopping the products of energy forests into fuel chips.

**Keywords:** energy plantations, fuel wood chips, chipper, chipper drive, chipper drive.

**Введение.** В таких странах, как Швеция, Канада, Австрия и США, существуют специально выращенные леса, известные как энергетические плантации, биомасса с которых используется для производства тепловой и электрической энергии, что подчеркивает актуальность разработки данного направления [3,4].

Для эффективной переработки тонкомерного древесного сырья рекомендуется использование мобильных рубильных машин для механической переработки древесного сырья. Одним из основных этапов этого процесса является измельчение древесины до мелких частиц, обеспечивающих однородный размер [7,8].

Такая операция необходима для облегчения транспортировки и последующего использования, полученной щепы [9,10]. Из всего перечня технических средств, используемых в цепочке производства топливной щепы, рубильная машина является наиболее энергоемким, сложным и дорогостоящим оборудованием [11,12].

**Методика исследований.** Объект исследования: мобильные рубильные машины для измельчения древесного сырья. Предмет исследования: приводные устройства конструктивных узлов рубильных машин. Сбор данных. Поиск и накопление материалов произведен согласно концепции обзора предметного поля [21,22].

В процессе поиска были рассмотрены труды как отечественных, так и зарубежных ученых. Литературный поиск проводился в различных базах данных и включал в себя не только электронные ресурсы (eLIBRARY, КиберЛенинка, Академия Google, Scopus, Web of Science) со следующими запросами: (дисковые рубильные машины) OR (измельчение порубочных остатков) OR (disc chippers) OR (wood chips), а также учебные и научные материалы из фондов Саратовской областной научной библиотеки и научной библиотеки Вавиловского университета за период с 1980 по 2022 годы. [5].

**Результаты и обсуждение.** Привод (силовой привод) представляет собой совокупность устройств, предназначенных для приведения в действие машин и механизмов (или их частей). Является тем, что выполняет работу по превращению одного типа энергии в другой и передаёт эту энергию исполнительному механизму.

То, что приводит исполнительный механизм в движение, представляет собой своего рода «вставку» между приводным двигателем и нагрузкой (машиной или механизмом, движителем) и выполняет те же функции, что и механическая передача.

В настоящее время выпускаются рубильные машины со следующими типами приводов:

1. Привод от ВОМ или гидравлической системы трактора
  2. Привод от электродвигателя
  3. Привод от собственного двигателя (бензинового или дизельного)
- (рисунок 1).

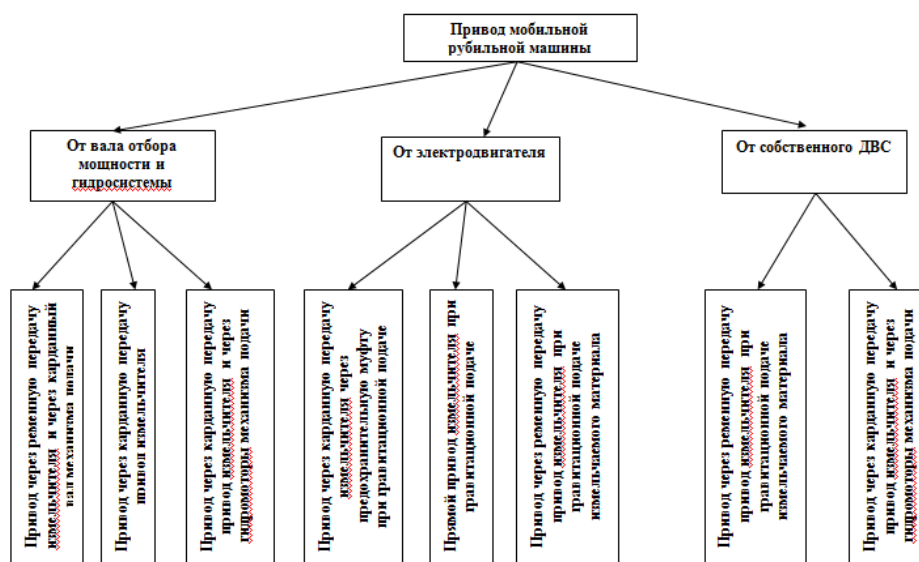


Рисунок 1. Классификация типов привода мобильной рубильной машины

Навесные и прицепные орудия получают вращение от ВОМ через карданные валы, а стационарные – через ременные передачи. В последнем случае шкив устанавливают на задний ВОМ трактора. В большинстве случаев работы лесохозяйственных машин ВОМ вращаются с окружной скоростью, не зависящей от скорости движения агрегата.

Однако для ряда орудий обороты вала должны изменяться с изменением поступательной скорости трактора. Конструкция ВОМ тракторов выполняется с учетом этих требований. Задний и боковой ВОМ могут быть включены как на независимый, так и на зависимый (синхронный) приводы. Управление включением привода ВОМ осуществляется рычагами с места водителя.

Гидропривод является основным приводом навесных устройств сельскохозяйственных тракторов и технологического оборудования промышленных тракторов. Он может также использоваться в гидроусилителях органов управления трактором. Этот привод по сравнению с механическим и пневматическим приводом имеет большую универсальность, меньшую металлоемкость, высокую надежность. Гидропривод состоит из насоса, гидромоторов, распределителя, масляного бака, маслопроводов и системы клапанов.

Электрический привод представляет собой электромеханическую систему, состоящую из электродвигательного, преобразовательного и управляющего устройств, предназначенная для приведения в движение исполнительных органов рабочей машины и управления этим движением.

Для выполнения этих функций электропривод вырабатывает механическую энергию за счет электрической энергии, получаемой от источника электрической энергии (сети электроснабжения).

Вырабатываемая электроприводом механическая энергия передается исполнительным органам рабочих машин и механизмов (ленте транспортера или конвейера, шпинделю токарного станка, крыльчатке насоса, кабине лифта) и при необходимости регулируется в соответствии с технологическими требованиями к режимам работы исполнительного органа.

За счет полученной энергии исполнительный орган совершает требуемое механическое движение, обеспечивая выполнение производственных и технологических операций: перемещение грузов, обработку деталей, транспортирование жидкости и газа.

Двигатели внутреннего сгорания (карбюраторные и дизели) являются одним из основных видов привода рубильных машин с автономным приводом. Дизели для привода рубильных машин применяются чаще, чем карбюраторные двигатели так, как они более экономичны, их к. п. д. равен 25–37%, тогда как у карбюраторных двигателей он не превышает 18–25%. При этом расход топлива у дизелей на 40–50% ниже, чем у карбюраторных двигателей.

В двигателях внутреннего сгорания недопустимы перегрузки, поэтому двигатели подбирают по максимальной нагрузке. Чтобы облегчить запуск двигателя под нагрузкой и приостановить работу механизмов машины без остановки двигателя, снизить динамические нагрузки в системе и предохранить двигатель от перегрузки, между двигателем и трансмиссией машины устанавливаются фрикционные или гидравлические муфты.

Результаты сравнительного анализа параметров и режимов работы рубильных машин приведены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительный анализ режимов работы рубильных машин

Машина	Уст. мощность, кВт	Производительность (по щепе), м <sup>3</sup> /ч	Скорость диска, мин <sup>-1</sup>
МДР-0,8	22	10	540
ВРМ-600	18,5	5	2000
ИВН-1Г	29,4	20	1000
С52ИВН	30	20	1000
SRUB-350M	7,5	3	1500
РРМ-3	5	3	1500
Каваста ВХ62m	18,5	5	1500
Laski LS 100/27 С	18,6	6	3000

Данные сравнительный анализа режимов работы рубильных машин, представленные в таблице 1 разделены на 4 кластера (рисунок 2).

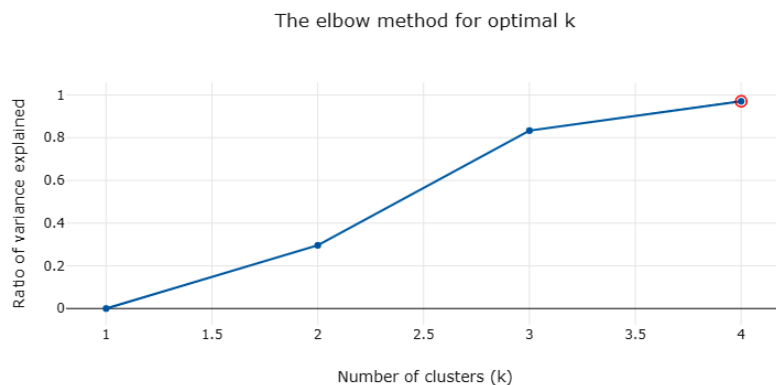


Рисунок 2. Зависимость для выбора количества кластеров при сравнительном анализе режимов работы рубильных машин

Для определения количества числа кластеров выбирался наименьший  $k$ , который объясняет не менее 90% дисперсии (97,0487%). Максимальное количество итераций в кластерах составило 4 (рисунок 3). Анализируя диаграмму (рисунок 3), можно сказать, что она разделена на четыре кластера. В первый кластер входит 1 рубильная машина (МДР-0,8), во второй кластер – тоже одна машина (ВРМ-600), в третий – одна машина (Laski LS 100/27 C), в четвертый – 5 машин (ИВН-1Г, С52ИВН, SRUB-350М, РРМ-3, Kavasta VX62m).

В первый кластер вошла машина, которая имеет среднее значение установленной мощности (22 кВт), среднее значение производительности ( $10 \text{ м}^3 / \text{ч}$ ) и низкую скорость вращения диска ( $540 \text{ мин}^{-1}$ ). Во второй кластер включена машина, которые имеет среднее значение установленной мощности (18,5 кВт.), низкое значение производительности ( $5 \text{ м}^3 / \text{ч}$ ) и высокую скорость вращения диска ( $2000 \text{ мин}^{-1}$ ).

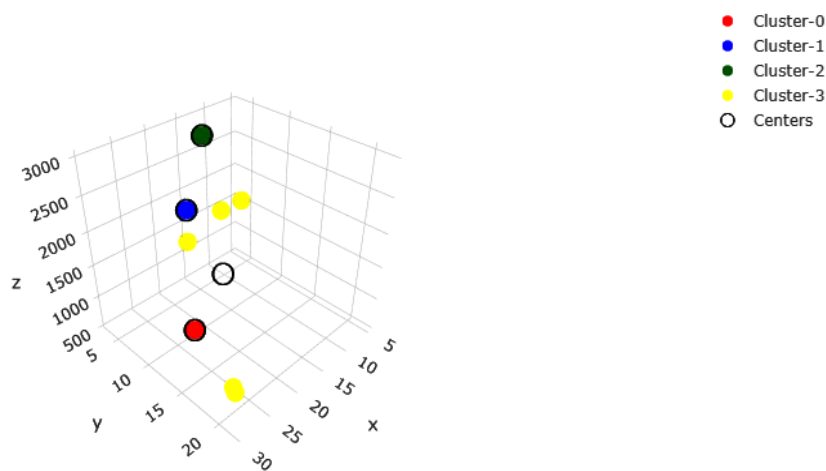


Рисунок 3. Идентификация кластеров при сравнительном анализе параметров конструкций рубильных машин

Машина, входящая в третий кластер, при самом высоком значении установленной мощности (29,4 кВт.) имеет высокую производительность (20



м<sup>3</sup>/ч) и среднюю скорость вращения диска (1000 мин<sup>-1</sup>). В четвертом кластере собраны машины, имеющие различную установленную мощность (5-30 кВт) и различными значениями производительности (5 – 20 м<sup>3</sup>/ч), но примерно одинаковыми показателями скорость вращения диска (1000-1500 мин<sup>-1</sup>).

**Заключение.** На основании проведенного анализа конструктивных особенностей привода рубильных машин для измельчения энергетического древесного сырья, дисковые рубильные органы, в составе рубильных машин, оснащенных приводом от вала отбора мощности трактора, имеют наиболее перспективные возможности их использования для переработки продукции плантационного лесовыращивания.

Существующие рубильные машины с различным типом приводов не позволяют выполнять эффективную работу на территориях, занятых лесными плантациями вследствие физических характеристик получаемой продукции и конструктивных особенностей измельчителей.

#### **Список использованной литературы.**

1. Фокин С.В. Современное состояние рынка биоэнергетических технологий / С.В. Фокин // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2. № 3-4 (8-4). - С. 107-110.

2. Фокин С.В. Современное состояние лесного и лесоперерабатывающего комплекса западной сибирей / С.В. Фокин, О.А. Фомина // в сборнике статей II всероссийской (национальной) научно-практической конференции "Современные научно-практические решения в АПК". Государственный аграрный университет Северного Зауралья. 2018.- С. 149-152.

3. Фокин С.В. К вопросу производства энергетической древесины дисковыми рубильными машинами с различными способами выброса щепы / С.В. Фокин, О.А. Фомина. // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2020. Т. 24. № 2. - С. 68-73.

4. Фокин С.В. Совершенствование технических средств переработки отходов лесосечных работ на топливную щепу в условиях вырубке/ С.В. Фокин // НИЦ «Инфра-М», Москва, 2018. - 187 с.

5. Фокин С.В. О проблемах измельчения порубочных остатков на лесосеке / С.В. Фокин, Е.В. Саввин // Лесотехнический журнал. 2011. № 2 (2). - С. 30-31.

6. Фокин С.В. О важности развития биоэнергетики в связи с необходимостью применения для производственных и коммунальных целей возобновляемых природных ресурсов / С.В. Фокин, О.А. Фомина // Мир Инноваций. 2019. № 4. - С. 23-27.

7. Фокин С.В. Экологосберегающие технологии при проведении современных агролесомелиоративных мероприятий/ С.В. Фокин, О.Н. Шпуртько, А.С. Бурлаков // Научная жизнь. 2017. № 7. - С. 78-91.

8. Фокин С.В. Современное состояние рынка биоэнергетических технологий / С.В. Фокин // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2. № 3-4 (8-4). - С. 107-110.

9. Фокин С.В. Основные экологические и лесотехнические требования, предъявляемые к рубительным машинам фрезерного типа для измельчения древесины / С.В.Фокин, О.Н. Шпортько // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 2-1 (13-1). - С. 144-146.

10. Фокин С.В. Об использовании древесных отходов при восстановлении защитных лесных полос/С.В.Фокин, О.Н. Шпортько, В.В.Цыплаков// Научная жизнь. 2015. № 6. - С. 134-142.

### References.

1. Fokin, S.V. Current state of the market of bioenergy technologies / S.V. Fokin // Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. 2014. Т. 2. № 3-4 (8-4). - P. 107-110.

2. Fokin, S.V. Modern state of the forest and timber processing complex of Western Siberia / S.V.Fokin, O.A.. Fomina// In the collection of articles of the II All-Russian (national) scientific-practical conference "Modern scientific and practical solutions in agroindustrial complex". State Agrarian University of Northern Trans-Urals. 2018.- P. 149-152.

3. Fokin S.V. To the issue of energy wood production by disk chippers with different methods of chip ejection / S.V. Fokin, O.A. Fomina // Forestry Bulletin. Forestry Bulletin. 2020. Т. 24. № 2.- P. 68-73.

4. Fokin S.V. Perfection of technical means of processing of waste woodcutting operations for fuel chips in the conditions of felling / S.V. Fokin // NIC "Infra-M", Moscow, 2018.- 187 p.

5. Fokin, S.V. On the problems of chopping of felling residues at the harvesting area / S.V. Fokin, E.V. Savvin // Lesotechnicheskiy zhurnal. 2011. № 2 (2). - P. 30-31.

6. Fokin, S.V. On the importance of bioenergy development in connection with the need to use renewable natural resources for production and municipal purposes / S.V. Fokin, O.A. Fomina // World of Innovations. Fomina// World of Innovations. 2019. № 4.- P. 23-27.

7. Fokin, S.V. Ecological-saving technologies in modern agroforestry measures / S.V. Fokin, O.N. Shportko, A.S. Burlakov // Scientific Life. 2017. № 7. -P. 78-91.

8. Fokin, S.V. Modern state of the bioenergy technologies market / S.V.Fokin // Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. 2014. Т. 2. № 3-4 (8-4). - P. 107-110.

9. Fokin, S.V. Basic environmental and forestry requirements for milling-type chopping machines for wood chopping / S.V. Fokin, O.N. Shportko // Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. 2015. Т. 3. № 2-1 (13-1). - P. 144-146.

10. Fokin S.V. On the use of wood waste in the restoration of protective forest strips/S.V.Fokin, O.N. Shportko, V.V.Tsyplakov// Scientific Life. 2015. № 6.- P. 134-142.

Научная статья  
УДК 551.482.4

*М.А. Козаченко, И.С. Чуев*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## **ВЛИЯНИЕ ПОГОДНОГО И АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА НА ГОРИМОСТЬ ЛЕСОВ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Аннотация.** В период с 2014 по 2023 год произошло 475 лесных пожаров (данные показатели получены на основе изучения статистических материалов). Обработка статистических данных по лесным пожарам на территории Саратовской области совмещена со статистикой погодных показателей и антропогенных параметров; произведена оценка среднегодовой площади лесных пожаров в различных лесничествах Саратовской области в различные годы. Полученные данные могут быть использованы при подготовке к пожароопасным сезонам в будущем.

**Ключевые слова:** пожароопасный сезон, лесной пожар, лесничество, пожарный максимум, антропогенный фактор.

*M.A. Kozachenko, I.S. Chuev*

Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## **THE INFLUENCE OF WEATHER AND ANTHROPOGENIC FACTORS ON THE BURNING OF FORESTS IN THE SARATOV REGION**

**Abstract.** In the period from 2014 to 2023, 475 forest fires occurred (these figures were obtained based on the study of statistical materials). The processing of statistical data on forest fires in the Saratov region is combined with statistics on weather indicators and anthropogenic parameters; the average annual area of forest fires in various forestry areas of the Saratov region in various years is estimated. The data obtained can be used in preparation for the fire season in the future.

**Keywords:** fire season, forest fire, forestry, fire maximum, anthropogenic factor.

**Введение.** Противопожарные мероприятия на землях лесного фонда необходимо проводить с учётом результатов оценок природных и антропогенных условий возникновения лесных пожаров [1]. При прогнозировании экологических последствий антропогенного пресса для скольких-нибудь значительных регионов знания экосистем уже недостаточно и исследования необходимо вести на уровне более крупных территорий [2].

**Методика исследований.** Для обработки статистического материала, систематизации и анализа данных использовался персональный компьютер с

применением программы Excel 2000 MS Office 2000. Программа позволяет оценить корреляционную зависимость между рядами данных.

Для выявления влияния погодного фактора на горимость в регионе использовались показатели месяцев пожароопасного периода – апрель, май, июнь, июль, август, сентябрь, октябрь. Они были сгруппированы по годам и совмещены с годовыми показателями лесных пожаров (таблица 1).

Таблица 1. Показатели погоды и параметры лесных пожаров за 2014-2023 годы (усреднённые по территории Саратовской области)

Показатели	Годы									
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Средняя площадь пожаров по годам, га	7,5	7,7	1,2	18,3	17,4	5,1	37,9	10,2	1,3	5,7
Общая площадь, га	83	650	9,7	513	1511	199	4968	511	17	137
Число пожаров	11	84	8	28	87	39	131	50	13	24
Количество выпавших осадков, мм	406,6	460,3	527	611	563,5	421	394	584	719	440
Средняя температура пожароопасного периода, t0C	15,1	16,6	16,4	15,1	16,8	16,5	16,9	18	16,6	18,7
Средняя влажность воздуха пожароопасного периода, %	54,3	57,7	61,1	64,3	59,3	58,3	57,5	61,3	64,2	59,1

Для выявления зависимостей был использован корреляционный анализ, результаты которого представлены в таблице 2.

Показатели коэффициента корреляции даёт не большие значения (зависимость считается высокая, если коэффициенты корреляции больше 0,7). Мы это связываем с большим количеством факторов, влияющих на процессы возникновения и развития лесных пожаров кроме погоды – плотность населения, транспортная доступность лесов, природные особенности лесов. Однако цифры позволяют сделать вывод о том, что средняя площадь пожаров и число пожаров зависят больше от средней температуры пожароопасного периода, общая площадь пожаров больше зависит от количества осадков; от средней влажности воздуха пожароопасного периода ничего не зависит.

Таблица 2. Корреляция между климатическими данными и параметрами лесных пожаров

Параметры лесных пожаров	Показатели погоды		
	Средняя температура пожароопасного периода	Количество выпавших осадков, мм	Средняя влажность воздуха пожароопасного периода
Средняя площадь пожаров по годам, га	0,5248	0,3498	0,0816
Общая площадь, га	0,3763	0,5130	0,1761
Число пожаров	0,6253	0,1601	-0,0409

Разнообразие условий на изучаемой территории требует проведения более точной сравнительной оценки и анализа на локальном территориальном уровне. Имеются определённые отличия в условиях в разных районах, Правобережье и Левобережье Саратовской области - различаются показатели погоды и статистика по лесным пожарам. Анализ средних данных по всей территории даёт общую картину, которую можно уточнить, проводя сравнительный анализ показателей лесных пожаров и параметров погоды, выявление зависимостей на локальном, муниципальном уровне.

Для оценки зависимости показателей лесных пожаров от природных и антропогенных факторов нами были выбраны в качестве параметров, характеризующих данные факторы плотность населения (чел./км<sup>2</sup>), средний класс ППО (баллы), доля лесов I КППО в процентах. Данные представлены в таблице 3.

Таблица 3. Показатели пожаров, антропогенных и природных факторов горимости

Наименование лесничества	Число пожаров в	Общая площадь, га	Средняя площадь пожаров по годам, га	Плотность населения, чел./км <sup>2</sup>	Средний класс ППО, баллов	Доля лесов I КППО, %
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
Балтайское	9	56,5	6,3	9,44	3,47	5,62
Черкасское	11	142,9	13,0	14,24	2,9	7,4
Базарно-Карабулакское	33	169,4	5,1	12,04	2,54	24,58
Вольское	31	124	4,0	14,51	3,06	6,11
Балаковское	10	309,4	30,9	15,66	3,06	14,91
Петровское	1	1,2	1,2	8,51	2,7	17,11
Новобурасское	6	36,3	6,1	22,46	2,6	20,6
Макаровское	2	2,6	1,3	13,95	2,89	4,14
Екатериновское	26	1236,1	47,5	11,12	2,98	21,14
Пугачевское	7	46,5	6,6	5,87	3,44	14,69
Аркадакское	9	1448,3	160,9	7,25	2,94	0,15

1	2	3	4	5	6	7
Аткарское	17	1073,1	63,1	9,23	2,86	12,14
Усовское	27	184,1	6,8	13,39	2,76	10,1
Вязовское	24	119,8	5,0	7,91	2,67	26,26
Саратовское	65	852,7	13,1	23,54	2,9	15,8
Марксовское	22	64,2	2,9	8,02	2,87	10,28
Романовское	10	79	7,9	8,99	2,7	15,7
Балашовское	33	117,3	3,6	17,47	2,6	25,84
Калининское	15	154,8	10,3	14,62	3,1	0,11
Лысогорское	16	176,1	11,0	10,45	3,1	10,7
Широко-Карамышское	25	606,9	24,3	25,78	2,9	4,8
Ершовское	3	10,7	3,6	8,02	2,9	10,5
Энгельское	10	210,5	21,1	22,46	3,49	13,9
Красноармейское	59	1200,5	20,3	7,91	3	19,6
Дьяковское	4	174,7	43,7	9,58	2,87	6,87
итого	475	8597,5	18,1	13,0	2,93	12,76

На основе статистической обработки данных и корреляционного анализа были получены показатели, представленные в таблице 4. Анализ таблицы 4 показывает отсутствие высокого уровня зависимости между показателями лесных пожаров, антропогенными и природными факторами горимости лесов. Наибольшее значение коэффициента корреляции отмечено между числом пожаров и плотностью населения.

Таблица 4. Корреляция между показателями лесных пожаров, антропогенными и природными факторами горимости лесов

Параметры лесных пожаров	Показатели природных и антропогенных факторов горимости		
	Плотность населения, чел./км <sup>2</sup>	Средний класс ППО, баллов	Доля лесов I КППО, %
Средняя площадь пожаров по годам, га	-0,114	0,003	-0,068
Общая площадь, га	0,035	-0,021	-0,013
Число пожаров	0,209	-0,147	-0,055

**Заключение.** Коэффициенты корреляции с погодными параметрами значительно выше (таблица 4) по сравнению с коэффициентами корреляции с антропогенными и природными факторами горимости лесов. Можно констатировать, что параметры лесных пожаров в большей степени зависят от погоды, чем от плотности населения, среднего класса ППО, доли лесов I КППО.

#### Список использованной литературы.

1. Никищенко Н.Г. Природные и антропогенные факторы возникновения лесных пожаров в Воронежской области / Никищенко Н.Г., Овчинникова Т.В. // Вестник ВГУ, серия: География, геоэкология, - 2007. - №2 – С.100-102.

2. Лесоведение и лесоводство: Учебник для студ. вузов / Светозар Николаевич Сеннов. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 256 с. ISBN 5-7695-2175-9

#### **References.**

1. Nikishchenko N.G. Natural and anthropogenic factors of forest fires in the Voronezh region / Nikishchenko N.G., Ovchinnikova T.V. // Bulletin of the VSU, series: Geography, geoecology, - 2007. - No.2 – pp.100-102.

2. Forestry and forestry: Textbook for students. universities / Svetozar Nikolaevich Sennov. – М.: Publishing Center “Academy”, 2005. – 256 p. ISBN 5-7695-2175-9

Научная статья

УДК 674.81

*С.В. Фокин, Д.В. Есков, П.Ю. Медведева, Д.В. Черкасов*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## **О ПРОВЕДЕНИИ ВЫБОРА ПОРОДЫ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПЛАНТАЦИОННЫХ ЛЕСАХ**

**Аннотация.** В статье приводится статистический анализ различных пород деревьев, образцы которых отличались плотностью выращиваемой древесины, так как она является определяющим фактором для теплоты сгорания и интенсивности роста древесной биомассы на протяжении жизни насаждения. При этом учитывалась возможность произрастания данных пород в условиях степной и лесостепной климатических зон Поволжья.

**Ключевые слова:** энергетические плантации, топливная щепка, быстрорастущие породы.

*S.V. Fokin, D.V. Eskov, P.Y. Medvedeva, D.V. Cherkasov*

Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## **ON CONDUCTING SPECIES SELECTION FOR USE IN ENERGY PLANTATION FORESTS**

**Abstract.** The article presents a statistical analysis of various tree species, samples of which differed in the density of growing wood, as it is a determining factor for the heat of combustion and the intensity of growth of woody biomass during the life of the plantation. The possibility of growing these species in the conditions of steppe and forest-steppe climatic zones of the Volga region was taken into account.

**Keywords:** energy plantations, fuel chips, fast-growing species.

**Введение.** Энергетическое лесное хозяйство представляет собой территории, занятые быстрорастущими деревьями, предназначенными для получения древесины как возобновляемого топливного ресурса в течение короткого периода времени. При этом быстрорастущие деревья или древесные породы специально выращиваются для получения биомассы (биотоплива) производства электро- и теплоэнергии, которые называют плантациями энергетической древесины или энергетический лес [1,2].

Они предназначены для производства конечной продукции, которая впоследствии может переработана механическим или химическим способом [3,4]. Целью данного исследования являлось проведение изысканий,



направленных на улучшение работы лесного комплекса региона путем реализации наиболее эффективных положений сквозной технологии на основе энергетических лесных плантаций, включая мероприятия по выбору быстрорастущей породы деревьев.

Одной из главных целей создания энергетических лесных плантаций является ускорение процесса выращивания сельскохозяйственной продукции, повышение ее качества и эффективности использования земельных участков. Для достижения этих целей ведется активное производство, которое включает химическую обработку, механизацию, мелиорацию и применение специфических методов агротехники. Кроме того, для достижения оптимальных результатов производства осуществляется тщательный отбор древесных пород [5,6].

**Методика исследований.** Для проведения статистического анализа различных пород деревьев нами рассматривались образцы, которые отличались плотностью выращиваемой древесины, так как она является определяющим фактором для теплоты сгорания и интенсивности роста древесной биомассы на протяжении жизни насаждения. При этом учитывалась возможность произрастания данных пород в условиях степной и лесостепной климатических зон Поволжья (таблица 1).

Таблица 1. Плотность древесины в абсолютно-сухом состоянии и теплота её сгорания

Порода	Плотность древесины, кг/ м <sup>3</sup>	Теплота сгорания, кВтч/ м <sup>3</sup>
Сосна обыкновенная	480	1500
Лиственница сибирская	620	1600
Ясень ланцетный	680	1850
Береза повислая	620	1670
Ольха черная	495	1300
Осина	415	1200
Тополь бальзамический	425	1230
Ива древовидная	425	1230
Дуб черешчатый	700	1850
Клен остролистный	653	1670

Для проведения выбора породы использовался иерархический кластерный анализ, который позволяет выделить группы схожих наблюдений или переменных на основе заданных характеристик. Процедура начиналась с рассмотрения каждого наблюдения или переменной как отдельного кластера, а затем постепенно объединяла кластеры до тех пор, пока не оставался только один.

Обработка данных проводилась на основании «принципа ближайшего соседа». Для решения использовался агломеративным иерархическим алгоритмом классификации. В качестве расстояния между объектами принято обычное евклидово расстояние.

**Результаты и обсуждение.** В результате расчета данных, приведенных в табл. 1 образовано 3 кластера: S (1,2,4,10), S (3,9), S (5,6,7,8). В первый

кластер вошли 4 породы: сосна обыкновенная, лиственница сибирская, береза повислая, клен остролистный. Первый кластер представлен породами, имеющими высокую плотность древесины и среднюю по выборке теплоту сгорания. Второй кластер представлен двумя породами: ясень ланцетный, дуб черешчатый. Результаты иерархической классификации объектов представлены на рис. 1 в виде дендрограммы [7]. Это породы, имеющие наивысшие показатели в выборке плотности древесины и теплоты сгорания.

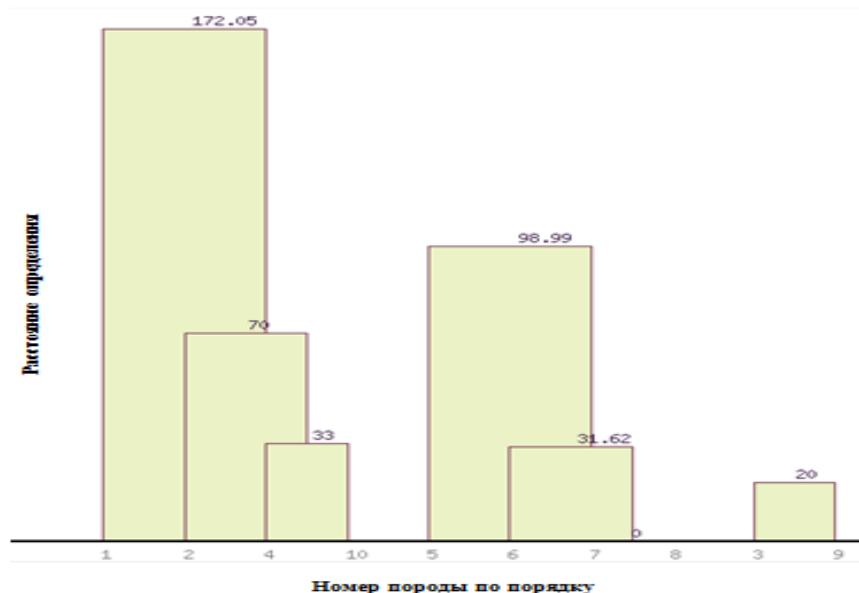


Рисунок 1. Иерархическая классификация пород по плотности древесины в абсолютно-сухом состоянии и теплоты её сгорания

В третий кластер вошли следующие 4 породы: ольха черная, осина, тополь бальзамический, ива древовидная. Это группа быстрорастущих пород, которые имеют небольшую плотность древесины, но высокие показатели в своей группе теплоты ее сгорания.

Поэтому руководствуясь значениями теплоты сгорания древесной биомассы пород, данного кластера закладка энергетических плантаций наиболее благоприятна с применением быстрорастущих пород ивы и тополя, входящих в один кластер. Саженьцы данных пород в первые годы жизни имеют высокие показатели роста и накопления биомассы.

Для создания лесных плантаций мы предлагаем использовать тополь бальзамический – это растение, способное поглотить в два раза больше углекислого газа, чем любые другие привычные виды, применяемые для озеленения. Кроме того, оно сокращает уровень шума и загрязнения воздуха в 1,5 раза. Заметим, что одно дерево тополя в день вырабатывает столько кислорода, сколько восемь лип, шесть дубов, пять кленов или тринадцать елей.

Тополь отличается стремительным ростом, исключительной устойчивостью к загрязненности атмосферы и солености почвы, а также не требует особого ухода. Все эти факторы сделали его лучшим вариантом для использования в быстром озеленении [8].

Поэтому при разработке положений сквозной технологии подготовки энергетических ресурсов при плантационном лесовыращивании нами предполагалось, что в качестве посадочного материала можно использовать саженцы-барбателлы тополя бальзамического с нормой высадки 2200 шт/ га, которые довольно часто используют за рубежом для закладки энергетических плантаций. Барбателла представляет собой черенковый саженец с однолетним побегом и двухлетней корневой системой.

Уход за энергетическими лесными плантациями проводится машинами, которые могут производят работы в рядах с различным расстоянием между деревьями. Технология создания энергетических лесных плантаций во многом схожа с обычным лесоразведением, однако основное отличие заключается в использовании крупномерных саженцев [9].

Выбор посадочного материала имеет ключевое значение при выращивании энергетических лесных плантаций. При этом необходимо учесть происхождение семян и вегетативного материала, генотип деревьев и целевое назначение плантаций.

На примере плантаций, где основной целью является получение плодов кедра, ореха и других культур, следует отбирать особей с высокой плодородностью, крупными плодами, а также небольшой высотой ствола, чтобы наклон ствола был минимальным [10].

**Заключение.** Для выращивания древесины с быстрым темпом прироста необходимо выбирать деревья с большой высотой и диаметром. Также важно учитывать происхождение семян, поскольку нерайонированные семена могут создать нежелательные качества в регионе выращивания. Плантации, созданные с использованием нерайонированного материала, могут также стать неустойчивыми к внешним факторам окружающей среды.

### **Список использованной литературы.**

1. Фокин, С. В. О важности развития биоэнергетики в связи с необходимостью применения для производственных и коммунальных целей возобновляемых природных ресурсов / С. В. Фокин, О. А. Фомина // Мир Инноваций. – 2019. – № 4. – С. 23-27.
2. Фокин, С. В. Современное состояние рынка биоэнергетических технологий / С. В. Фокин // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2014. – Т. 2, № 3-4(8-4). – С. 107-110. – DOI 10.12737/4350.
3. Фокин, С. В. Об основных видах энергетической древесины / С. В. Фокин, О. А. Фомина // Forest Engineering: материалы научно-практической конференции с международным участием, Якутск, Россия, 30–31 мая 2018 года. – Якутск, Россия: Издательский дом СВФУ, 2018. – С. 273-276.
4. Фокин, С. В. Экологосберегающие технологии при ведении современных агролесомелиоративных мероприятий / С. В. Фокин, О. Н. Шпортько, А. С. Бурлаков // Научная жизнь. – 2017. – № 7. – С. 78-91.
5. Фокин С.В. К вопросу переработки древесных отходов на предприятиях АПК/ С.В.Фокин, О.Н. Шпортько, К.С. Манышев // в сборнике:

статей II-ой международной научно-практической интернет-конференции. - ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия». 2017. - С. 1822-1825.

6. Фокин, С. В. Основные экологические и лесотехнические требования, предъявляемые к рубительным машинам фрезерного типа для измельчения древесины / С. В. Фокин, О. Н. Шпортко // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3, № 2-1(13-1). – С. 144-146.

7. Фокин С.В. Моделирование машины для измельчения порубочных остатков/Фокин С.В.// Научное обозрение. 2011. № 5. -С. 258-265.

8. Фокин С. В. Теоретическое обоснование основных конструктивно-технологических параметров устройства для измельчения порубочных остатков / С. В. Фокин, А. С. Бурлаков // Инновационная деятельность. – 2011. – № 4-1(17). – С. 123-130.

9. Фокин, С. В. Об использовании древесных отходов при восстановлении защитных лесных полос / С. В. Фокин, О. Н. Шпортко, В. В. Цыплаков // Научная жизнь. – 2015. – № 6. – С. 134-142.

10. Фокин, С. В. К обоснованию параметров и режимов работы устройства для измельчения порубочных остатков / С. В. Фокин // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2011. – № 3. – С. 36-44.

#### **References.**

1. Fokin, S. V. On the importance of bioenergy development due to the need to use renewable natural resources for production and municipal purposes / S. V. Fokin, O. A. Fomina // Mir Innovatsii. - 2019. - № 4. - P. 23-27.

2. Fokin, S. V. Modern state of the bioenergy technologies market / S. V. Fokin // Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. - 2014. - Т. 2, № 3-4(8-4). - P. 107-110.

3. Fokin, S. V. About the main types of energy wood / S. V. Fokin, O. A. Fomina // Forest Engineering: proceedings of the scientific and practical conference with international participation, Yakutsk, Russia, May 30-31, 2018. - Yakutsk, Russia: Publishing House of SVFU, 2018. - P. 273-276.

4. Fokin, S. V. Ecological-saving technologies in the conduct of modern agroforestry measures / S. V. Fokin, O. N. Shportko, A. S. Burlakov // Scientific Life. - 2017. - № 7. - P. 78-91.

5. Fokin S.V. To the issue of wood waste processing at the enterprises of agro-industrial complex / S.V. Fokin, O.N. Shportko, K.S. Manyshev // In the collection: articles of the II-nd international scientific and practical internet conference. - FGBNU "Caspian Research Institute of arid agriculture". 2017. - P. 1822-1825.

6. Fokin, S. V. Basic environmental and forestry requirements for milling-type chopping machines for wood chopping / S. V. Fokin, O. N. Shportko // Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. - 2015. - Т. 3, № 2-1(13-1). - P. 144-146.

7. Fokin, S.V. Modeling of the machine for chopping the felling residues / Fokin, S.V. // Scientific Review. 2011. № 5. - P. 258-265.
8. Fokin S. V. V. Theoretical substantiation of the basic design and technological parameters of the device for chopping of felling residues / S. V. Fokin, A. S. Burlakov // Innovation activity. - 2011. - № 4-1(17). - P. 123-130.
9. Fokin, S. V. On the use of wood waste in the restoration of protective forest belts / S. V. Fokin, O. N. Shportko, V. V. Tsyplakov // Scientific Life. - 2015. - № 6. - P. 134-142.
10. Fokin, S. V. To substantiation of parameters and modes of operation of the device for chopping felling residues / S. V. Fokin // Bulletin of Mari State Technical University. Series: Forest. Ecology. Nature management. - 2011. - № 3. - P. 36-44.

Научная статья

УДК 674.81

*С.В. Фокин<sup>1</sup>, Д.В. Есков<sup>1</sup>, П.Ю. Медведева<sup>1</sup>, О.Н. Шпортко<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

<sup>2</sup>Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов, Россия.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ РУБИЛЬНЫХ МАШИН**

**Аннотация.** В статье проводится исследование образцов рубильного оборудования для использования в рамках сквозной технологии лесовыращивания при переработке продукции энергетических лесов.

**Ключевые слова:** энергетические плантации, топливная щепка, рубильная машина.

*S.V. Fokin<sup>1</sup>, D.V. Eskov<sup>1</sup>, P.Y. Medvedeva<sup>1</sup>, O.N. Shportko<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

<sup>2</sup>Saratov State Technical University after Gagarin Y.A., Saratov, Russia.

## **RESULTS OF COMPARATIVE ANALYSIS OF PARAMETERS AND OPERATING MODES OF CHOPPING MACHINES**

**Abstract.** The paper investigates samples of chopping equipment for use as part of an end-to-end silvicultural technology in the processing of energy forest products.

**Keywords:** energy plantations, fuel chips, chopping machine.

**Введение.** Энергетический кризис, возникший в результате определенной ситуации, побудил общество к активному поиску альтернативных источников первичной энергии. Одной из самых перспективных тем в этой области является использование биомассы, в особенности древесины, для производства энергии. Это направление изучается уже продолжительное время, и его роль становится все более значимой [1,2]. В России имеется значительный опыт плантационного выращивания лесных культур. В 1980-х годах было создано примерно 36 тысяч гектаров лесосырьевых плантаций. Однако в 1990-х годах объемы таких работ начали сокращаться и в конечном итоге почти полностью прекратились. [3,4]. Для успешного создания энергетических плантаций и эффективного планирования территории имеет значение разумная организация переработки древесных отходов, которые возникают при выращивании плантационных деревьев и переработке древесного сырья для получения конечной продукции.

Для эффективного решения задачи переработки тонкомерных древесных материалов рекомендуется использовать мобильные рубильные машины.

**Методика исследований.** При выборе наилучшей опции рубильного оборудования для использования на энергетических лесных плантациях, мы провели исследования, применяя общелогические методы. Одним из основных аспектов был анализ режимов работы рубильного оборудования для обработки древесного сырья. В результате исследования было установлено, что на рынке существуют следующие типы механизмов резания: дисковые, барабанные, роторные, молотковые дробилки и шредеры. [5,6].

**Результаты и обсуждение.** Сравнительный анализ режимов работы рубильных машин проводился методом k-средних, разработанным Маккуином (1967) и на данный момент является одним из наиболее широко используемых неиерархических методов.

Количество кластеров в методе k-средних должно быть определено методом локтя, который является распространенным способом определения соответствующего количества кластеров. С каждым новым кластером общая вариация в каждом кластере становится все меньше и меньше. В крайнем случае, когда кластеров столько, сколько точек, результат равен нулю. В таблице 1. представлены данные для сравнительного анализа режимов работы рубильных машин [7,8].

В результате расчета данных, приведенных в таблице 2, образовано 4 кластера: S (5,7), S (8,9,10), S (3), S (1,2,3,6) (рис. 1). В первый кластер вошли 2 машины: дробилка молотковая МД 5×5, мульчер FAE DML. Первый кластер представлен машинами, имеющими наименьшие показатели режимов работы. Второй кластер представлен тремя измельчителями: шредер ОШВ 600, молотковая дробилка СМД-112, шредер РРМ-1.

Таблица 1. Сравнительный анализ режимов работы рубильных машин

Обозначение машины	Мах.разм.перераб. древесины, мм	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Уст.мощность, кВт
Рубмастер МОБИ-300 (дисковая)	300	40	100,3
РРМ – 9 (дисковая)	300	25	100,3
Skorpion 350 SDB (барабанная)	300	16	63
Gandini 30/60 TPS (барабанная)	300	18	110
мульчер FAE DML (роторный)	120	6,5	52
мульчерSerrat FX4 T2300 (роторный)	280	10,8	110
Дробилка молотковая МД 5x5	100	3,8	22
Молотковая дробилка СМД-112	150	4,5	18,5
шредер РРМ-1	150	0,25	7,5
шредер ОШВ 600	150	1,25	30

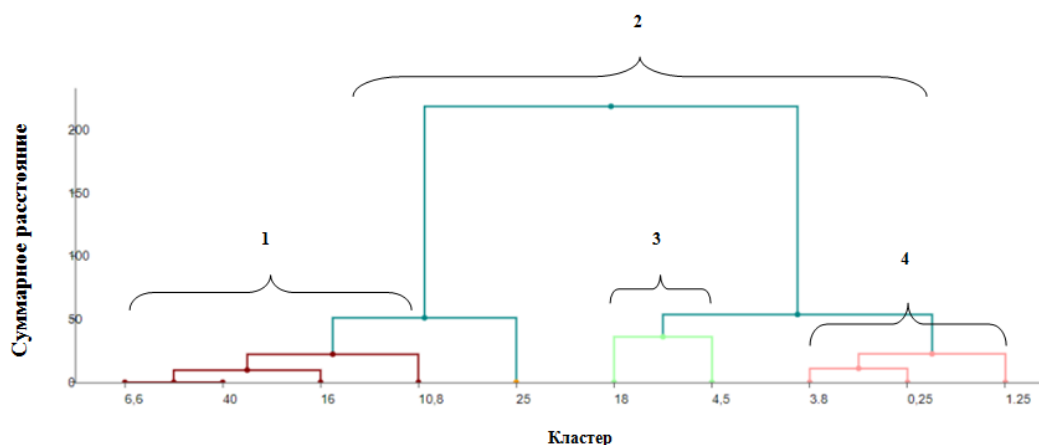


Рисунок 1. Зависимость для выбора количества кластеров при сравнительном анализе режимов работы рубильных машин

Это машины, имеющие средние показатели режимов работы в выборке максимального размера перерабатываемой древесины, производительности и установленной мощности. В третий кластер вошли одна машина: Skorpion 350 SDB. Этот кластер характеризуют высокие значения максимального размера перерабатываемой древесины и средние значения я производительности и установленной мощности.

В четвертый кластер определились следующие рубильные машины: Рубмастер МОБИ-300, PPM – 9, Gandini 30/60 TPS и мульчер Serrat FX4 T2300. Данная группа рубильного оборудования обладает наивысшими показателями в выборке максимального размера перерабатываемой древесины, производительности и установленной мощности (рисунок 2).

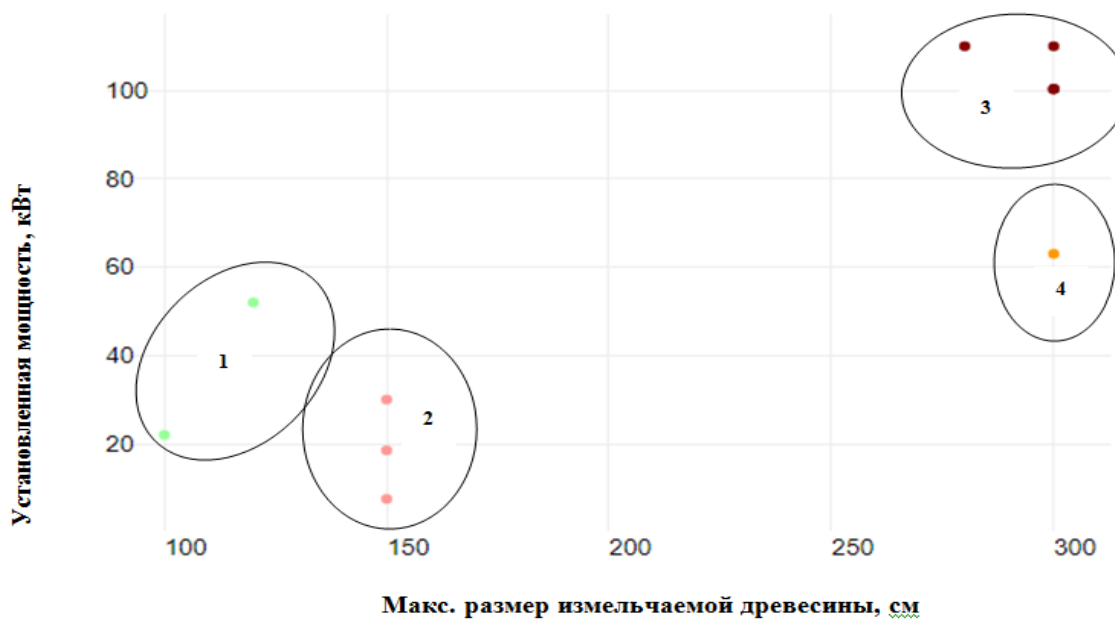


Рисунок 2. Идентификация кластеров при сравнительном анализе параметров конструкций рубильных машин



Проведенный анализ показал, что эффективное образование древесной биомассы достигается при выращивании энергетических плантаций лиственных пород с последующей рубкой в течение 30 лет. Именно при таком сроке выращивания возможно получить максимальное количество древесной массы, превышающее показатели более длительного процесса.

Например, при двух оборотах рубки в течение 30 лет древесная масса образуется на 13–16% больше, чем при непрерывном выращивании до 60 лет. Увеличение времени выращивания до 80 лет нецелесообразно, поскольку прирост древесной биомассы за этот период в 2,3–2,7 раза меньше, чем за первые 20 лет.

Кроме того, необходимость выращивания энергетической плантации до 30 лет объясняется интенсивным возобновлением после рубки, что позволяет получить следующие поколения без особых затрат и с более качественным ростом, а также высокой способностью молодых растений поглощать углерод. Величина его годового депонирования превышает или приближается к 2 тоннам в гектаре [9].

Анализируя результаты динамики роста тополя бальзамического по годам можно отметить, что в возрасте 4 лет его диаметр составляет от 2,0 до 2,2 см и каждый последующий год прирост составляет 1 см. Таким образом, достигая к 18 летнему возрасту диаметра 14,3 см.

Поэтому для переработки древесного сырья, полученного с энергетических плантаций тополя бальзамического целесообразно использовать машины, обладающие большим диапазоном размеров измельчаемого сырья, к которым можно отнести рубильное оборудование, входящее в кластер с машинами, обладающими наивысшими значениями показателей режимов работы для переработки продукции плантационных лесов. Рассматривая конструктивные особенности этих машин и требования, предъявляемые к топливной щепе можно рекомендовать к применению дисковые рубильные машины.

**Заключение.** Для использования вместе с измельчителями тракторного типа, маломощные дисковые дробилки обычно применяются в качестве навесного и прицепного оборудования, благодаря своему небольшому весу. В отличие от них, более мощные аппараты, такие как дисковые или барабанные машины с усовершенствованными системами подачи, чаще устанавливаются на прицепах [10]. В большинстве случаев, прицепы способны развивать скорость до 80 километров в час на дорогах общего пользования, а тяжелые прицепы оснащены тормозами и световыми приборами.

К преимуществам прицепной техники также относится возможность установки бункера для сбора щепы, который обычно оснащен подъемно-поворотной системой для обеспечения быстрой разгрузки. На основе изложенного можно сделать вывод, что для переработки древесного сырья, полученного с энергетических лесных плантаций, наиболее целесообразно использовать прицепные рубильные машины.

### Список использованной литературы.

1. Фокин, С. В. Теоретическое обоснование основных конструктивно-технологических параметров устройства для измельчения порубочных элементов / С. В. Фокин, А. С. Бурлаков // Инновационная деятельность. – 2011. – № 4-1(17). – С. 123-130.
2. Фокин, С. В. К вопросу переработки древесных отходов на предприятиях АПК / С. В. Фокин, О. Н. Шпортько, К. С. Манышев // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: II международная научно-практическая интернет-конференция, с. Солёное Займище, 28 февраля 2017 года / ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия». – с. Солёное Займище: Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, 2017. – С. 1822-1825.
3. Фокин, С. В. Экологосберегающие технологии при ведении современных агролесомелиоративных мероприятий / С. В. Фокин, О. Н. Шпортько, А. С. Бурлаков // Научная жизнь. – 2017. – № 7. – С. 78-91.
4. Саввин, Е. В. О проблемах измельчения порубочных остатков на лесосеке / Е. В. Саввин, С. В. Фокин // Лесотехнический журнал. – 2011. – № 2(2). – С. 30-31.
5. Фокин, С. В. Современное состояние лесного и лесоперерабатывающего комплекса Западной Сибири / С. В. Фокин, О. А. Фомина // Сборник статей II всероссийской (национальной) научно-практической конференции "Современные научно-практические решения в АПК", Тюмень, 26 октября 2018 года / Государственный аграрный университет Северного Зауралья. Том Часть 2. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2018. – С. 149-152.
6. Фокин, С. В. К обоснованию параметров и режимов работы устройства для измельчения порубочных остатков / С. В. Фокин // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2011. – № 3. – С. 36-44.
7. Фокин, С. В. Моделирование машины для измельчения порубочных остатков / С. В. Фокин // Научное обозрение. – 2011. – № 5. – С. 258-265.
8. Фокин, С. В. Обоснование конструкции машин фрезерного типа для получения биотоплива в условиях лесов степной и лесостепной зон Поволжья / С. В. Фокин, О. Н. Шпортько // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2014. – Т. 2, № 5-3(10-3). – С. 156-160. – DOI 10.12737/6950.
9. Фокин, С. В. Об основных видах энергетической древесины / С. В. Фокин, О. А. Фомина // Forest Engineering : материалы научно-практической конференции с международным участием, Якутск, Россия, 30–31 мая 2018 года. – Якутск, Россия: Издательский дом СВФУ, 2018. – С. 273-276.
10. Цыплаков, В. В. О применении устройства для измельчения порубочных остатков при реконструкции защитных лесонасаждений / В. В. Цыплаков, С. В. Фокин // Научное обозрение. – 2011. – № 5. – С. 253-257.

## References.

1. Fokin, S. V. Theoretical substantiation of the main design and technological parameters of the device for chopping felling elements / S. V. Fokin, A. S. Burlakov // *Innovation activity*. - 2011. - № 4-1(17). - P. 123-130.
2. Fokin, S. V. To the issue of wood waste processing at the enterprises of agroindustrial complex / S. V. Fokin, O. N. Shportko, K. S. Manyshev // *Modern ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of rational nature management: II international scientific and practical Internet-conference*, s. V., Solenoye Zaimishche, p. V. Solenoye Zaimishche, February 28, 2017 / FGBNU "Caspian Research Institute of Arid Agriculture". - Solenoye Zaimishche village: Caspian Research Institute of Arid Agriculture, 2017. - P. 1822-1825.
3. Fokin, S. V. Ecological-saving technologies in the conduct of modern agroforestry measures / S. V. Fokin, O. N. Shportko, A. S. Burlakov // *Scientific Life*. - 2017. - № 7. - P. 78-91.
4. Savvin, E. V. About the problems of chopping of felling residues at the harvesting area / E. V. Savvin, S. V. Fokin // *Lesotechnicheskiy zhurnal*. - 2011. - № 2(2). - P. 30-31.
5. Fokin, S. V. Modern state of forest and timber processing complex of Western Siberia / S. V. Fokin, O. A. Fomina // *Collection of articles of the II All-Russian (national) scientific-practical conference "Modern scientific and practical solutions in agroindustrial complex"*, Tyumen, October 26, 2018 / State Agrarian University of Northern Trans-Urals. Volume Part 2. - Tyumen: State Agrarian University of Northern Trans-Urals, 2018. - P. 149-152.
6. Fokin, S. V. To substantiate the parameters and operating modes of the device for chopping felling residues / S. V. Fokin // *Bulletin of Mari State Technical University. Series: Forest. Ecology. Nature management*. - 2011. - № 3. - P. 36-44.
7. Fokin, S. V. Modeling of a machine for chopping felling residues / S. V. Fokin // *Scientific Review*. - 2011. - № 5. - P. 258-265.
8. Fokin, S. V. Justification of the milling-type machines design for biofuel production in the conditions of forests of steppe and forest-steppe zones of the Volga region / S. V. Fokin, O. N. Shportko // *Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*. - 2014. - T. 2, № 5-3(10-3). - P. 156-160. - DOI 10.12737/6950.
9. Fokin, S. V. About the main types of energy wood / S. V. Fokin, O. A. Fomina // *Forest Engineering: proceedings of the scientific and practical conference with international participation*, Yakutsk, Russia, May 30-31, 2018. - Yakutsk, Russia: Publishing House of SVFU, 2018. - P. 273-276.
10. Tsyplakov, V. V. On the application of the device for chopping of felling residues in the reconstruction of protective forest plantations / V. V. Tsyplakov, S. V. Fokin // *Scientific Review*. - 2011. - № 5. - P. 253-257.

Научная статья  
УДК 551.482.4

*М.А. Козаченко*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ ПО ОГНЕВЫМ ПОВРЕЖДЕНИЯМ ДЕРЕВЬЕВ ДЛЯ ЛЕСОВ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Аннотация.** Изучить параметры лесного пожара в момент его действия практически невозможно, так как нельзя точно предсказать время и место его возникновения. Прогнозирование параметров лесных пожаров в лесах требуется для подготовки и обеспечения лесных пожарных всем необходимым для тушения лесных пожаров – противопожарное оборудование должно по своей мощности и эффективности соответствовать тем пожарам, которые оно должно потушить. В статье проведено моделирование параметров лесных пожаров по тем огневым повреждениям, которые нанесли пожары деревьям в прошлом.

**Ключевые слова:** огневые повреждения деревьев, лесной пожар, лесничество, пожарный максимум, сосновые леса, дубовые леса.

*М.А. Kozachenko*

Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## **MODELING OF FOREST FIRE PARAMETERS BASED ON FIRE DAMAGE TO TREES FOR FORESTS OF THE SARATOV REGION**

**Abstract.** It is almost impossible to study the parameters of a forest fire at the time of its action, since it is impossible to accurately predict the time and place of its occurrence. Forecasting the parameters of forest fires in forests is required to train and provide forest firefighters with everything necessary to extinguish forest fires – fire-fighting equipment must match the power and efficiency of the fires that it must extinguish. The article simulates the parameters of forest fires based on the fire damage caused by fires to trees in the past.

**Keywords:** fire damage to trees, forest fire, forestry, fire maximum, pine forests, oak forests.

***Введение.*** Успешное решение проблемы охраны лесов от пожаров невозможно без постановки на научную основу всех мероприятий, связанных

с профилактикой, обнаружением и тушением лесных пожаров [1]. Изучение огневых повреждений деревьев позволяет изучить те пожары, которые их оставили и дать научное обоснование при планировании управления противопожарными ресурсами. Пожары возникают чаще в летний период и характеризуются устойчивой формой. Последствия пожаров наиболее негативны, часто до полной гибели древостоев [2].

**Методика исследований.** Для моделирования параметров лесных пожаров проводился анализ огневых повреждений деревьев, сопоставление полевых данных с породным составом лесов, условиями рельефа и другими факторами.

Анализ представленных выше данных по огневым повреждениям деревьям даёт возможность определить, что имеется зависимость параметров лесных пожаров от породного состава лесов и рельефа. Это в свою очередь позволяет прогнозировать параметры лесных пожаров имея данные по составу лесов и орографическим условиям, соответственно этим прогнозам корректировать параметры объектов противопожарного обустройства, наличие средств пожаротушения (на данный момент эти показатели определяются с помощью нормативов, которые не всегда учитывают особенности конкретной местности).

Так можно отметить, что усреднённые показатели глубины ожогов и высоты нагара в сосновых лесах имеют синхронную динамику при движении по рельефу (рисунок 1).

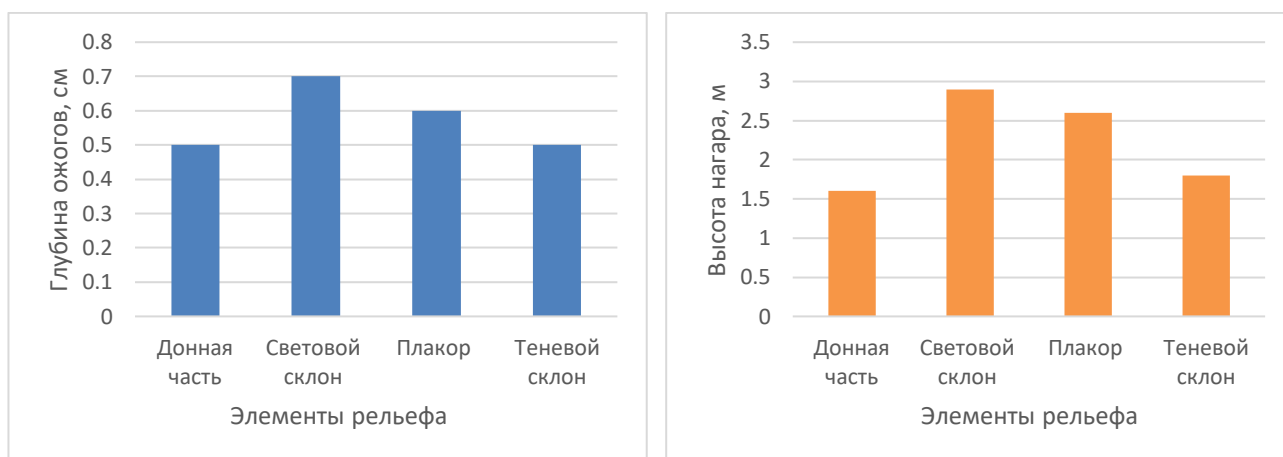


Рисунок 1. Усреднённые показатели глубины ожогов и высоты нагара в сосновых лесах

Можно прогнозировать в сосновых лесах:

- в донных частях рельефа и на теневых склонах пожары низкой интенсивности с высотой пламени около 1,5 м;
- на световых склонах пожары высокой интенсивности с высотой пламени около 3 м;
- на плакорах пожары средней интенсивности с высотой пламени около 2,5 м.

В дубовых лесах средние показатели глубины ожогов составляют около 0,7 см, высота пламени наибольшая на плакорах (рисунок 2).

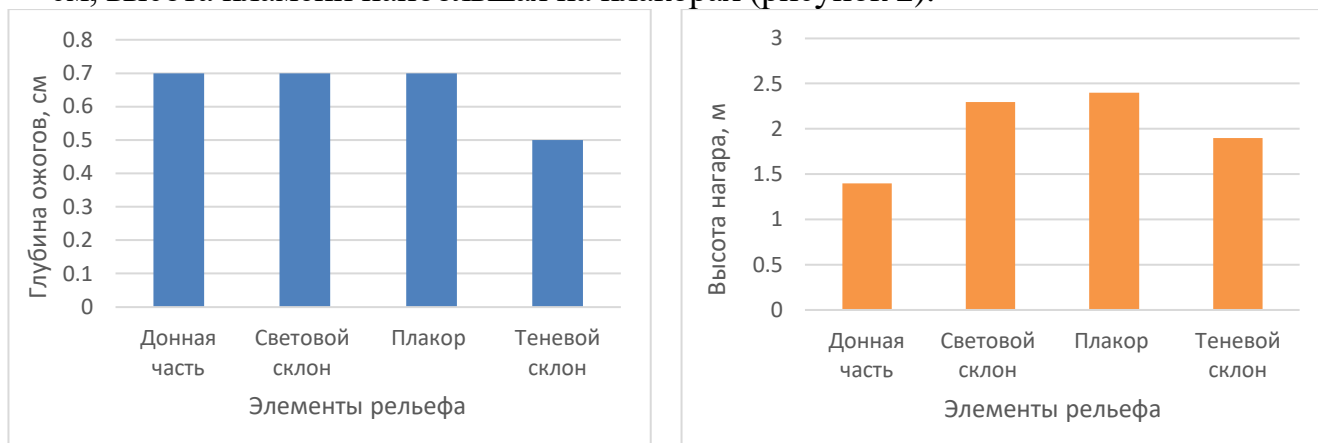


Рисунок 2. Усреднённые показатели глубины ожогов и высоты нагара в дубовых лесах

Можно прогнозировать в дубовых лесах:

- в донных частях рельефа пожары высокой интенсивности с высотой пламени около 1,5 м;
- на световых склонах пожары высокой интенсивности с высотой пламени около 2,5 м;
- на плакорах пожары высокой интенсивности с высотой пламени около 2,5 м;
- на теневых склонах пожары низкой интенсивности с высотой пламени около 2 метров.

В лесах смешанного породного состава показатели глубины ожогов и высоты пламени в березняках (таблица 5.5) наибольшие на световых склонах; на плакорах и теневых склона эти показатели значительно снижаются (рисунок 3).

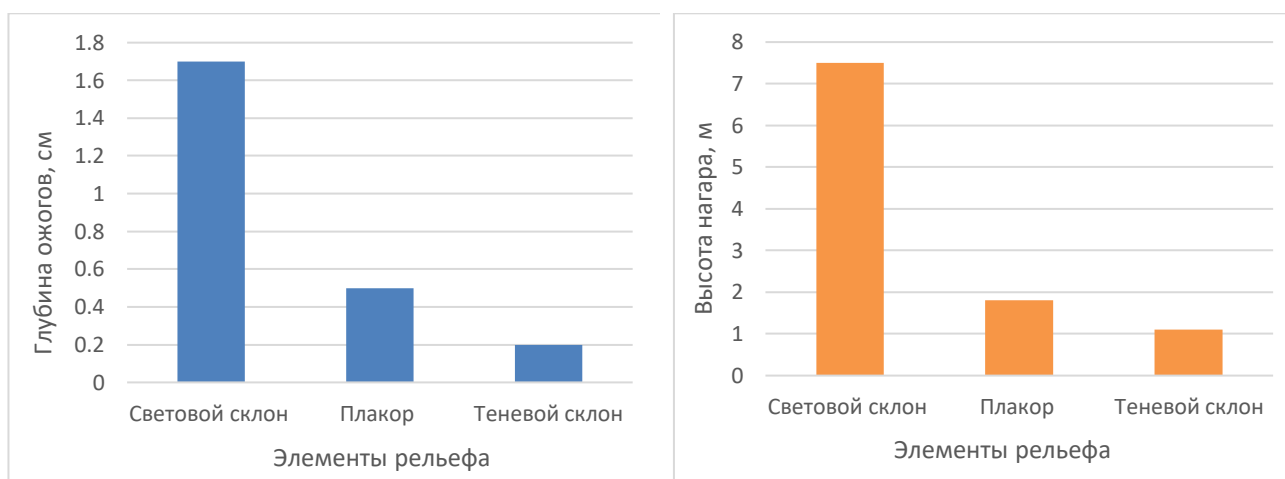


Рисунок 3. Усреднённые показатели глубины ожогов и высоты нагара в березняках

Можно прогнозировать в лесах смешанного породного состава:

- на световых склонах пожары высокой интенсивности с высотой пламени до 7 м;

- на плакорах пожары низкой интенсивности с высотой пламени менее 2 м;

- на теневых склонах пожары низкой интенсивности с высотой пламени около 1 м.

**Заключение.** Глубина ожогов, высота нагара, доля выгоревшей окружности ствола на деревьях являются прямыми последствиями воздействия огня лесного пожара. Это позволяет определить некоторые параметры лесного пожара, который оставил такие следы - интенсивность горения, высота пламени, направление движения пожара.

#### **Список использованной литературы.**

1. Залесов, С. В. Лесная пирология: учебник / С. В. Залесов; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет. – 4-е изд., перераб. и доп. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2021. – 396 с.

2. Буряк, Л.В. Влияние пожаров на формирование насаждений Нижнего Приангарья: моногр. / Л.В. Буряк, О.П. Каленская. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2020. – 140 с.

#### **References.**

1. Zalesov, S. V. Forest pyrology: textbook / S. V. Zalesov; Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Ural State Forestry University. – 4th ed., reprint. and additional – Yekaterinburg: UGLTU, 2021. – 396 p

2. Buryak, L.V. The influence of fires on the formation of plantations of the Lower Angara region: monograph / L.V. Buryak, O.P. Kalenskaya. – Pushkino: VNIILM, 2020. – 140 p.

Научная статья

УДК 630\*181.525:632.51

*П.А. Попкова, Ю.В. Ларина, Д.А. Маштаков*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## **РОСТ И СОХРАННОСТЬ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В СУБСТРАТАХ ИХ МЕСТНЫХ ПОЧВЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ЗАКРЫТОГО ГРУНТА СТЕПНОГО САРАТОВСКОГО ПОВОЛЖЬЯ**

**Аннотация.** Характеристика роста, сохранности и текущего состояния однолетних сеянцев дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) и робинии (*Robinia pseudoacacia* L.) при использовании в качестве субстрата компонентов почв черноземного и каштанового ряда, характерных для степного Саратовского Поволжья. Приведены биометрические показатели однолетних сеянцев и их сохранности при выращивании в условиях закрытого грунта.

**Ключевые слова:** однолетние сеянцы, дуб черешчатый, робиния, темно-каштановая почва, чернозем, субстрат.

*P.A. Popkova, Y.V. Larina, D.A. Mashtakov*

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## **GROWTH AND SAFETY OF PLANTING MATERIAL OF WOODY PLANTS IN SUBSTRATES OF THEIR LOCAL SOIL MATERIALS IN CLOSED GROUND CONDITIONS OF STEPPE SARATOV VOLGA REGION**

**Annotation.** The growth, safety and current state of annual seedlings of petiole oak (*Quercus robur* L.) and Robinia (*Robinia pseudoacacia* L.) using as substrate components of chernozem and chestnut soils characteristic of the steppe Saratov Volga region are characterized. Biometric indices of annual seedlings and their safety during cultivation in closed ground conditions are given.

**Keywords:** annual seedlings, oak, Robinia, dark chestnut soil, chernozem, substrate.

**Введение.** Проблема высокой приживаемости высаживаемого посадочного материала на территорию его постоянного произрастания остается острой в настоящее время. Особенно актуальна она в районах с недостаточной влагообеспеченностью и тяжелых почвенных условий. В этой связи большое количество высаженных растений погибает не только из-за недостатка влаги в первый год после посадки, но и в результате резкой смены



высокоплодородного рыхлого субстрата, в котором выращивался посадочный материал, на тяжелосуглинистые и глинистые почвенные материалы с высокой плотностью и низкими показателями плодородия. Вопросами выращивания посадочного материала древесных растений в различных субстратах занимались многие отечественные исследователи [1,2,3]. В аридных условиях степного Саратовского Правобережья адаптация посадочного материала к местным почвенным условиям еще на этапе его выращивания является важной задачей всего лесокультурного производства.

**Методика исследований.** Исследования проводились с использованием дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) и робинии лжеакация (*Robinia pseudoacacia* L.), как главных древесных пород в защитных насаждениях на почвах с тяжелым гранулометрическим составом в условиях степного Саратовского Поволжья. В качестве субстратных компонентов применялся чернозем южный и темно-каштановая почва. Опыт закладывался методом рендомизированных повторений в 3-х кратной повторности способом посева семян по 1 шт. в контейнер [4]. На каждом варианте предусматривалось 25 контейнеров, объемом 0,5 л. Применялись следующие варианты: вариант 1(контроль) - готовый субстратный компонент на основе торфа; вариант 2 – чернозем обыкновенный в смеси с песком в соотношении 3:1; вариант 3 – темно-каштановая почва в смеси с песком в соотношении 3:1. У сеянцев измерялась высота надземной части, диаметр корневой шейки. За весь период исследований сеянцы 2-хкратно подвергались корневой обработке органическим микроэлементным комплексом(ОМЭК) «Универсал» дозой 0,4 г/л.

**Результаты исследований.** Проведенные исследования показали высокую эффективность применяемых субстратных материалов. Результаты исследований приведены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1. Биометрические показатели сеянцев дуба черешчатого и робинии лжеакация с использованием различного субстратного материала

Варианты опыта	Дуб черешчатый		Робиния лжеакация	
	Высота надземной части, см	Диаметр корневой шейки, см	Высота надземной части, см	Диаметр корневой шейки, см
Вариант 1 (контроль)	15,0	0,4	27,0	0,5
Вариант 2	13,5	0,4	25,0	0,5
Вариант 3	12,5	0,3	23,5	0,4

Показатели высоты надземной части сеянцев дуба и робинии были максимальны при использовании готового субстратного компонента на основе торфа. Применение чернозема южного и темно-каштановой почвы (варианты 2 и 3) снизили высоту надземной части сеянцев дуба на 10 % и 17 % соответственно по сравнению с контролем (таблица 1, рисунок 1).

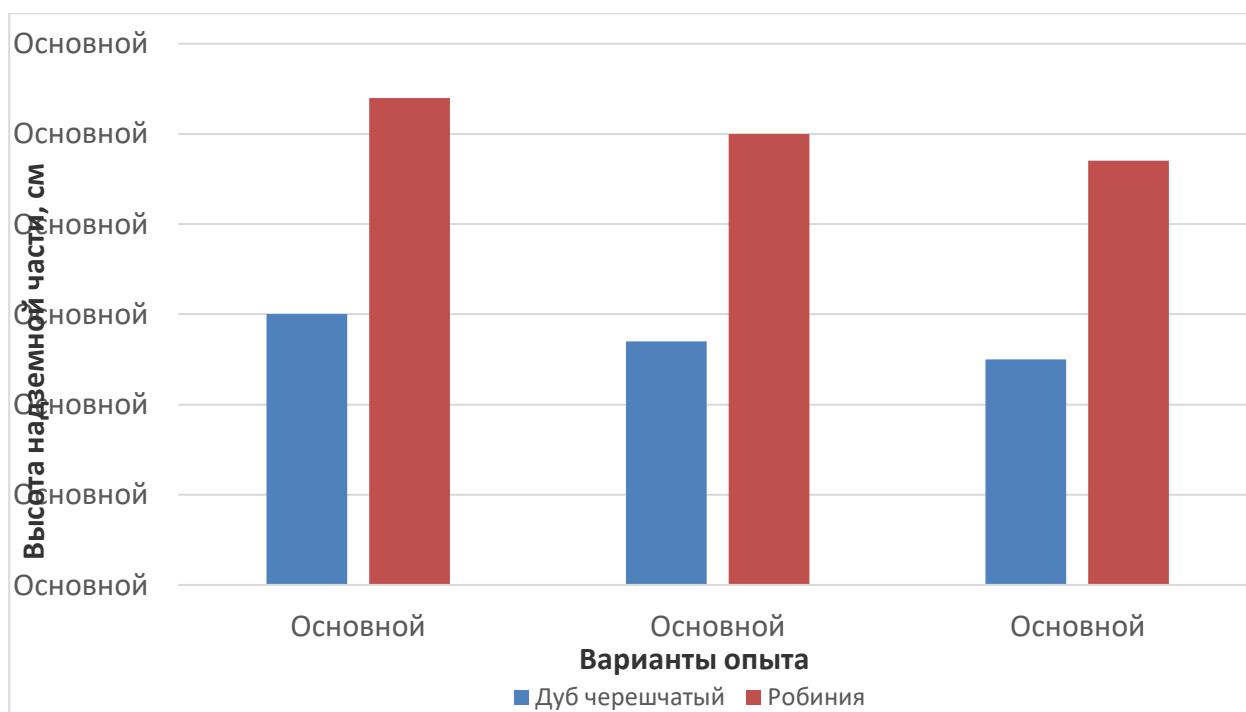


Рисунок 1. Высота надземной части сеянцев дуба и робинии на разных субстратах

Высота надземной части сеянцев робинии на вариантах 2 и 3 снизилась по сравнению с контролем на 8 % и 13 % соответственно (таблица 1, рисунок 1). Диаметр корневой шейки снизился на 25 % и 20 % соответственно на варианте 3 у сеянцев дуба и робинии (таблица 1).

**Заключение.** Таким образом проведенные исследования применения субстратных компонентов показали высокую эффективность применяемых почвенных субстратных материалов на основе чернозема южного и темно-каштановой почвы, несмотря на снижение высоты надземной части сеянцев дуба - на 10 % и 17 % соответственно по сравнению с готовым субстратом на основе торфа и на 8 % и 13 % соответственно у сеянцев робинии по сравнению с готовым субстратом на основе торфа.

#### Список использованной литературы.

1. Моисеева, Е.В. Морфологические особенности развития дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), выращенного на различных почвенных субстратах/ Е.В. Моисеева, А.А. Воронин // *Universum: химия и биология*. 2014. - № 4 (5). – С. 4
2. Родин, А.Р. Особенности выращивания посадочного материала при использовании различных компостов/ А.Р. Родин, В.В. Копытков, Е.А. Калашникова // *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева*. 2015. - № 1 (25). - С. 43-50.
3. Смышляева, М.И. Показатели роста сеянцев дуба черешчатого с закрытой корневой системой в лабораторных условиях/ М.И. Смышляева, В.Г.Краснов // *Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика*. 2015. – Т. 3. - № 2-1 (13-1). - С. 112-116.

4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.

#### **References.**

1. Moiseeva E.V., Voronin A.A., Moiseeva E.V. Morphological features of the development of oak (*Quercus robur* L.) grown on different soil substrates/ E.V. Moiseeva, A.A. Voronin // *Universum: Chemistry and Biology*. 2014. - № 4 (5). - 4 p.

2. Rodin, A.R. Peculiarities of growing planting material when using different composts using different composts/ A.R. Rodin, V.V. Kopytkov, E.A. Kalashnikova // *Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*. 2015. - № 1 (25). - Pp. 43-50.

3. Smyshlyaeva, M.I. Growth indicators of oak seedlings with a closed root system in laboratory conditions / M.I. Smyshlyaeva, V.G. Krasnov // *Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*. 2015. - Т. 3. - № 2-1 (13-1). - Pp. 112-116.

4. Dospikhov, B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). М.: Book on Demand, 2012. 352 p. (in Russian).

Научная статья  
УДК УДК 712.7

*М.Ю. Афанасьева, О.В. Азарова*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## **АНАЛИЗ ПОРОДНОГО СОСТАВА НА ОБЪЕКТАХ ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ ГОРОДА ЭНГЕЛЬСА САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Аннотация.** Необходимость увеличения устойчивости и декоративности насаждений обусловлена их ограниченной площадью. Выбор кустарников для создания как отдельных элементов, так и общего ландшафта является значимой задачей для городских пространств. Кустарники являются важным элементом зеленых насаждений. От их устойчивости и декоративности во многом зависит общая оценка и эффективность выполнения экологических функций.

**Ключевые слова:** озеленение, породный состав, объект ландшафтной архитектуры, кустарник.

*M.Yu. Afanasyeva, O.V. Azarova*

Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## **ANALYSIS OF THE ROCK COMPOSITION AT THE OBJECTS OF LANDSCAPE ARCHITECTURE OF THE CITY OF ENGELS, SARATOV REGION**

**Abstract.** The need to increase the stability and decorativeness of plantings is due to their limited area. Choosing shrubs to create both individual elements and the overall landscape is a significant task for urban spaces. Shrubs are an important element of green spaces. The overall assessment and effectiveness of environmental functions largely depends on their stability and decorativeness.

**Keywords:** landscaping, species composition, object of landscape architecture, shrub.

**Введение.** Организация пространства в современном городе, включая озеленение, должна формировать благоприятную жизненную среду и комфортные условия для различных видов деятельности горожан. Одним из основных критериев выбора растений для зеленых насаждений в городе является их декоративность, включающая разнообразие и длительность цветения, цвет листьев, их размер и форму, а также общий вид растения [1, 2]. Для обоснования расширения ассортимента кустарников в озеленении г. Энгельса необходимо провести анализ существующей растительности.

Кустарники, как и деревья, различаются по величине, форме, силуэту, окраске листвы, ветвей, соцветий, плодов. Они быстрее деревьев достигают максимальной декоративности. Поэтому важно активно расширять ассортимент кустарников и обогащать систему озеленения города. Увеличение числа таких растений способствует улучшению визуального облика городских территорий и благоприятно влияет на экологическую обстановку в городе.

**Методика исследований.** Для оценки жизненного состояния древесно-кустарниковой растительности на объектах общего пользования г. Энгельса использовалась шкала категорий жизненного состояния деревьев Алексеева В.А. (1989).

На территории города Энгельса проводились исследования на объектах общего пользования: Покровский парк, Детский парк, сквер «Дружбы» и сквер им. Льва Кассиля.

На исследуемых территориях в городе Энгельсе выявили 21 вид кустарников (можжевельник казацкий (*Juniperus sabina* L.), можжевельник средний (*Juniperus media* L.), акация желтая (*Caragana arborescens* Lam.), барбарис обыкновенный (*Berberis vulgaris* L.), боярышник обыкновенный (*Crataegus laevigata* (Poir.) DC.), дерен белый (*Cornus alba* L.), барбарис Тунберга (*Berberis thunbergii* DC.), калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.), калина Бульденеж (*Viburnum opulus* L.), кизильник блестящий (*Cotoneaster lucidus* Schltld.), кизильник черноплодный (*Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Biytt.), пузыреплодник калинолистный (*Opulaster opulifolius* (L.) Kuntze), роза собачья, сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris* L.), спирея японская (*Spiraea japonica* L.F.), снежноягодник белый (*Symphoricarpus albus* (L.) Blake), снежноягодник блестящий (*Symphoricarpus albus laevigatu* Dill. ex Juss.), черемуха обыкновенная (*Prunus padus* L.), японская айва (*Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach.), шиповник майский (*Rosa majalis* Herrm.), чубушник венечный (*Philadelphus coronarius* L.)).

Процентное соотношение кустарников по количеству на исследуемых объектах общего пользования города Энгельса от суммарного количества кустарников представлено на рисунке 1.

В городе Энгельсе на объектах общего пользования часто встречаемыми кустарниками являются: кизильник блестящий (*Cotoneaster lucidus* Schltld.) – 62%, кизильник черноплодный (*Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Biytt.) – 11,7%, сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris* L.) – 8,2% и снежноягодник белый (*Symphoricarpus albus* (L.) Blake) – 4,2%. Эти кустарники имеют широкую область распространения, а также кизильник блестящий (*Cotoneaster lucidus* Schltld.) и кизильник черноплодный (*Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Biytt.) на территориях исследования высажены сплошными полосами, в виде живых изгородей. Данные породы часто используются в озеленении так как они неприхотливы.

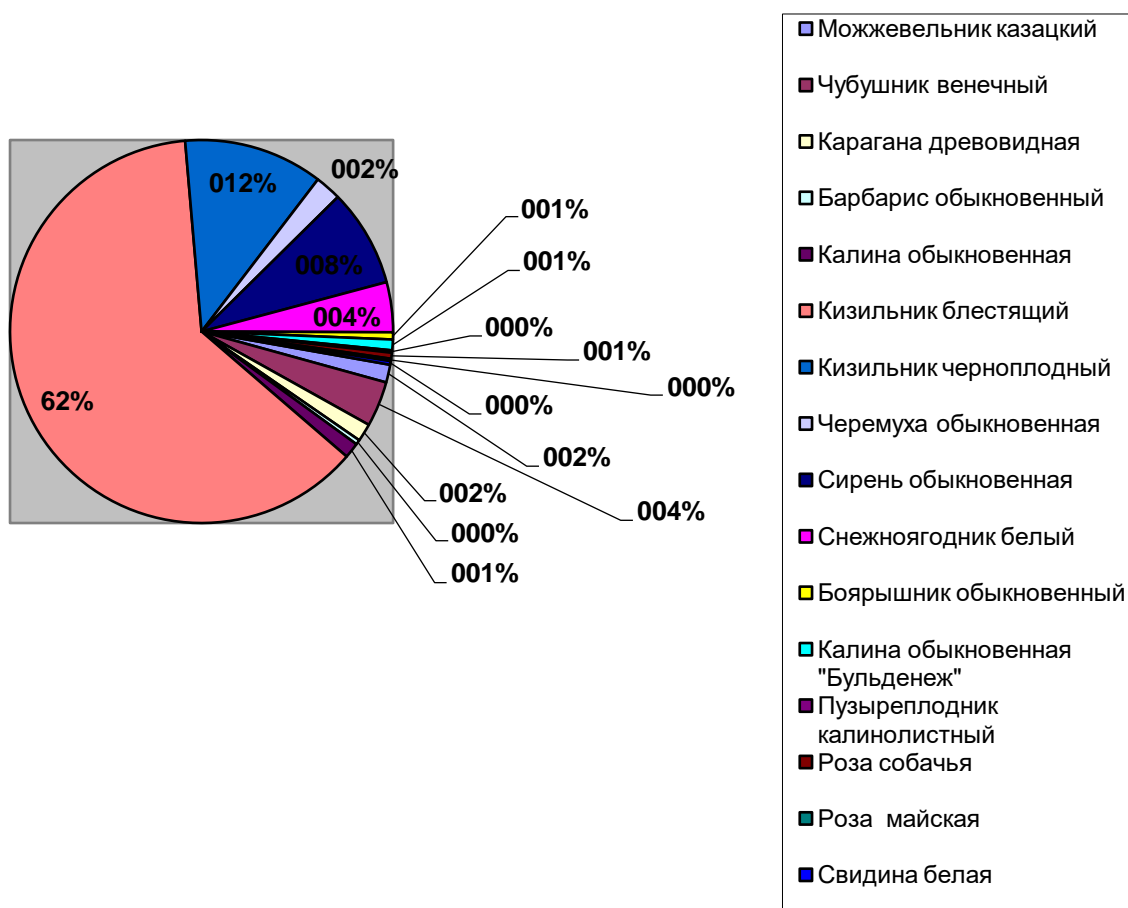


Рисунок 1. Процентное соотношение кустарников на исследуемых объектах общего пользования города Энгельса от суммарного количества кустарников

Малораспространенными породами на исследуемых территориях являются черемуха обыкновенная (*Prunus padus* L.) – 2,2%, роза собачья (*Rosa canina* L.) – 3,8%, карагана древовидная (*Caragana arborescens* Lam.) – 1,5% и пузыреплодник калинолистный (*Opulaster opulifolius* (L.) Kuntze) – 1,3%. Во время визуального осмотра были выявлены и другие виды, используемые в озеленении и являющиеся малораспространенными. Калина обыкновенная «Бульденеж» (*Viburnum opulus* «Boule de Neige» L.) – 0,9%, боярышник колючий (или обыкновенный) (*Crataegus laevigata* (Poir.) DC.) – 0,6%, роза собачья (*Rosa canina* L.) – 0,5%, можжевельник казацкий (*Juniperus sabina* L.) – 0,5% и роза майская (*Rosa majalis* Herrm.) – 0,2%. Данные виды в основном встречаются в одиночных посадках.

Основной ассортимент на исследуемых территориях города Энгельса представлен кизильником блестящим (*Cotoneaster lucidus* Schltdl.), кизильником черноплодным (*Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Biytt.), снежноягодником блестящим (*Symphoricarpos albus laevigatus*), сиренью обыкновенной (*Syringa vulgaris* L.). В основном они высажены в живой изгороди по периметру парков и скверов и находятся в хорошем и удовлетворительном состоянии. Групповые посадки встречаются ограниченно. Красивоцветущие виды представлены единично.

Для повышения эстетической выразительности насаждений рекомендуется введение различных красивоцветущих кустарников и разных видов и сортов спирей (*Spiraea* L.) в солитерах, группах, миксбордерах, бордюрах, живой изгороди и в каменистых садах, так как они хорошо выдерживают городские условия, хорошо размножаются. В солитерных посадках хороши спиреи: Вангутта (*Spiraea x vanhouttei* (Briot.) Zab), Билларда (*Spiraea x billardii* Dipp.), средняя (*Spiraea media* F. Schmidt) и другие. В группах можно использовать практически все виды и сорта спирей (*Spiraea* L.) к примеру, спирея калинолистная (*Physocarpus opulifolius* L.), серая (*Spiraea x cinerea* L.), Дугласа (*Spiraea douglasii* Hook.). Посадки миксбордера в зависимости от вида или сорта спирею (*Spiraea* L.) можно высадить на заднем, среднем или переднем плане хорошо смотрятся смешанные композиции из спиреи японской (*Spiraea japonica* L.), ниппонской (*Spiraea nipponica* Maxim.), серой (*Spiraea x cinerea* L.), рябинолистной (*Spiraea sorbifolia* L.). Для бордюров хорошо подходят такие виды и сорта, как спирея японская "Литтл Принцесс" (*Spiraea japonica* "Little Princess"), березолистная (*Spiraea betulifolia* Thor.). В живых изгородях, можно применять более высокорослые виды на примере спирея иволистная (*Spiraea salicifolia* L.).

#### **Список использованной литературы.**

1. Вебер, А. А. Использование деревьев и кустарников в озеленении городов / А. А. Вебер, А. С. Кучеров // Садоводство России. – 2021. – № 1(16). – С. 5-13. – EDN EUYKLM.
2. Терешкин, А. В. Перспективы расширения ассортимента деревьев и кустарников в зеленых насаждениях Г. Саратова при их реконструкции и реновации / А. В. Терешкин, О. В. Азарова, Г. Н. Заигралова // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях: Материалы IX Международной научно-практической конференции, Саратов, 27–28 апреля 2022 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2022. – С. 133-135. – EDN JXBWZD.

#### **References.**

1. Weber, A. A. The use of trees and shrubs in urban landscaping / A. A. Weber, A. S. Kucherov // Gardening of Russia. – 2021. – No. 1(16). – P. 5-13. – EDN EUYKLM.
2. Tereshkin, A. V. Prospects for expanding the range of trees and shrubs in the green spaces of Saratov during their reconstruction and renovation / A. V. Tereshkin, O. V. Azarova, G. N. Zaigralova // Innovations in environmental management and protection in emergency situations: Materials of the IX International Scientific and Practical Conference, Saratov, April 27–28, 2022. – Saratov: Limited Liability Company "Amirit", 2022. – P. 133-135. – EDN JX

---

---

## СЕКЦИЯ «ЦИФРОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ В АПК»

Научная статья

УДК 338.001.36

*Д.Ш. Аббасов, В.А., Шибайкин*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

### ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ В СФЕРЕ АГРОБИЗНЕСА

**Аннотация.** В статье рассмотрены ключевые аспекты цифровой трансформации в сельском хозяйстве, инновации, такие как предсказание урожайности, оптимизация ресурсов, диагностика растений и автоматизация сельскохозяйственной техники. Проведя обзор этих современных определяется, как они реально воздействуют на устойчивость и эффективность сельскохозяйственного производства.

**Ключевые слова:** цифровая трансформация, сельское хозяйство, технологии, эффективность, урожайность, оптимизация ресурсов.

*D.Sh. Abbasov, V.A., Shibaikin*

Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

### DIGITAL TRANSFORMATION IN AGRIBUSINESS

**Abstract.** The article discusses key aspects of digital transformation in agriculture, innovations such as yield prediction, resource optimization, plant diagnostics and automation of agricultural machinery. After reviewing these modern ones, it is determined how they actually affect the sustainability and efficiency of agricultural production.

**Keywords:** digital transformation, agriculture, technology, efficiency, productivity, resource optimization.

**Введение.** Цифровая трансформация в сельском хозяйстве представляет собой фундаментальный переход от традиционных методов ведения сельского хозяйства к интегрированным, технологически продвинутым системам управления. Современные агротехнологии, такие как сенсоры, искусственный интеллект и автоматизированные системы, сменяют концепции, привычные для сельского хозяйства, перенося его в эру цифровой революции.

Этот переход не только трансформирует процессы производства, но и переопределяет само понятие эффективности в агробизнесе. Введение



современных технологий позволяет сельскохозяйственным предприятиям не только улучшить качество и количество собираемого урожая, но и эффективно использовать ресурсы, снижая воздействие на окружающую среду.

**Методика исследований.** Цифровая трансформация в сельском хозяйстве - переход к технологически продвинутым системам управления, включающий сенсоры, искусственный интеллект и автоматизацию. Это изменяет производственные процессы и понятие эффективности. Проведем обзор основных инноваций, такие как предсказание урожайности и оптимизация ресурсов. И определим их влияние на устойчивость эффективность производства в сельском хозяйстве.

**Результаты исследований.** В области агрокультурной деятельности предсказание урожайности становится критически важным компонентом для эффективного управления ресурсами и повышения производительности. Внедрение передовых технологий, таких как сенсоры и алгоритмы машинного обучения, переопределяет этот процесс.

Системы сенсоров, установленные на поле, активно мониторят параметры почвы, влажность, температуру и другие факторы. Эти данные собираются в реальном времени и подвергаются анализу при помощи алгоритмов машинного обучения. Результатом являются точные прогнозы, касающиеся оптимального времени для посева и сбора урожая, а также необходимых ресурсов для поддержания оптимальных условий роста растений.

Это позволяет сельхоз предприятиям адаптировать свои стратегии к условиям реального мира, минимизировать потери и максимизировать выход продукции. Точное предсказание урожайности, основанное на данных и аналитике, становится ключевым инструментом для устойчивого и интеллектуального сельского хозяйства, где оптимизация ресурсов играет ключевую роль в достижении успешных результатов.

Оптимизация ресурсов в сельском хозяйстве становится ключевым фактором в эпоху цифровой трансформации. Внедрение передовых технологий в этой области включает в себя не только повышение эффективности использования земли, воды и удобрений, но и создание более устойчивых и экологически дружелюбных методов ведения сельского хозяйства.

Системы мониторинга, включающие сенсоры и дроны, активно собирают данные о состоянии почвы, влажности и погодных условиях. Эта информация используется для точного определения потребностей полей в ресурсах. Например, сенсоры, распределенные по полю, предоставляют данные о влажности почвы в реальном времени, что позволяет точно применять воду и минимизировать ее избыточное потребление.

Дроны, оснащенные инфракрасными камерами, могут выявлять участки с различными потребностями в удобрениях, что обеспечивает возможность применения удобрений только в тех местах, где это необходимо. Это предотвращает перерасход ресурсов и снижает воздействие на окружающую среду.

Оптимизация ресурсов также включает в себя внедрение автоматизированных систем точечного применения удобрений, которые,

основываясь на данных от сенсоров, адаптируются к изменениям на поле. Это не только повышает эффективность использования удобрений, но и уменьшает затраты и негативное воздействие на почву.

Эти инновации в области оптимизации ресурсов в сельском хозяйстве не только повышают экономическую эффективность, но и способствуют более устойчивому и экологически ответственному подходу к ведению сельского хозяйства.

Диагностика состояния растений становится важным звеном в цифровой трансформации сельского хозяйства, привнося инновации, которые позволяют более точно определять и контролировать здоровье растений. С применением передовых технологий, таких как дроны и искусственный интеллект, диагностика становится более эффективной и детализированной.

Дроны, оснащенные мультиспектральными и инфракрасными камерами, выполняют высокоточные аэро съемки полей, что позволяет визуально выявлять отклонения в цвете и форме растений. Эти данные, передаваемые системам анализа, позволяют раннее обнаружение заболеваний, дефицита питательных веществ или даже проблем с влажностью.

Алгоритмы искусственного интеллекта обрабатывают собранные данные, сравнивая их с базами знаний о растительных заболеваниях. Это позволяет точно и быстро определять виды болезней или вредителей, а также предоставлять рекомендации по мерам для их предотвращения и лечения. Таким образом, возможность быстрого реагирования на угрозы становится более эффективной, что способствует обеспечению здоровья растений и повышению урожайности.

Эти технологические инновации в области диагностики растений не только снижают риски потерь в сельском хозяйстве, но и способствуют более устойчивому подходу к контролю за состоянием растений, обеспечивая более продуктивное и ответственное управление культурами.

Автоматизация сельскохозяйственной техники является краеугольным камнем цифровой трансформации в агробизнесе, предоставляя сельхоз предприятиям возможность повысить производительность и эффективность процессов. Применение передовых технологий в автоматизации сельскохозяйственной техники включает в себя не только использование систем GPS и датчиков, но также переосмысление самого процесса возделывания.

Автономные тракторы, оснащенные современными системами навигации, позволяют выполнять различные задачи, такие как пахота, посев и уборка, без участия человека. Это не только оптимизирует рабочие процессы, но и снижает трудозатраты, освобождая ресурсы для более стратегического управления хозяйством.

Дроны играют ключевую роль в мониторинге полей и сборе данных. Они обеспечивают визуальный анализ состояния полей с высокой точностью, выявляя проблемные зоны или изменения в росте культур. Эти данные могут использоваться для оперативного принятия решений, например, внесения корректив в управление ресурсами или предупреждения об обнаруженных проблемах.

Кроме того, автоматизация сельскохозяйственной техники включает в себя развитие интеллектуальных систем управления, которые могут адаптироваться к изменениям на поле. Это включает в себя автоматизированные системы точечного применения удобрений, учитывающие данные с сенсоров и дронов для оптимального распределения ресурсов.

Интеграция этих технологий создает автоматизированный, интеллектуальный подход к управлению сельским хозяйством. Такие решения помогают сельхоз предприятиям не только повышать производительность, но и снижать затраты, оптимизируя использование ресурсов и принося новые возможности для более эффективного и устойчивого ведения сельского хозяйства.

Интеграция умного поля, умного сада и умной теплицы представляет собой переход к комплексному, интегрированному подходу в сельском хозяйстве, где различные технологии взаимодействуют для максимизации эффективности и результативности агропроизводства.

Умное Поле:

- Системы мониторинга на умном поле используют сенсоры для непрерывного сбора данных о почве, климате и растениях.

- Технологии GPS и дроны обеспечивают высокоточное картографирование полей, позволяя детально анализировать структуру почвы и выявлять проблемные зоны.

Умный Сад:

- В умном саду сенсоры контролируют параметры роста растений, такие как влажность почвы, освещенность и температура.

- Автоматизированные системы управления поливом и удобрениями, основанные на данных от сенсоров, обеспечивают оптимальные условия для культур.

Умная Теплица:

- Умная теплица интегрирует системы мониторинга климата, управляемые датчиками для регулировки температуры, влажности и освещения.

- Технологии гидропоники и аэропоники обеспечивают более эффективное выращивание растений в контролируемой среде.

Данные, собранные с умного поля, могут быть использованы для детального анализа и оптимизации параметров роста в умном саду. Интеграция сенсоров и систем управления в умной теплице позволяет более точно реагировать на изменения внутренней среды и адаптировать условия под требования конкретных культур. Этот интегрированный подход не только улучшает управление отдельными аспектами сельского хозяйства, но и создает синергию между различными зонами производства. Взаимодействие между умным полем, умным садом и умной теплицей предоставляет сельхоз предприятиям более широкие возможности для анализа данных, оптимизации ресурсов и повышения устойчивости всего агропроизводства.

**Заключение.** Цифровая трансформация в сельском хозяйстве, через интеграцию умного поля, умного сада и умной теплицы, вырисовывает перед нами перспективы сельского хозяйства нового поколения. Этот комплексный

подход не только модернизирует отдельные аспекты агропроизводства, но и создает совокупный эффект, повышая эффективность и устойчивость всего сельскохозяйственного процесса. Интеграция данных от умного поля, где сенсоры и дроны анализируют почву и условия роста, с умным садом, контролирующим параметры растений, и умной теплицей, обеспечивающей контролируемую среду, открывает новые возможности для агробизнеса. Этот сбалансированный подход позволяет не только более эффективно использовать ресурсы, такие как вода, удобрения и энергия, но и снижает воздействие на окружающую среду. Оптимизация процессов с использованием передовых технологий, таких как автоматизированные системы и искусственный интеллект, не только повышает уровень производительности, но и делает сельское хозяйство более устойчивым к изменениям климата и экономическим факторам. Инновационные методы диагностики растений и автоматизации сельскохозяйственной техники способствуют росту урожайности и снижению потерь. Этот симбиоз технологий обеспечивает сельхоз предприятиям широкий спектр инструментов для более точного принятия решений, от повседневного ухода за культурами до стратегического планирования. В итоге, интеграция умного поля, умного сада и умной теплицы не только трансформирует сельское хозяйство, но и ставит под сомнение стереотипы традиционных методов, открывая новую эру умного и устойчивого агробизнеса.

#### **Список использованной литературы.**

1. Оборин М. С. Цифровые инновационные технологии в сельском хозяйстве// Аграрный вестник Урала. 2022. №05 (220). С. 82-92. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-220-05-82-92.

2. Перспективные направления цифровизации сельского хозяйства в РФ / С. Н. Рубцова, Т. В. Пахомова, Л. А. Слепцова, А. В. Перетяtko // Экономика-математические методы анализа деятельности предприятий АПК: Материалы VII Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию Вавиловского университета, Саратов, 21 апреля 2023 года / Под редакцией С.И. Ткачева. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2023. – С. 281-285. – EDN WBIXLN.

#### **References.**

1. Oborin M. S. Digital innovative technologies in agriculture // Agricultural Bulletin of the Urals. 2022. No. 05 (220). pp. 82-92. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-220-05-82-92.

2. Promising directions for digitalization of agriculture in the Russian Federation / S. N. Rubtsova, T. V. Pakhomova, L. A. Sleptsova, A. V. Peretyatko // Economics mathematical methods for analyzing the activities of agricultural enterprises: Materials of the VII International Scientific and Practical Conference dedicated to the 110th anniversary of Vavilov University, Saratov, April 21, 2023 / Edited by S.I. Tkachev. – Saratov: Saratov State Agrarian University named after. N.I. Vavilova, 2023. – P. 281-285.

Научная статья

УДК 635.134

*М.Р. Цагареишвили, С.С. Елисеев, А.В. Ключиков*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## **АЛГОРИТМ РАБОТЫ ВИРТУАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ПРИОБРЕТЕНИЯ БАЗОВЫХ НАВЫКОВ ПО БЫТОВОЙ ЭЛЕКТРИКЕ**

**Аннотация.** Определены тренды и современные подходы к образовательному процессу с использованием цифровых технологий и игровых методов. Описан алгоритм работы приложения виртуального тренажера для обучения студентов среднего специального образования инженерной направленности. Сформулирован методический подход к освоению материала.

**Ключевые слова:** виртуальные лаборатории, образование, геймификация, цифровое обучение, цифровые тренажеры.

*M.R. Tsagareishvili, S.S. Eliseev, A.V. Klyuchikov*

Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## **ALGORITHM OF OPERATION OF A VIRTUAL SIMULATOR FOR ACQUIRING BASIC SKILLS IN HOUSEHOLD ELECTRICS**

**Abstract.** Trends and modern approaches to the educational process using digital technologies and gamification methods have been identified. The algorithm of operation of the virtual simulator application for training students in technical secondary education in engineering disciplines has been described. A methodological approach to mastering the material has been formulated.

**Keywords:** virtual laboratories, education, gamification, digital learning, digital simulators.

**Введение.** Повышение качества учебного процесса в ВУЗах предполагает всестороннее погружение обучающегося в предмет исследования. Для лучшего понимания процесса используются мультимедийные и цифровые технологии, однако моделирование физических процессов относительно сложный процесс. Такой подход распространен на высокотехнологичных предприятиях, и редко используется в учебных заведениях. Это обусловлено сложностью изготовления программного продукта для обучения и отсутствие необходимого оборудования в учебных заведениях для его использования в учебном процессе [1, 3].

Совокупность цифрового и реального обучения способствует лучшему пониманию предмета исследования. Внедрение современных тренажеров для моделирования физических процессов, проходящих в лабораторных и практических работах необходимо для подготовки качественного специалиста [2, 4-5]. Внедрение тренажера в учебный процесс позволяет повысить качество процесса обучения, погружая обучающегося в предмет исследования через цифровое пространство [6-9].

**Цель работы.** Разработка алгоритма тренажёра, который позволит повысить компетенции обучающихся в сфере бытовой электрике, а также увеличит степень вовлечения слушателей.

**Методика исследований.** Для достижения этих целей разрабатывается виртуальный лабораторный стенд для изучения бытовых электромонтажных работ. При разработке тренажера использовались методические рекомендации для лабораторных и практических работ по специальности 35.02.08 Электротехнические системы в агропромышленном комплексе (АПК) среднего профессионального образования, а также получения необходимых знаний по бытовым электромонтажным работам.

**Результаты исследований.** В результате работы был определён порядок выполнения работ в виртуальном тренажёре:

1. После включения программы на экране пользователя отображается основной вид тренажера (рисунок 1), где есть: лампочки (2 шт.), распределительные коробки с эмблемой университета (2 шт.), двухклавишный выключатель, розетки (2 шт.), автоматический выключатель, схема подключения с условными обозначениями.



Рисунок 1. Основной вид тренажера

2. При нажатии на схему подключения воспроизводится анимация перемещения изображения поверх сцены в центре экрана. При повторном нажатии игровой объект возвращается в начальное положение (рисунок 2).



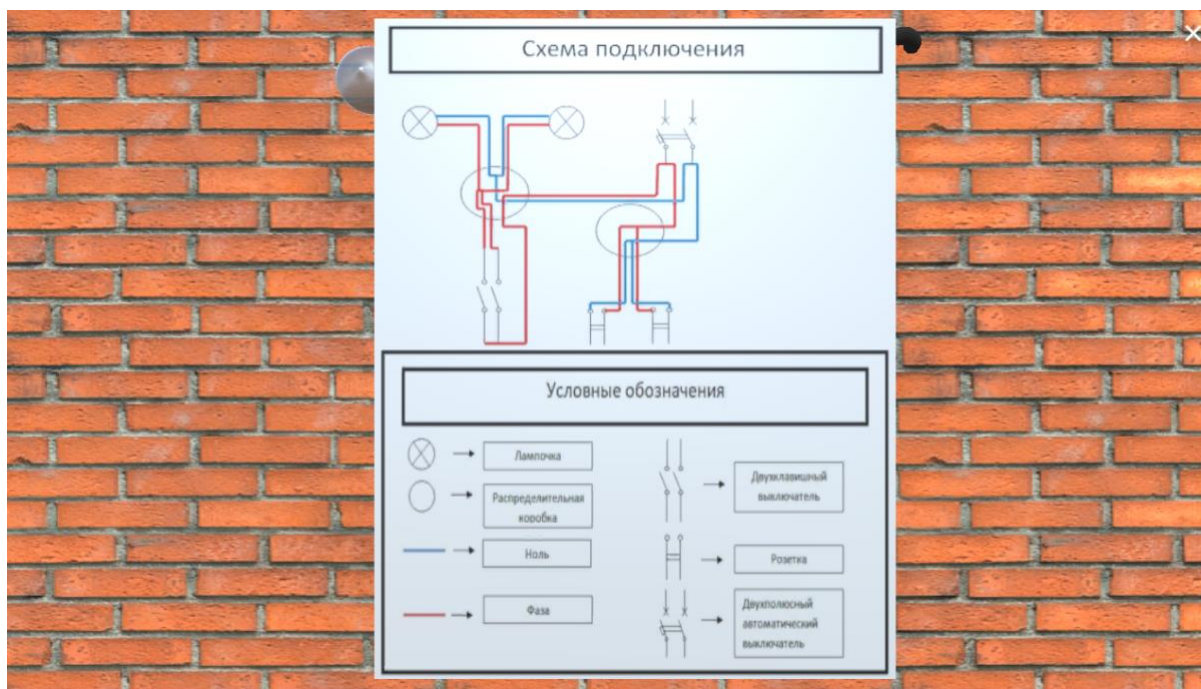


Рисунок 2. Схема подключения

3. По схеме необходимо подключить элементы цепи. Для работы нужно выбрать распределительную коробку, после камера приближается к объекту и центрируется на экране (рисунок 3).

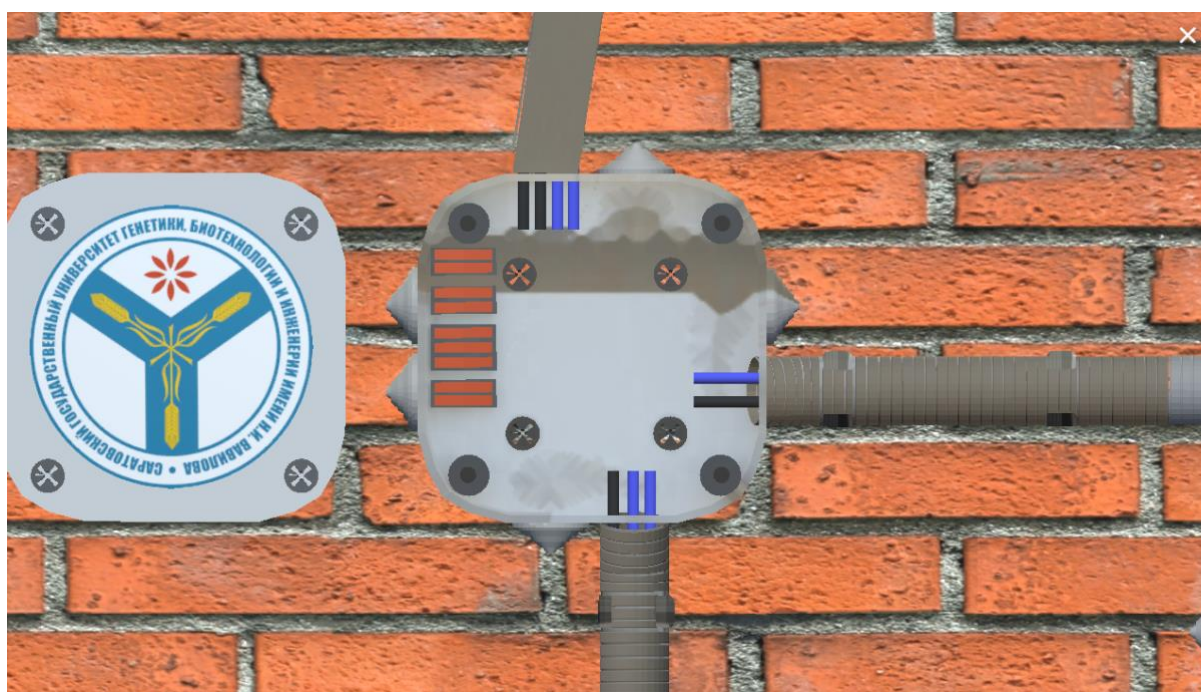


Рисунок 3. Вид изнутри одной из распределительных коробок

4. Для фиксации провода в клемме, необходимо открыть один из кейсов нажатием левой клавиши мыши, далее механикой DragAndDrop протянуть кабель. Чтобы подключение в процессе работы не размыкалось, требуется закрыть клемму повторным нажатием на неё (рисунок 4).



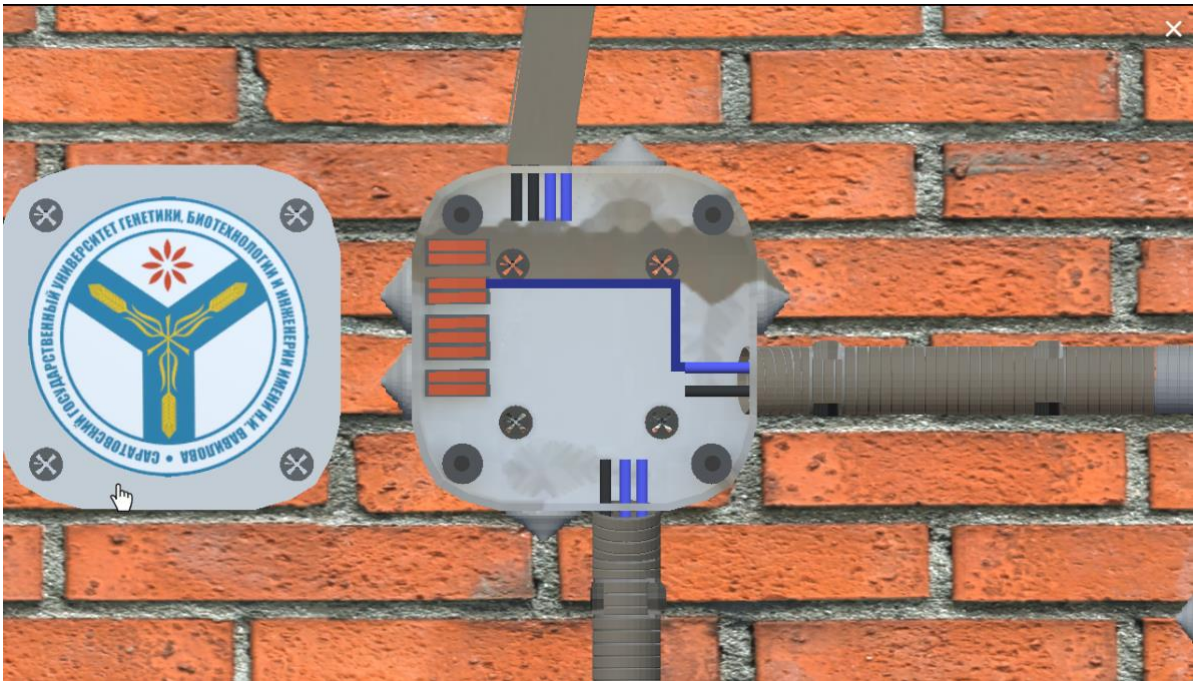


Рисунок 4. Подключение кабеля к клемме

5.1 При верном подключении, необходимо перевести автоматический выключатель в рабочее состояние, так как по технике безопасности при выполнении работ он находится в выключенном состоянии. После нажать на клавиши выключателя и загорятся лампочки.

5.2 После выполнения подключений в распределительной коробке с розеточной группой, необходимо нажать на розетку, появится телефон с зарядным устройством. При верно выполненном задании на экране телефона появится знак и уровень зарядки (рисунок 5).



Рисунок 5. Подключение розеточной группы



После успешного подключения всех элементов стенда студент получает базовые навыки электромонтажных работ в бытовых условиях.

**Заключение.** Создание виртуальных тренажёров, имитирующих реальные процессы и последовательности выполняемых действий, является реализуемым и перспективным направлением для работы. Однако, для достижения поставленных целей необходимо сделать различные манипуляции в цифровом тренажере максимально реалистичными для лучшего понимания происходящих процессов и освоения базовых навыков на достаточном уровне. Эффективностью использования разработанного тренажера будет являться отзывы обучающихся и их реальные компетенции, полученные от использования тренажера.

### Список использованной литературы.

1. Маниковская М.А. Цифровизация образования: вызовы традиционным нормам и принципам морали // Власть и управление на Востоке России. 2019. № 2 (87). С. 100–106. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-obrazovaniya-vyzovy-traditsionnym-normam-i-printsipam-morali>.

2. Уваров А.Ю. Модель цифровой школы и цифровая трансформация образования. // Исследователь/Researcher. 2019. №1-2 (25-26). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/model-tsifrovoy-shkoly-i-tsifrovayatransformatsiay-obrazovaniay>

3. Алиева Э.Ф., Алексеева А.С., Ванданова Э.Л., Карташова Е.В., Резапкина Г.В. Цифровая переподготовка: обучение руководителей образовательных организаций // Образовательная политика. 2020. № 1 (81). С. 54–61. URL: <https://edpolicy.ru/digital-retraining>

4. Царапкина Юлия Михайловна, Лемешко Татьяна Борисовна, Миронов Алексей Геннадьевич Цифровые технологии в подготовке студентов аграрного вуза // Проблемы современного педагогического образования. 2018. №61-3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-tehnologii-v-podgotovke-studentov-agrarnogo-vuza> (дата обращения: 09.02.2023)

5. Антонова Д.А., Оспенникова Е.В., Спиринов Е.В. Цифровая трансформация системы образования. Проектирование ресурсов для современной цифровой учебной среды как одно из ее основных направлений // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия: Информационные компьютерные технологии в образовании. 2018. № 14. С. 5–37. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-sistemy-obrazovaniya-proektirovanie-resursov-dlya-sovremennoy-tsifrovoy-uchebnoy-sredy-kak-odno-iz-ee>.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023688801 Российская Федерация. VR-тренажёр по искусственному осеменению крупного рогатого скота: № 2023687507: заявл. 07.12.2023: опубл. 25.12.2023 / М. Р. Цагарейшвили, А. В. Ключиков, Р. Д. Гончаров [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова». – EDN XSYEUM.

7. Разработка алгоритма работы приложения виртуального тренажера для образования / А. В. Ключиков, С. С. Елисеев, Ю. Н. Гречечук, М. Р. Цагарейшвили // Проблемы и перспективы цифровизации агропромышленного комплекса: Материалы Международной научно-практической конференции, Саратов, 07 декабря 2023 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2023. – С. 62-69.

8. Разработка алгоритма работы приложения виртуального тренажера для образования / А. В. Ключиков, С. С. Елисеев, Ю. Н. Гречечук, М. Р. Цагарейшвили // Цифровизация инженерного образования: Сборник материалов II Всероссийской онлайн-конференции, Ижевск, 11–13 апреля 2023 года / ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова», АНО «Университет Национальной технологической инициативы 2035», ООО «ИОТ-Университет». – Ижевск: Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, 2023. – С. 91-93. – EDN CMUQ GK.

9. Ключиков, А. В. Разработка алгоритма работы приложения виртуального тренажера для образования / А. В. Ключиков, С. С. Елисеев, М. Р. Цагарейшвили // Математические методы в технологиях и технике. – 2023. – № 8. – С. 79-81. – DOI 10.52348/2712-8873\_MMTT\_2023\_8\_79. – EDN QMVFOA.

### References.

1. Manikovskaya M.A. Digitalization of education: challenges to traditional norms and moral principles // Power and Governance in the East of Russia. 2019. No. 2 (87). P. 100–106. URL: [link](<https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-obrazovaniya-vyzovytraditsionnym-normam-i-printsipam-morali>).

2. Uvarov A.Y. Model of a digital school and digital transformation of education. // Researcher. 2019. No.1-2 (25-26). URL: [link](<https://cyberleninka.ru/article/n/model-tsifrovoy-shkoly-i-tsifrovayatrformatsiya-obrazovaniya>).

3. Alieva E.F., Alekseeva A.S., Vandanova E.L., Kartashova E.V., Rezapkina G.V. Digital retraining: training of educational organization managers // Educational Policy. 2020. No. 1 (81). P. 54–61. URL: [link](<https://edpolicy.ru/digital-retraining>).

4. Tsarapkina Yuliya Mikhailovna, Lemeshko Tatyana Borisovna, Mironov Alexey Gennadievich. Digital technologies in the training of students in an agricultural university // Problems of modern pedagogical education. 2018. No.61-3. URL: [link](<https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-tehnologii-v-podgotovke-studentov-agrarnogo-vuza>) (accessed: 09.02.2023).

5. Antonova D.A., Ospennikova E.V., Spirin E.V. Digital transformation of the education system. Designing resources for a modern digital learning environment as one of its main directions // Bulletin of the Perm State Humanitarian-Pedagogical University. Series: Information Computer Technologies in Education.

2018. No. 14. P. 5–37. URL: [link](https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-sistemyobrazovaniya-proektirovanie-resursov-dlya-sovremennoy-tsifrovoy-uchebnoysredy-kak-odno-iz-ee).

6. Certificate of state registration of a computer program No. 2023688801 Russian Federation. VR simulator for artificial insemination of cattle: No. 2023687507: appl. 07.12.2023: publ. 25.12.2023 / M. R. Tsagareishvili, A. V. Kluchikov, R. D. Goncharov [et al.]; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov". – EDN XSYEUM.

7. Development of an algorithm for the operation of a virtual simulator application for education / A.V. Kluchikov, S.S. Eliseev, Yu.N. Grepechuk, M.R. Tsagareishvili // Problems and prospects of digitalization of the agro-industrial complex: Materials of the International Scientific and Practical Conference, Saratov, December 7, 2023. – Saratov: Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, 2023. – P. 62-69.

8. Development of an algorithm for the operation of a virtual simulator application for education / A.V. Kluchikov, S.S. Eliseev, Yu.N. Grepechuk, M.R. Tsagareishvili // Digitalization of engineering education: Collection of materials of the II All-Russian online conference, Izhevsk, April 11-13, 2023 / Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov, ANO "University of National Technological Initiative 2035", LLC "IOT-University". – Izhevsk: Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov, 2023. – P. 91-93. – EDN CMUQGGK.

9. Kluchikov, A.V. Development of an algorithm for the operation of a virtual simulator application for education / A.V. Kluchikov, S.S. Eliseev, M.R. Tsagareishvili // Mathematical methods in technologies and engineering. – 2023. – No. 8. – P. 79-81. – DOI 10.52348/2712-8873\_MMTT\_2023\_8\_79. – EDN QMVFOA.

Научная статья  
УДК 007.51

*И.П. Курочкин, А.В. Ключиков, Ю.Н. Грепечук, А.Д. Исаев*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ БОЕВОГО РОБОТА-ФЛИППЕРА

**Аннотация.** Разработана конструкция робота флиппера для участия в соревнованиях Битва роботов. Проведен анализ конструкций основных типов боевых роботов. Выбран вид робота и спроектирована 3D модель устройства. Изготовлена рама боевого робота. Спроектирован и изготовлен пневмоцилиндр. Напечатан на 3D принтере корпус для электроники. Описана система защиты робота.

**Ключевые слова:** Битва роботов, флиппер, пневмоцилиндр, 3D моделирование.

*I.P. Kurochkin, A.V. Klyuchikov, Yu.N. Grepechuk, A.D. Isaev*

Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## DESIGNING A FLIPPER COMBAT ROBOT

**Annotation.** The design of the flipper robot has been developed to participate in the Robot Battle competitions. The analysis of the designs of the main types of combat robots is carried out. The type of robot is selected and a 3D model of the device is designed. The frame of the combat robot is made. A pneumatic cylinder has been designed and manufactured. The case for electronics is printed on a 3D printer. The described protection system is working.

**Keywords:** robot battle, flipper, pneumatic cylinder, 3D modeling.

**Введение.** «Битва роботов» – чемпионат, где роботы под управлением инженеров из разных стран сражаются на ринге. В соревнованиях участвуют команды от 1 до 5 человек. Цель соревнований собрать робота и управляя им победить роботов других команд. Бой длится не более 3 минут. По истечении времени судьи оцениваются повреждения обоих роботов, дают оценку агрессивности робота во время боя. Противник считается побежденным до истечения времени боя, если он не может двигаться.

Габариты робота не должны превышать по длине\*ширине\*высоте – 150x150x200 см. Вес робота – не более 110 кг. Конструкция может быть выполнена из стали, алюминия, титана или иных металлических сплавов, а также композитных материалов. Каждый робот должен обладать хотя бы 1 активным орудием. Робот должен иметь техническую возможность развивать скорость не менее 8 км/ч.

Выделяют следующие виды роботов [1-2]:

- с горизонтальным спиннером;
- с вертикальным спиннером;
- с барабанным спиннером;
- флиппер (подкидыватель).

Роботы с горизонтальным спиннером (рисунок 1) оснащены горизонтально расположенным вращающимся диском или лопастями, предназначенными для нанесения ударов и повреждения противника.



Рисунок 1. Робот «Зверобой»

Вращающийся диск или лопасти может развивать высокие скорости вращения, создавая ударный потенциал.

Недостатки роботов с горизонтальным спиннером:

- возможность самоповреждения;
- ограниченная маневренность.

Роботы с вертикальным спиннером (рисунок 2) оснащены вертикально расположенным вращающимся диском или лопастями, предназначенными для нанесения ударов и повреждения противника.

Они имеют схожие технические характеристики и конструкцию с горизонтальным спиннером, однако отличительной особенностью является возможность подкинуть противника в случае зацепа. Из-за вертикальной ориентации ударов, роботы могут переворачивать противника, цепляя их за уязвимые части или наносить критические повреждения их броне.

Роботы с барабанным спиннером оснащены вращающимся барабаном или боекомплектом, предназначенным для нанесения ударов и повреждения. Используя барабанный спиннер, можно поднимать или отбрасывать противника в воздух, что может привести к его повреждению или даже перевороту.





Рисунок 2. Робот «Путевой»

Боевая часть робота может весить до 30% от общей массы робота (рисунок 3). Сам барабан может вращаться со скоростью более 5000 об/мин. Это один из самых мощных и разрушительных типов оружия в битве роботов.

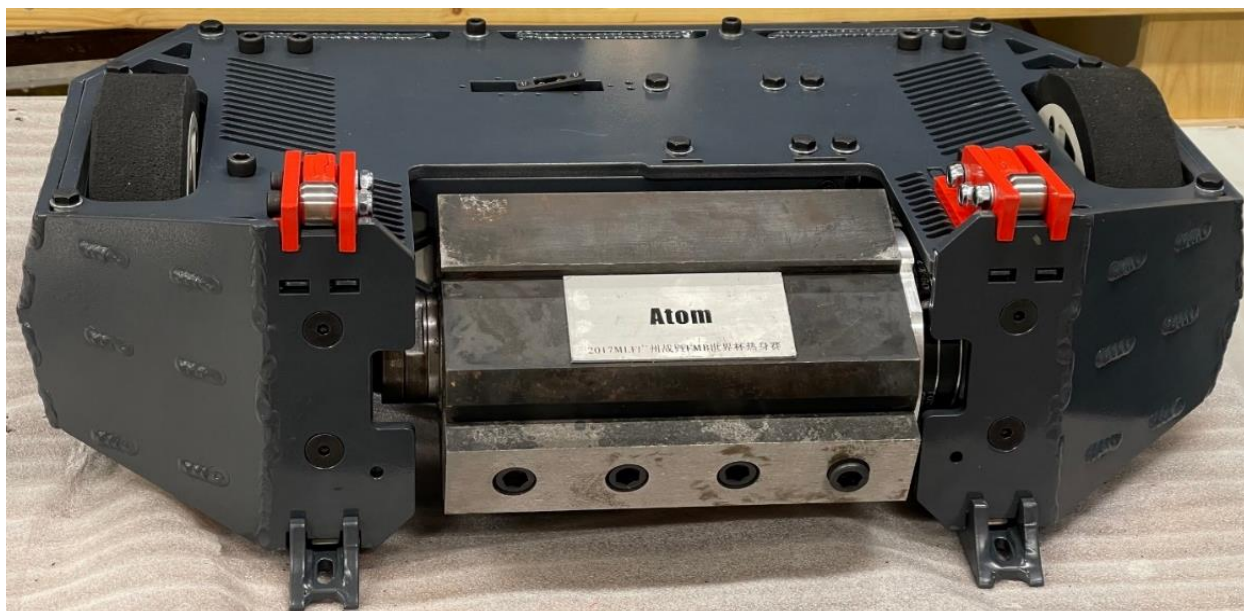


Рисунок 3. Робот «Атом»

Роботы-флипперы, или подкидыватели специализированы на подбрасывании противника с использованием пневматического орудия (флиппер). Этот вид роботов (рисунок 4) оборудован подъемным механизмом с пневмоцилиндром. Сила подъема у таких роботов может достигать нескольких тонн.



Рисунок 4. Робот «Weber»

Особенности такого вида робота:

1. Низкий центр тяжести, что обеспечивает им стабильность и возможность избежать самопереворотов.

2. Тактика управления. Роботы-флипперы часто используют тактику уклонения и маневрирования, чтобы избежать ударов противника и найти удачный момент для подкидывания.

Недостатком является ограниченная ударная мощь. В отличие от роботов с ударными спиннерами, флипперы ориентированы на выбрасывание и маневрирование, поэтому их ударная мощь может быть ограничена.

За основу изготовления боевого робота для Вавиловского университета выбрана конфигурация робота-флиппера. Для создания 3D модели применялась программа SolidWorks (рисунок 5). В модели учитывались габаритные размеры двигателей, блока аппаратуры и контроллеров, аккумуляторов и боевой части.



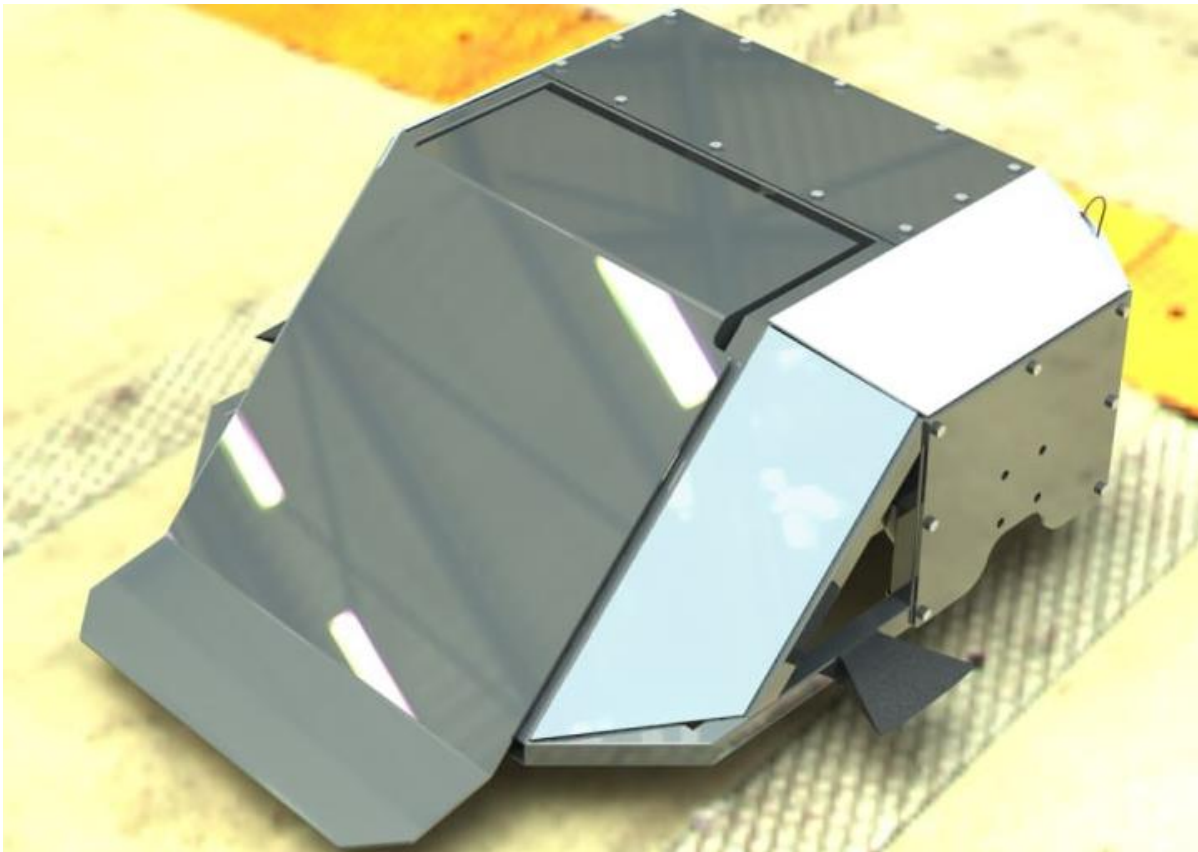


Рисунок 5. 3D модель робота

Конструкция робота (рисунок 6) состоит из рамы, движущего механизма, блока орудия и блока управления.

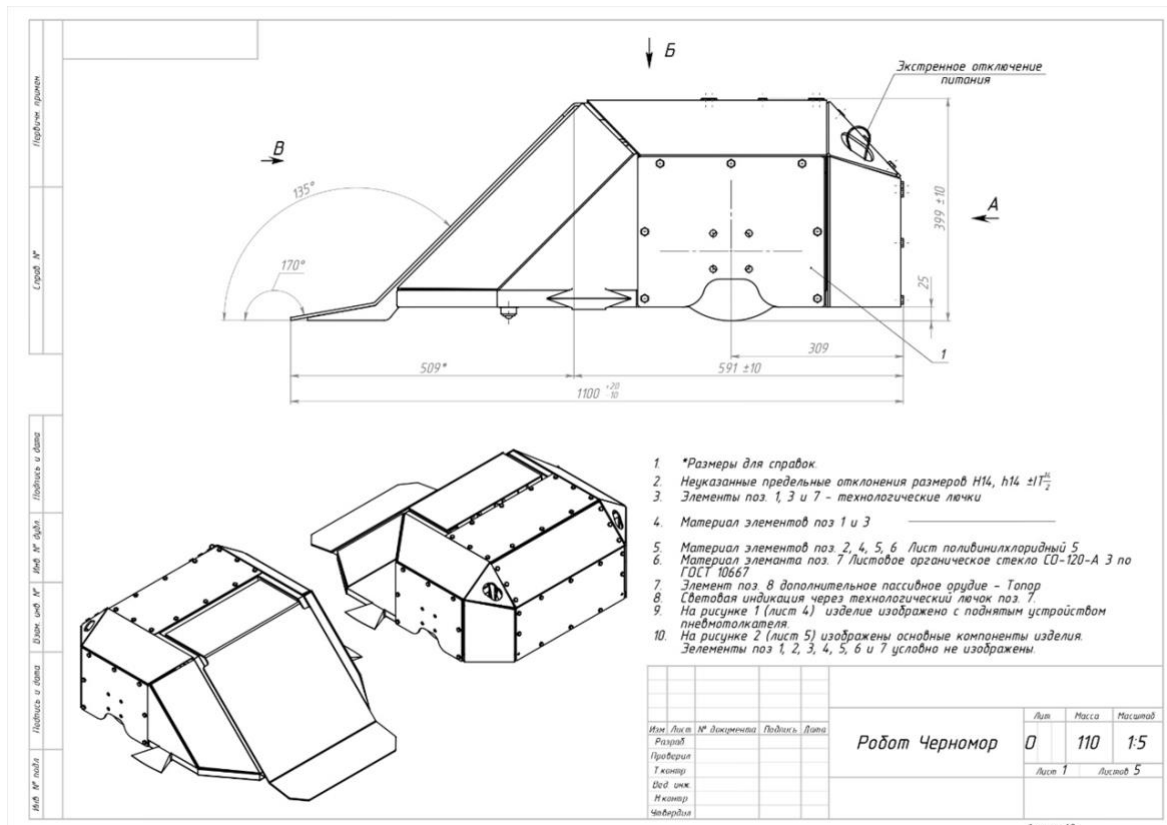


Рисунок 6. Конструкция робота



Рама робота изготовлена из профилей 25x25 мм. Строение рамы имеет скос в передней части, чтобы робот мог подцепить противника и орудием подбросить его.

Движущий механизм состоит из двигателей, редукторов, подшипниковых узлов и колес. Двигатели передают вращение на редуктор понижая число оборотов и увеличивая крутящий момент. С редуктора перемещение передается на цепную передачу для вращения оси колеса. Передаточное число редуктора составляет 3.5, а цепной передачи – 2.8 [5].

В блок орудия входит пневмоцилиндр (рисунок 7) и ударная крышка. По расчетам пневмоцилиндр при 6 атмосферах выдаст усилие на штоке 1884 кг.

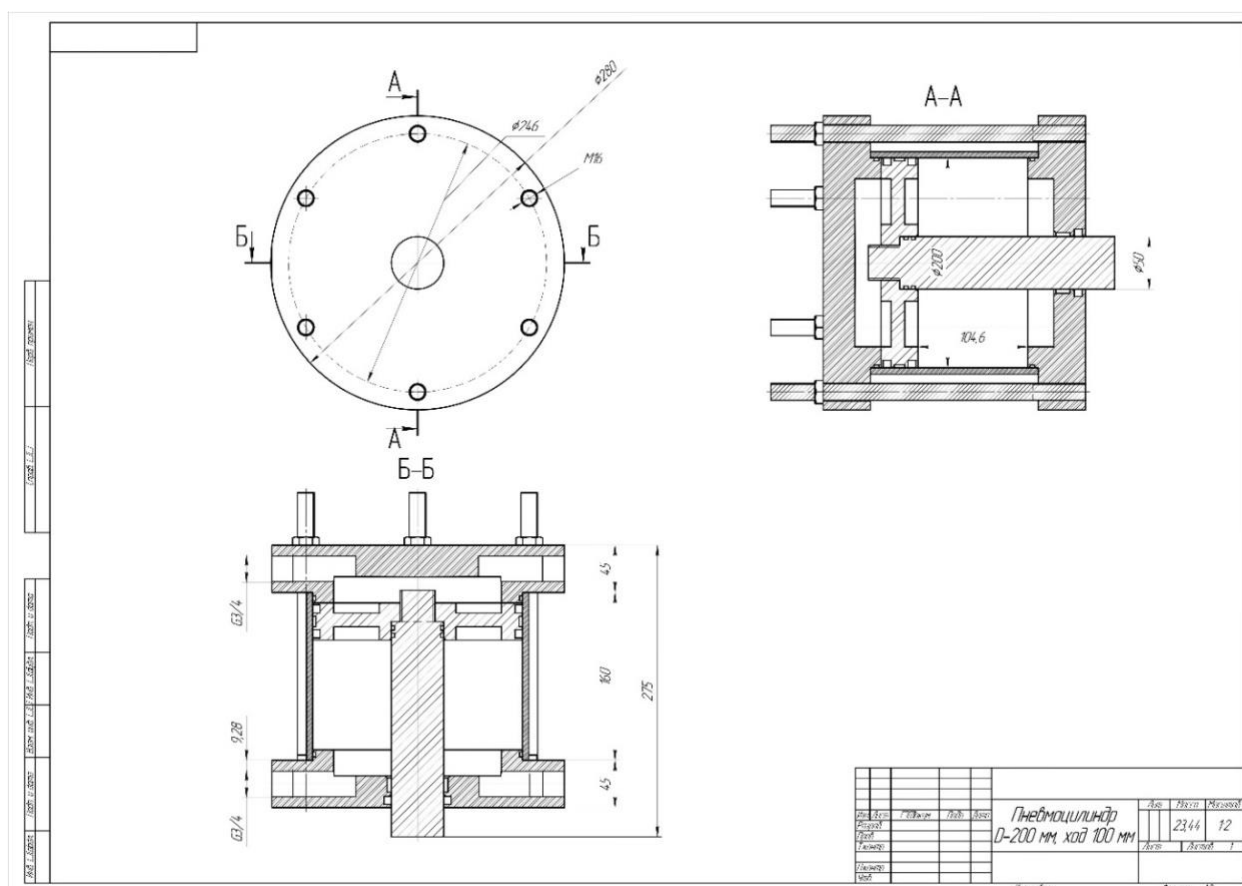


Рисунок 7. Пневмоцилиндр атакующего механизма

В блок управления входит Arduino Mega, плата расширения для фиксации проводов, понижающий преобразователь на 5В., радиоприемник, блок реле для управления двигателями и оружием [3-4]

На рисунке 8 изображен чертеж робота (вид сверху) с обозначением боковых панелей. Панель 3 изготовлена из металлической пластины толщиной 3 мм. для защиты. Панели 4, 5 и 6 изготовлены из листа поливинилхлорида. Панель 7 изготовлена из оргстекла для визуального контроля целостности внутренних элементов. 8 – пассивная защита робота (лезвие). Также в панели 4 сделана отверстия для доступа к проводу для экстренного отключения робота.

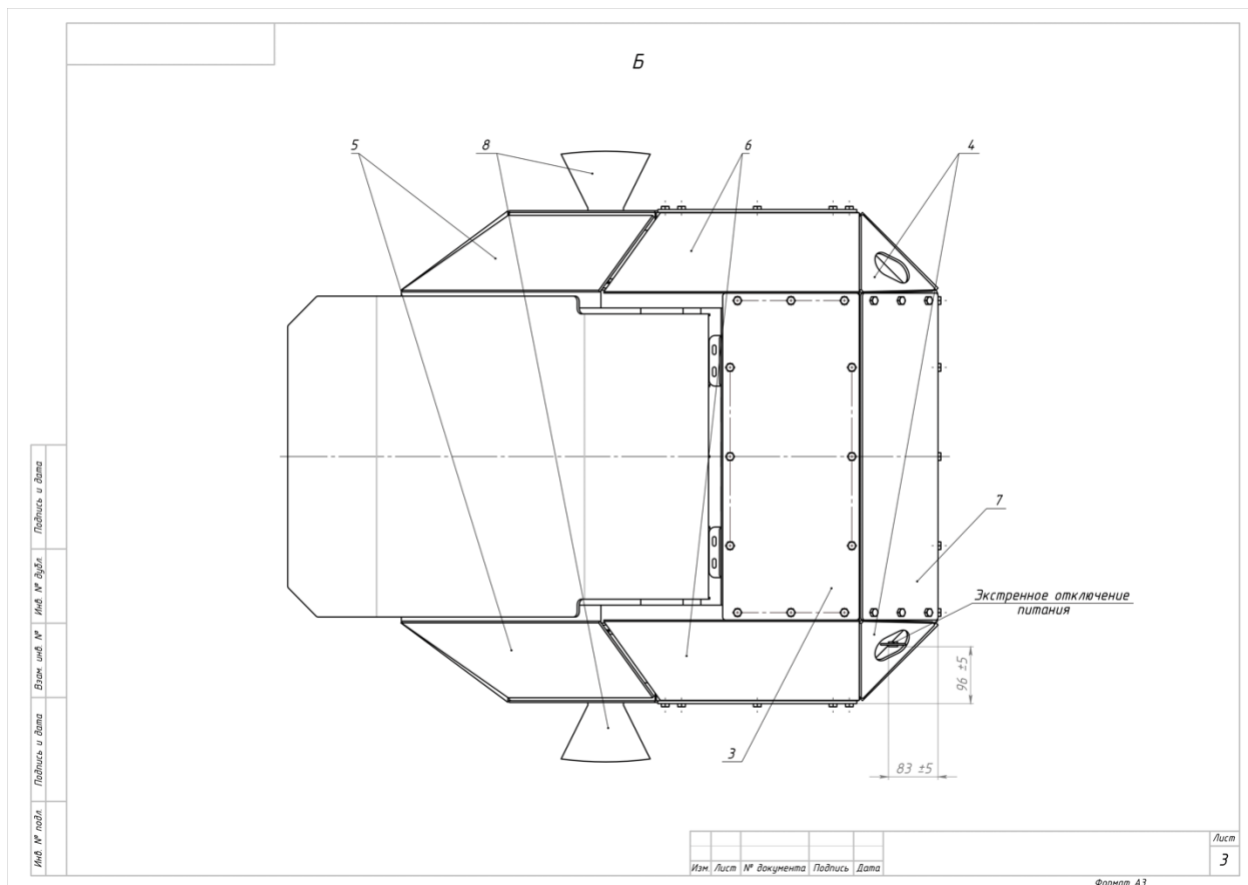


Рисунок 8. Чертеж робота вид сверху

**Заключение.** Для создания боевого робота была выбрана конструкция робота флиппера. С применением программы Solidworks была спроектирована 3D модель робота. Изготовлена рама из металлических профилей. Создан механизм перемещения робота, включающий в себя моторы, редуктора и цепные передачи. Спроектирован пневмоцилиндр нужных размеров и мощности для ударного механизма. Собран блок управления для координации и контроля всех систем боевого робота.

#### Список использованной литературы.

1. Ступина Е.Е., Ступин А.А., Чупин Д.Ю., Каменев Р.В. / Основы робототехники: учебное пособие. – Новосибирск: Агентство «Сибпринт», 2019. – 160 с.
2. Основы Робототехники // Е. И. Юревич. – 4-е изд. - Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2017. - 304 с. - (Учебная литература для вузов). – ISBN 978-5-9775-3851-0.
3. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники в трёх томах / Том 3 / – 4-е изд. – Перевод с английского И.И. Короткевич, М.Н. Микшиса, О.А. Соболевой, К.Г. Финогенова., М.П. Шарапова. Москва: Мир, 1993 – 474 с.
4. В.Т. Еременко, А.А. Рабочий, И.И. Невров, А.П. Фисун, А.В. Тютякин, В.М. Донцов, О.А. Воронина, А.Е. Георгиевский. / Электроника и схемотехника. Основы электроники: конспект лекций для высшего

профессионального образования. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», 2012 – 290 с.

5. Беркаев, А. Р. Разработка системы локализации и позиционирования мобильного робота / А. Р. Беркаев, А. А. Ненашев, А. В. Ключиков // Математические методы в технике и технологиях - ММТТ. – 2020. – Т. 12-3. – С. 152-157. – EDN QDGESL.

### References.

1. Stupina E.E., Stupin A.A., Chupin D.Yu., Kamenev R.V. / Fundamentals of robotics: a textbook. Novosibirsk: Sibprint Agency, 2019. 160 p.

2. Fundamentals of Robotics // E. I. Yurevich. – 4th ed. - St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2017. - 304 p. - (Educational literature for universities). – ISBN 978-5-9775-3851-0.

3. Horowitz P., Hill U. The Art of Circuit Engineering in Three Volumes / Volume 3 / – 4- ed. – Translated from English by I.I. Korotkevich, M.N. Mikshisa, O.A. Soboleva, K.G. Finogenova, M.P. Sharapova. Moscow: Mir, 1993 – 474 p.

4. V.T. Eremenko, A.A. Rabochy, I.I. Nevrov, A.P. Fisun, A.V. Tyutyakin, V.M. Dontsov, O.A. Voronina, A.E. Georgievsky. / Electronics and circuit engineering. Fundamentals of Electronics: lecture notes for higher professional education. – Eagle: FGBOU HPE "Gosuniversitet -UNPK", 2012 – 290 p.

5. Berkaev, A. R. Development of a localization and positioning system for a mobile robot / A. R. Berkaev, A. A. Nenashev, A.V. Klyuchikov // Mathematical methods in engineering and technology - ММТТ. – 2020. – Vol. 12-3. – pp. 152-157. – EDN QDGESL.

Научная статья

УДК 001.81

*Е.В. Берднова, Р.Б Биккинина, Р.Д. Канавин, В.А. Кудрявцева*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## **СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ДЛЯ НАУЧНЫХ И УЧЕБНЫХ ЦЕЛЕЙ В ВЕТЕРИНАРИИ И СМЕЖНЫХ С НЕЙ ОБЛАСТЕЙ АПК**

**Аннотация.** В данной статье рассматривается создание цифровой экосистемы для научных и учебных целей в ветеринарии и смежных с ней областях агропромышленного комплекса (АПК). Авторы исследуют возможности использования современных информационно-коммуникационных технологий для повышения эффективности обучения, научных исследований, диагностики и лечения животных. Предлагаемое решение может повысить результативность работы ветеринарных клиник и фермерских хозяйств, а также способствовать развитию научных исследований.

**Ключевые слова:** цифровизация, цифровая экосистема, информационные технологии, ветеринария, агропромышленный комплекс.

*E.V. Berdnova, R.B. Bikkinina, R.D. Kanavin, V.A. Kudryavceva*

Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## **CREATION OF A DIGITAL ECOSYSTEM FOR SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL PURPOSES IN VETERINARY MEDICINE AND RELATED AREAS OF AGRICULTURE**

**Annotation.** This article discusses the creation of a digital ecosystem for scientific and educational purposes in veterinary medicine and related areas of the agro-industrial complex (AIC). The authors explore the possibilities of using modern information and communication technologies to improve the effectiveness of education, research, diagnosis and treatment of animals. The proposed solution can improve the efficiency of veterinary clinics and farms, as well as contribute to the development of scientific research.

**Keywords:** digitalization, digital ecosystem, information technology, veterinary medicine, agro-industrial complex.

**Введение.** В наше время, когда технологии активно развиваются, важно иметь доступ к качественной информации без необходимости тратить много

времени на поиск и изучение различных источников. Именно поэтому новое научно-исследовательское и образовательное пространство будет предлагать удобный и эффективный способ получения нужных данных.

Таким образом, целью выполнения проекта является создание новой научно-исследовательской, а также образовательной площадки для ветеринаров, обучающихся специалистов и специалистов смежных областей АПК, на которой каждый пользователь мог бы оперативно найти информацию и освоить её удобным и понятном для себя формате.

**Методы исследования:** анализ литературы, аналогия, интервью

На данный момент в нашей стране существует ряд проблем, связанных с организацией практического обучения специалистов, а также с отсутствием открытых источников, содержащих большое количество диагностических данных и результатов обследований, на этом основании часто тормозятся научные исследования, которые особо актуальны в настоящее время импортозамещения. [4] Если говорить об обучении высококвалифицированных специалистов в разных областях АПК, то чаще всего ему присуще предоставление теоретического материала без подкрепления практическим опытом и знаниями. Мы предлагаем систему, которая даст возможность аккумулировать большие массивы достоверных научных данных, предоставляющих возможность для научных исследований и обучения на их основе. Система даст возможность проводить обучающие курсы на современном высокоразвитом цифровом уровне, в онлайн формате, как в синхронном, так и в асинхронном виде.

Кроме выше сказанного, планируется упрощение взаимодействия между специалистами, у которых не всегда бывает возможно из-за отсутствия контактов. Проект цифровой среды поможет сделать сотрудничество более динамичным, оперативным и удобным за счет расширения функционала методами телемедицины.

Заявленная «экосистема» станет современным методом агрегации и структурирование информации, который обеспечит оперативное получение и освоение различных материалов с неограниченной воспроизводимостью и возможностью дистанционного обучения. Предполагается сбор, структурирование и последующее предоставление пользователям различных экспериментальных, исследовательских данных, т.е. данные, на основе которых можно будет осуществлять научные изыскания, а также использовать их в учебном процессе. Например, данные медицинских обследований или анализы, которые часто требуются при написании научных работ, но их трудно получить, так как они часто находятся в разных руках. Для этого планируется заключить договоренность с различными клиниками и иными структурами, которые обладают подобными сведениями. Одним из отличий программы станет предоставлением возможности общения между специалистами с помощью «чата», что позволит обмениваться информацией непосредственно в режиме «онлайн» без разглашения личных данных. Помимо выше сказанного, доведение цифровых технологий до подобного

уровня даст возможность избежать изолированности достижений областей АПК и позволит им развиваться в более ускоренном темпе. [2].

Главная особенность продукта - это аккумулялирование актуальной структурированной практической информации. Данное преимущество будет достигнуто путем предоставления специалистам доступа к добавлению данных из личной практики (фото-, видеоматериалы, описание симптоматики и тд), что сделает базу данных с практическими исследованиями, а также образовательный контент более полным, наглядным и реальным. Программа предполагает аналог чатов, как на сторонних ресурсах, что позволит вести беседу со специалистами, сохраняя конфиденциальность личных данных. Кроме того, ведение подобного новшества позволит отследить заболеваемость в регионе, составить статистику и план мероприятия для предотвращения распространения недугов, а также использовать для новых научных исследований широкий спектр диагностических данных.

**Результаты исследования.** Конкурентами продукта можно считать электронные и обычные библиотеки и справочники, а также узко направленные курсы и профессиональные чаты в мессенджерах. Все перечисленные ресурсы являются разрозненными и не предоставляют системного подхода ни к данным, ни к взаимодействию специалистов. что и делает их менее привлекательными для потребителей. Справочники и электронные библиотечные системы отличаются такими проблемами как: недостаточная сортировка и структурированность информации, низкая визуализация и скорость усвоения материала, отсутствие проверки актуальности информации, длительный поиск необходимых данных. [5]

Согласно статистике, время, затрачиваемое на изучение материала в библиотеках и справочниках, составляет от нескольких часов до нескольких дней. Однако, более 70% людей всё чаще предпочитают обучаться онлайн. (рисунок 1).



Рисунок 1. Вовлеченность в онлайн обучение

Данный тренд привел к созданию интернет-курсов, которые стали популярным и эффективным способом обучения. Интернет-курсы предоставляют гибкость расписания и доступ к образовательному контенту, что делает их привлекательными для потребителей. Благодаря проведению уроков и выполнению заданий в онлайн-формате, пользователи могут самостоятельно организовывать свою учебную деятельность и изучать интересующие их предметы в своём темпе. Это особенно удобно для тех, кому необходимо совмещать обучение с работой или другими обязанностями. Развитие образовательных технологий и переход к онлайн-обучению открывают новые возможности для получения знаний, сокращают время на обучение, и делают образование более доступным для всех желающих.

Профессиональные курсы на сегодняшний день являются наиболее популярными среди специалистов, однако не всегда есть возможность удаленного доступа, а также есть вероятность преподнесения устаревших данных. Кроме того, имеет место быть трудности в поисках курса с необходимым материалом. [1] (таблица 1).

	Ветеринарные курсы	Ветеринарные онлайн справочники	ЭБС	Цифровая экосистема
Удалённый доступ	+-	+	+	+
Структурированность	+	-	-	+
Визуализация	+	-	-	+
Высокая скорость изучения материала	+	-	-	+
Актуальность данных	+-	-	-	+
Доступность	-	+	+	+
Оперативный поиск	+-	-	-	+

Таблица 1. Вовлеченность в онлайн обучение

Для подтверждения актуальности и востребованности провели опрос среди специалистов данной сферы. В ходе интервью было выявлено, что большая часть профессионалов видит перспективы данной задумки в её многогранных возможностях использования, а также рассматривают её, как способ поделиться и почерпнуть для себя необходимый объем информации, которая может стать плацдармом для развития научных исследований.

Для предполагаемых пользователей команда предлагает обширную цифровую экосистему, включающую в себя базы данных с востребованными и действительными научно-исследовательскими материалами в области ветеринарии и смежных с ней областями АПК, а также информацию для обучения будущих специалистов или повышения квалификации уже действующих специалистов. Для снабжения системы актуальными данными будут привлекаться к содействию и сотрудничеству практикующие высококвалифицированные сотрудники профильных организаций, использующих программу (партнёры). В будущем для контроля поступающей информации будут наниматься высококвалифицированные консультанты,

проверяющие корректность получаемых материалов. Также планируется заключать договоры с государственными структурами с целью получения наиболее достоверных и актуальных данных.

**Заключение.** Исходя из упомянутого в докладе можно сделать вывод о необходимости интеграции современных информационных технологий в процессы обучения и исследований. Развитие такой цифровой инфраструктуры способствует повышению эффективности ветеринарной практики, улучшению качества обучения и обмену знаниями, что в свою очередь способствует развитию аграрного сектора в целом. Главной целью данного проекта остается создание благоприятной среды для современного развития отрасли, где цифровая экосистема становится важным инструментом для достижения успеха и содействия внедрению инноваций.

### **Список использованной литературы.**

1. Купцова, О. В. Преимущества и проблемы онлайн-обучения (на примере реализации онлайн-курса "правоведение") / О. В. Купцова // Право и образование. – 2019. – № 8. – С. 55-61. – EDN QIINPK.

2. Курочкина, Н. Г. Цифровизация ветеринарии как путь к устойчивому развитию / Н. Г. Курочкина, Р. Р. Муллаяров // От модернизации к опережающему развитию: обеспечение конкурентоспособности и научного лидерства АПК. Актуальные проблемы ветеринарной медицины: Сборник статей международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 24–25 марта 2022 года. – Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет, 2022. – С. 73-75. – EDN SQZKFH.

3. Мустович Никита Сергеевич Сравнение восприятия учебного материала студентами очной, смешанной и онлайн-форматов обучения // Скиф. 2023. №3 (79). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnenie-vozpriyatiya-uchebnogo-materiala-studentami-ochnoy-smeshannoy-i-onlayn-formatov-obucheniya> (дата обращения: 21.03.2024).

4. Смоленцев, С. Ю. Информационные технологии в ветеринарии / С. Ю. Смоленцев // Информационно-вычислительные технологии и их приложения: Сборник статей XXVI Международной научно-технической конференции, Пенза, 15–16 августа 2022 года / Под научной редакцией В.В. Кузиной. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2022. – С. 204-206. – EDN JUUXXQ.

5. Трофимова, Анна Сергеевна. Достоинства и недостатки электронно-библиотечных систем: профессиональная деятельность научной библиотеки и вуза / Анна Сергеевна Трофимова. - (Библиотечная политика). - Текст: непосредственный // Библиотечное дело. - 2020. - № 20. - С. 32-34: фот. - Примеч.: с. 34. - ISSN 1727-4893.

### **References.**

1. Kuptsova, O. V. Advantages and problems of online education (on the example of the implementation of the online course "jurisprudence") / O. V. Kuptsova // Law and education. – 2019. – No. 8. – pp. 55-61. – EDN QIINPK.



2. Kurochkina, N. G. Digitalization of veterinary medicine as a path to sustainable development / N. G. Kurochkina, R. R. Mullayarov // From modernization to advanced development: ensuring competitiveness and scientific leadership of the agro-industrial complex. Actual problems of veterinary medicine: Collection of articles of the international scientific and practical conference, Yekaterinburg, March 24-25, 2022. – Yekaterinburg: Ural State Agrarian University, 2022. – pp. 73-75. – EDN SQZKFH.

3. Nikita Sergeevich Mustovich Comparison of the perception of education material by students of full-time, mixed and online learning formats // Skif. 2023. No.3 (79). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnenie-voispriyatiya-uchebnogo-materiala-studentami-ochnoy-smeshannoy-i-onlayn-formatov-obucheniya> (date of application: 03/21/2024).

4. Smolentsev, S. Yu. Information technologies in veterinary medicine / S. Yu. Smolentsev // Information and computing technologies and their applications: Collection of articles of the XXVI International Scientific and Technical Conference, Penza, August 15-16, 2022 / Under the scientific editorship of V.V. Kuzina. – Penza: Penza State Agrarian University, 2022. – pp. 204-206. – EDN JUUXXQ.

5. Trofimova, Anna Sergeevna. Advantages and disadvantages of electronic library systems: professional activity of a scientific library and a university / Anna Sergeevna Trofimova. - (Library Policy). - Text: direct // Librarianship. - 2020. - No. 20. - pp. 32-34: photo. - Note: p. 34. - ISSN 1727-4893.

Научная статья  
УДК 65.011.56

*Л.К. Давыдова, В.А. Шибайкин*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОБЩИЕ

**Аннотация.** В статье рассматриваются определения цифровым двойникам и технология создания цифровых двойников для перехода к инновационной безуглеродной «замкнутой» экономике, внедрению инноваций.

**Ключевые слова:** цифровые двойники, инновации, модель, экология, практика устойчивого развития.

*L.K. Davydova, V.A. Shibaykin*

Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## ISSUES OF CREATING DIGITAL TWINS OF ENVIRONMENTAL SYSTEMS

**Annotation.** The article discusses the definitions of digital doppelgangers and technology for creating digital doppelgangers for the transition to an innovative, unreliable "closed" economy, the introduction of innovation.

**Keywords:** digital doppelganger, innovation, model, ecology, sustainable development practice.

***Введение.*** В 2024 году грядёт новый этап развития цифровых технологий. Он обещает нам создание интерфейсов, обладающих эмоциональным интеллектом и когнитивными способностями. Это, несомненно, повлияет на нашу жизнь, только пока неизвестно, как. Тренды меняются непредсказуемым образом. И зачастую самые захватывающие возможности лежат на пересечении нескольких трендов. Например, цифровые двойники представляют собой высшую степень развития вычислительных ресурсов, когнитивных моделей, встроенных датчиков и т.д. То есть цифровые двойники – это тренд развития технологий, в основе которого лежит сразу несколько самостоятельных передовых и всё ещё развивающихся технологий.

К 2030 году на Земле будет 700 городов с населением более 1 млн человек. Сложность управления такой городской инфраструктурой ставит серьезные экономические, экологические вопросы и вызовы. С другой

стороны, производственные практики во многом остались на уровне семидесятых годов прошлого века, когда на планете было чуть более 2 млрд жителей. Сейчас, когда население превысило 7 млрд человек, усложняется инфраструктура, уже невозможно думать экспансивно и производить продукцию с использованием прежних подходов.

**Методика исследований.** Кроме того, из-за деятельности человека уменьшается биологическое разнообразие, сокращаются популяции животных. За последние тридцать лет они уменьшились примерно на 70%. Не менее сложная ситуация с водными ресурсами, нарастают проблемы изменения климата, обеспечения населения пресной водой, большим рискам подвержены продовольственные рынки, качественная еда становится все менее доступной, а земельные ресурсы не успевают восполняться.

Становится все более очевидным, что для предотвращения необратимого ущерба от изменения климата необходимы срочные меры. Уровень экологической деградации в результате применения текущих моделей производства и потребления приближается к точке невозврата.

Прежних поэтапных подходов недостаточно для того, чтобы в течение десятилетия прийти к безуглеродной, «замкнутой» экономике. Миру нужны более радикальные инновации. Компании, организации и правительства все чаще ставят цели по достижению устойчивости, однако реализовать конкретные планы намного труднее.

Цифровые двойники - часть решения. Что такое цифровые двойники? Это виртуальные представления продукта или даже такой сложной экосистемы как город в реальном времени. Они используются для моделирования и тестирования инноваций. В частности, цифровые двойники обеспечивают безопасную среду тестирования различных инноваций. За счет моделирования всей цепочки создания стоимости они могут повысить устойчивость продуктов и услуг на протяжении всего жизненного цикла, от проектирования для повторного использования, от минимизации использования материалов во время производства до оценки выбросов углерода и моделирования логистики для систем экономики замкнутого цикла.

**Результаты исследований.** Компании Accenture и Dassault Systèmes недавно выпустили отчет, в котором раскрывается, как цифровые двойники могут стимулировать инновации, а также сокращать расходы и использование ресурсов, что в конечном итоге способствует устойчивости и цикличности экономики. Согласно этому совместному исследованию («Designing Disruption: The Critical Role of Virtual Twins in Accelerating Sustainability», Accenture и Dassault Systèmes, 2021 г.), цифровые двойники могут помочь компаниям получить к 2030 году совокупную экономическую выгоду в размере 1,3 триллиона долларов и добиться в следующие 10 лет сокращения выбросов CO<sub>2</sub> на 7,5 Гт.

Эти результаты были получены для пяти сценариев использования и представляют лишь небольшую часть преимуществ повсеместного внедрения цифровых двойников во всех соответствующих секторах промышленности и в госсекторе. В исследовании рассматриваются примеры использования в пяти

отраслях: строительство, производство потребительских товаров, транспорт, науки о жизни, а также электрика и электроника.

Эти пять направлений выбраны по той причине, что они наиболее актуальны для бизнеса и в наибольшей степени влияют на выбросы углекислого газа, имеют весомые экономические последствия. Можно эффективно использовать имеющиеся ресурсы, например, вследствие применения цифровых двойников, экономия электроэнергии может составить от 20% до 80%. На обслуживании зданий и сооружений можно сэкономить почти 300 млрд долларов и сократить выбросы CO<sub>2</sub>.

Однако, несмотря на то, что это проверенные и уже доступные сегодня технологии, цифровые двойники используют лишь 10% организаций, которые должны были бы применять данный подход для ускорения своих усилий по обеспечению устойчивого развития. Таким образом, можно существенно изменить ситуацию, задействовав цифровых двойников в 90% случаев, когда они еще не используются.

В исследовании говорится о том, как технологии цифровых двойников могут обеспечить существенные инновации в области устойчивого развития в масштабе, позволяющем достичь целей ООН и перестроить глобальную экономику, сделав ее более замкнутой и низкоуглеродной.

Исследование показало, что сейчас только 48% руководителей внедряют устойчивость в свои операции. Что касается эффективности использования ресурсов и экономики замкнутого цикла, то лишь 50% компаний принимают соответствующие меры. Между тем половина опрошенных руководителей считает, что бизнес будет самым важным игроком в достижении целей ООН по устойчивому развитию. Однако только 21% опрошенных руководителей считают, что бизнес выполняет свои обязательства в этой области.

Цифровые двойники - важный шаг вперед в обеспечении устойчивости и улучшении финансовых показателей компаний. Это делает цифровых двойников подходящим решением для всех трех аспектов устойчивости: окружающей среды, экономики и общества.

Для достижения целей ООН в области устойчивого развития необходимы прорывные инновации. Технология цифровых двойников может сделать возможными радикальные действия, необходимые всем заинтересованным сторонам. Так, согласно исследованию, данная технология имеет большой потенциал в борьбе с климатическим кризисом [1]

Что дает использование технологии цифровых двойников?

- 1.Снижение стоимости производства продукции.
- 2.Уменьшение регуляторных рисков.
- 3.Возможности реализации новых моделей обслуживания.
- 4.Уменьшение потребности в площадях при осуществлении операций и производстве продукции.
- 5.Возможности кросс-функционального сотрудничества.
- 6.Сокращение времени выпуска на рынок товаров и услуг.

Таблица 1. Сферы применения цифровых двойников

Отрасль	Сценарий использования технологии цифровых двойников
Строительство и городская среда	Оптимизация эффективности операций за счет применения технологии цифровых двойников. Усовершенствование проектирования городской среды с использованием моделирования и оптимизации.
Производство потребительских товаров	Разработка экологичных продуктов с помощью 3D-моделирования и симуляции. Использование производственных площадок для выпуска экологичных продуктов с применением технологии цифровых двойников.
Транспорт и мобильность	Использование технологии цифровых двойников для проектирования продукции, создания опытных образцов и тестирования. Оптимизация и повышение эффективности с помощью технологии цифровых двойников.
Науки о жизни	Оптимизация производственных площадок для выпуска фармацевтических продуктов с использованием цифровых двойников. Виртуализация клинических испытаний с использованием технологии цифровых двойников.
Электрика и электроника	Утилизация отходов, электрического и электронного оборудования с использованием технологии цифровых двойников. Возможность повторного использования электронных и электрических продуктов, организация производства замкнутого цикла.

Считается, что пандемия COVID-19 затормозила коллективный прогресс в достижении многих целей устойчивого развития. Теперь, когда предприятия и организации во всем мире стремятся ускорить выполнение требований устойчивого развития, технологии цифровых двойников могут сыграть ключевую роль.

Цифровые двойники уже работают: мировой рынок оценивается в 5,4 миллиарда долларов и прогнозируется, что в течение следующих пяти лет его среднегодовой рост будет составлять 36%. Однако текущий уровень внедрения цифровых двойников во всем мире составляет всего 10%, а это означает, что существует огромный неиспользованный потенциал для более широкого применения данной технологии для решения глобальных проблем устойчивости и ускорения достижения целей устойчивого развития ООН.

Критически необходимы последовательное и постоянное повышение производительности, эффективности использования ресурсов, сокращения выбросов и отходов. Но сами по себе такие усилия не помогут преодолеть климатический кризис и достичь цели устойчивого развития. Это требует фундаментальной трансформации базовых систем и процессов, а технологии цифровых двойников, масштабно развертываемые в различных отраслях, являются решением проблемы.

Но как именно работают цифровые двойники, и как применять их в реальном мире? Поскольку цифровой двойник - виртуальное представление продукта или экосистемы в реальном времени, которое можно использовать для моделирования, визуализации, прогнозирования и предоставления отзывов о свойствах и функциональных характеристиках продукта, создавать его можно виртуально: моделировать переменные, прогнозировать результаты и выполнять итерации процесса, причем с высокой точностью. Идея состоит в том, чтобы сэкономить время, деньги и ресурсы, а также повысить безопасность, соответствие нормативным требованиям и производительность. И это уже происходит.

Цифровой двойник позволяет моделировать продукт в целом, в различных условиях и контекстах. А это означает получение не только немедленной обратной связи о том, выполнены ли функциональные требования к продукту, но также и ключевой информации о нефункциональных требованиях. Этот подход может привести к лучшим результатам на нескольких этапах: изготовление, сборка, тестирование, обслуживание и даже разборка и утилизация. И последнее особенно ценно, когда нужно думать об устойчивости и необходимости максимального повторного использования получаемых в ходе разборки материалов.

Виртуальные или цифровые двойники используются для моделирования сложных систем, от автомобилей до городов, они имитируют их функционирование с точностью, которая позволяет перейти непосредственно от виртуальной модели к созданию продукта или решения. Не нужно тратить годы на получение опытного образца и постепенное его улучшение. Скорость вывода продуктов на рынок и снижение рисков сложных проектов объясняет, почему технологии виртуальных, цифровых двойников были использованы при разработке 85% электромобилей в мире, задействованы в более 75% проектов в мировой ветроэнергетике и в прорывных пилотных проектах, таких как первый в мире самолет на солнечных батареях и новые биоматериалы.

Цифровые двойники могут получать реальные данные, которые, в свою очередь, создают обратную связь и со временем приводят к улучшению конструкции. Это значительно ускоряет процесс обновления продукта. Например, если ваш автомобиль может собирать данные о своей надежности и передавать их команде инженеров, это означает, что любые сбои могут быть устранены в будущих обновлениях. И ценность этого типа обратной связи будет только возрастать по мере того, как становятся все более популярными новые электромобили и автономные транспортные средства. Это ускорение обновлений продуктов также поддерживает постоянно растущую индивидуальную адаптацию и возможности выбора конфигурации и кастомизации.

Обратная связь такого типа важна, поскольку транспортное средство все больше становится «системой систем», бесшовно объединяющей механические, электрические и программные компоненты, что также

управляется цифровым двойником. Все это создает возможности для усовершенствований и улучшений.

Необходимо собрать огромные объемы данных и выстроить правильную аналитику, чтобы в режиме реального времени получить представление о том, что происходит. Для этого можно задействовать облачные технологии.

Таким образом, цифровые двойники – это виртуальное представление продукта, процесса или всей системы в реальном времени, которое используется для моделирования, визуализации, прогнозирования и предоставления обратной связи по свойствам и функциональным характеристикам изделия.

В понимании Dassault Systèmes цифровой двойник - это цифровая технология, которая позволяет моделировать продукт или систему, либо систему систем, создавать, производить, выводить из эксплуатации эти системы.

Компания Dassault Systèmes 40 лет работает на технологическом рынке, и принципы устойчивого развития, гармонизации продукта и человека, изначально были заложены в миссию компании, стали частью её ДНК. Она всегда стремилась с помощью технологий сделать этот мир лучше [1].

Можно сказать, что компания является одним из пионеров практики устойчивого развития. Одно из направлений ее работы - 3D-проектирование.

Так появились первый цифровой самолёт, цифровой автомобиль. И такое проектирование непосредственно связано с устойчивым развитием, ведь в отличие виртуальных тестов с использованием цифровых моделей при натуральных испытаниях затрачивается намного больше человеческих, природных ресурсов и, конечно, времени. Можно провести очень большое число виртуальных испытаний, внести изменения и выбрать наилучшую модель. Например, модель автомобиля в результате становится достаточно близкой к оптимальной.

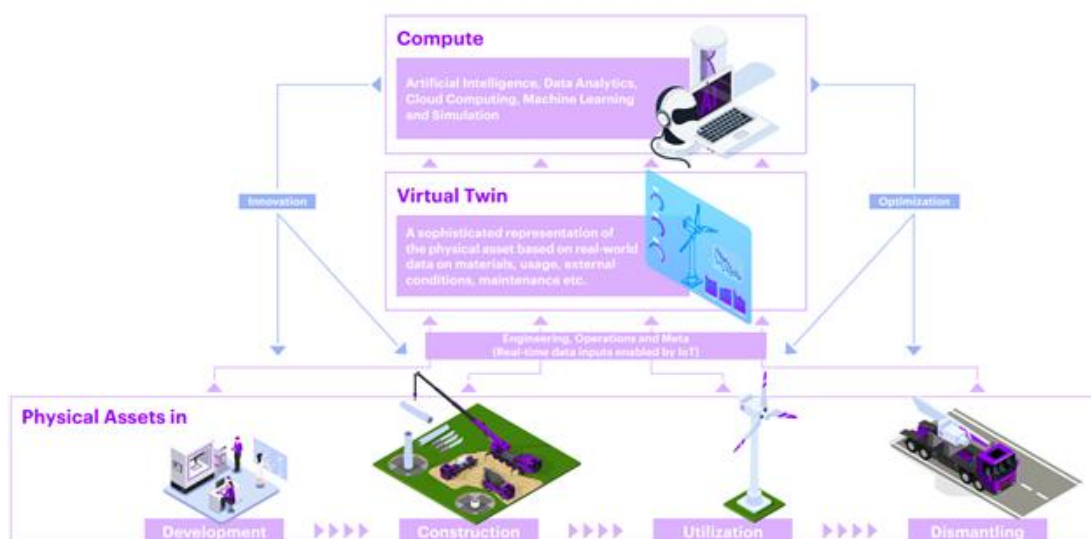


Рисунок 1. Схема взаимодействия с цифровым двойником

Как цифровые двойники взаимодействуют с реальным миром.

С 1999 года Dassault Systèmes использует также концепцию жизненного цикла изделия. Эти практики активно применяются, например, в авиастроительной или в автомобильной отрасли. Что касается других областей, таких “умные города” или охрана человеческого здоровья, то они в этом отстают. Сейчас Dassault Systèmes начинает активно работать с партнерами в области развития городов, создания элементов “умной инфраструктуры” и даже цифровых двойников человека. Уже есть проект по созданию цифрового двойника живого сердца. В этом заинтересованы как научное сообщество, так и практикующие хирурги, которые по модели сердца смогут лучше понять, как проводить операцию.

В настоящий момент Dassault Systèmes работает над цифровым двойником мозга. Подобные технологии можно использовать для более эффективного лечения. Таким образом, компания находится на гребне волны устойчивого развития. Она сотрудничает со всеми производителями электромобилей, которые на 100% используют лучшие практики устойчивого развития. 75% компаний, использующие генерацию энергии ветра, также работают с Dassault Systèmes.

Цифровые двойники позволяют усовершенствовать разные этапы исследования, разработки и эксплуатации продуктов. Однако для успеха необходимо сотрудничество разных организаций, объединение разных знаний и технологий, наконец – изменение мышления.

Dassault Systèmes, как технологический лидер, внедряющий инновации в широком спектре отраслей, считает, что сейчас настал критический момент для стимулирования трансформационных изменений в бизнесе в двух направлениях: цифровой трансформации и устойчивого развития.

Практика устойчивого развития. Устойчивое развитие требует изменения ментальности компании и людей, которые в ней работают. Как показывают опросы руководителей компаний, 99% из них подтверждает важность устойчивого развития (даже на глобальном уровне), но лишь 20% компаний реально этими вопросами занимаются. В России данный показатель ещё ниже.

Как сама бизнес-модель, так и подходы к производству продукции или оказанию услуг должны учитывать практики устойчивого развития. При этом большое внимание следует уделять корпоративной культуре. Нужно также соотносить с данными практиками цели, которых требуется достичь, продумать, что можно улучшить с точки зрения устойчивого развития.

Исследование Dassault Systèmes и Accenture показывает, что повестки экономического и устойчивого развития неразделимы: должны быть единые цели, единые KPI. Руководители среднего и старшего звена должны понимать, какие сейчас существуют технологии, какие имеются финансовые инструменты, чтобы компания была более устойчивой. Следует проводить масштабные изменения, которые приведут к прорывным подходам. Однако устойчивое развитие может оказаться для компании затратным, поэтому нельзя полагаться только на какую-то частную инициативу. Оно предполагает сотрудничество между государством и частным бизнесом.



В России важно не опоздать с реализацией концепции устойчивого развития.

Почему компаниям стоит присмотреться к концепции устойчивого развития? С финансовой стороны показателем индекса S&P500, куда входят самые успешные компании мира. Почти все они занимаются устойчивым развитием. Компании, следующие принципам устойчивого развития и бережливого производства, реализуют прозрачные процессы и привлекательны для инвесторов.

Руководители компаний должны способствовать изменениям в оценке показателей и отслеживанию ценности устойчивого развития, увязывая его с корпоративными стратегиями роста и учитывая эти ценности при принятии решений об инвестициях в технологии и инновации. Нужно связать воедино программы в области технологий и устойчивого развития, понимать особенности технологии цифровых двойников и потенциальных вариантов ее использования в организации, включая требования к инфраструктуре и существующие ограничения, заручиться широкой поддержкой частного, государственного секторов и гражданского общества. Для достижения целей устойчивого развития необходимо широкое сотрудничество обмена технологиями, реализация соответствующих программ и инициатив со стороны государства.

Будущее цифровых двойников. Цифровые двойники базируются на целом ряде технологий, которые постоянно эволюционируют. К таким технологиям относятся: методы сбора, передачи и обработки данных, математические модели физических процессов, а также высокопроизводительные вычислительные средства, используемые для проведения расчётов (моделирования) на основе этих моделей. Поэтому будущее цифровых двойников напрямую зависит от роста возможностей этих технологий.

Алгоритмы искусственного интеллекта и машинного обучения, с которыми работают цифровые двойники, требуют огромных объёмов данных. Но зачастую на производстве данные с датчиков теряются, искажаются или собираются непоследовательно. Поэтому вопрос развития необходимой инфраструктуры и трансформации подхода к управлению данными является важным в контексте сокращения времени окупаемости новых технологий в будущем.

Даже в тех случаях, когда цифровые двойники создаются для моделирования совершенно новых процессов, систем или устройств, не всегда возможно в нужных местах разместить все необходимые контрольно-измерительные приборы и датчики. В случае с химическими и биологическими реакциями или в экстремальных условиях (например, высокие температуры и давление) измерить характеристики непосредственно самого процесса может оказаться невозможно. В результате приходится получать данные опосредованно или опираться на те характеристики, которые можно измерить. Учитывая, что стоимость датчиков снижается и приобрести их уже не проблема, какое их число можно считать достаточным? Анализ

издержек и потенциальной выгоды будет иметь критически важное значение в будущем. Так, современные авиационные двигатели можно оснастить тысячами и даже десятками тысяч датчиков, генерирующих терабайты данных каждую секунду. Однако в большинстве случаев при наличии детальной и точной системной модели, воспроизводящей работу электрических и гидравлических систем самолета, требуется лишь небольшое количество правильно расположенных датчиков для получения ключевых входных и выходных данных. Следовательно, в ближайшие годы будет продолжаться активное развитие средств математического и имитационного моделирования, а также рост доступных вычислительных ресурсов для моделирования в режиме реального времени. При этом качественный скачок быстродействия вычислительных систем возможен только при переходе на квантовые вычисления.

Также в ближайшие годы расширится область применения цифровых двойников. В логистике, производстве и цепочках поставок цифровые двойники в сочетании с технологией машинного обучения и расширенными возможностями сетевого подключения, такими как 5G, будут всё больше отслеживать, контролировать, направлять и оптимизировать потоки товаров по всему миру. Возможность в реальном времени отслеживать местоположение и условия, в которых содержится товар (температура, влажность и т.д.), будет считаться нормальной практикой.

Организации, переходящие от продажи продуктов к продаже продуктов вместе с услугами или в качестве услуг, первыми исследуют новые возможности использования цифровых двойников. Подключение цифрового двойника к встроенным датчикам и использование получаемых с помощью него данных для финансового анализа и прогнозирования открывают возможности для дополнительных продаж, получения более точных и оптимизированных прогнозов, а также оптимизации ценообразования. Например, так компании могут отследить повышенный износ оборудования и предложить дополнительные варианты гарантии или технического обслуживания. В таких отраслях, как сельское хозяйство, транспорт, аренда интеллектуальных коммерческих зданий, компании могут продавать как услугу объём производства / объём перевозки / моточасы и т.п. По мере роста возможностей и усложнения технологий всё больше компаний будут искать новые стратегии монетизации продуктов и услуг по образцу цифровых двойников.

В перспективе для полной реализации потенциала цифровых двойников может потребоваться интеграция систем и данных всех производственных экосистем. Создание цифровой модели полного жизненного цикла клиента или цепочки поставок, которая включала бы не только поставщиков первого уровня, но и их поставщиков, могло бы позволить компаниям видеть процессы на макроуровне. Однако вместе с тем такой подход потребует включения внешних субъектов в цифровые экосистемы внутренних процессов.

Долгое время развитию и промышленному применению технологии цифровых двойников мешало отсутствие соответствующих стандартов.

Однако в сентябре 2021 года Россия первой в мире утвердила стандарты в области цифровых двойников. Соответствующий документ с названием «Численное моделирование» – ГОСТ Р 57700.37-2021 «Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения» одобрен Росстандартом и вступит в силу 1 января 2022 года. Национальный стандарт в области цифровых двойников изделий будет распространяться только на изделия общего машиностроения, но при необходимости на его основе в дальнейшем могут быть разработаны стандарты, устанавливающие требования к цифровым двойникам изделий других отраслей промышленности.

Таким образом, цифровые двойники – это виртуальное представление продукта, процесса или всей системы в реальном времени, которое используется для моделирования, визуализации, прогнозирования и предоставления обратной связи по свойствам и функциональным характеристикам изделия.

Цифровой двойник - не только модель фабрики или автомобиля. Это среда, в которой можно в режиме реального времени постоянно вносить новые данные и изменения, смотреть, что при этом происходит, что можно улучшить, проводить различные симуляции продуктов. Это совмещение виртуального и реального мира. При этом можно задействовать и другие развивающиеся технологии, такие как искусственный интеллект и машинное обучение, большие данные, облачные вычисления. Это дает возможность оптимизировать имеющиеся продукты или производить инновационную продукцию.

#### **Список использованной литературы.**

1. Блог компании DassaultSystèmes [Электронный ресурс] // URL: <https://habr.com/ru/companies/ds/articles/>
2. Хитрых Д.П. Цифровой двойник и имитационное моделирование. [Электронный ресурс] // URL: <https://cfd-blog.ru/digital-twin-and-simulation/>
3. Статья Анализ и проектирование систем [Электронный ресурс] // URL: [https://habr.com/ru/hubs/analysis\\_design/](https://habr.com/ru/hubs/analysis_design/)
4. Статья Терминология IT [Электронный ресурс] // URL: <https://habr.com/ru/hubs/terminator/>

#### **References.**

1. Blog DassaultSystèmes [Electronic Resource] // URL: <https://habr.com/ru/companies/ds/articles/>
2. Hitryh D.P. Digital doppelganger and simulation. [ Electronic Resource] // URL: <https://cfdblog.ru/digitaltwinandsimulation/>
3. Article Analysis and Systems Design [ Electronic Resource] // URL: [https://habr.com/ru/hubs/analysis\\_design/](https://habr.com/ru/hubs/analysis_design/)
4. IT Terminology article [ Electronic Resource] // URL: <https://habr.com/ru/hubs/terminator/>

Научная статья  
УДК 519.876.5

*А.Ю. Моршнеv, А.В. Ключиков, Ю.Н. Грeпечук*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В АПК**

**Аннотация.** Проанализированы примеры применения имитационного моделирования, представленных другими учеными, в областях АПК. Рассмотрены работы исследователей, использующие имитационное моделирование для анализа и оптимизации сложных систем, а также процессов. Сделан вывод об обширном спектре применения имитационного моделирования в научных и прикладных областях сферы АПК. Отмечено возможность внедрения решений в научно-технические разработки Вавиловского университета для улучшения технологических процессов и помощи операторам в принятии решений.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, прогнозирование, поддержка принятия решений, Unity.

*A.Yu. Morshnev, A.V. Klyuchikov, Yu. N. Grepechuk*

Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## **APPLICATION OF SIMULATION MODELING IN AGRICULTURE**

**Annotation.** Examples of the application of simulation modeling, presented by other scientists, in the fields of agro-industrial complex are analyzed. The work of researchers using simulation modeling to analyze and optimize complex systems and processes is reviewed. A conclusion is drawn about the wide range of applications of simulation modeling in scientific and applied areas of the agricultural sector. The possibility of introducing solutions into the scientific and technical developments of Vavilov University to improve technological processes and assist operators in decision-making was noted.

**Keywords:** simulation, forecasting, decision support, Unity.

**Введение.** Применение имитационного моделирования в сферах агропромышленного комплекса можно разделить на три направления [4]:

1. Определение наиболее эффективной производственной стратегии предприятия, например, выбор оптимальной технологии возделывания агрокультуры.

2. Оценка возможной прибыли и/или убытков, зависящие от погодно-климатических условий и уровня урожайности культур.

3. Возможность руководящим и должностным лицам создавать виртуальные модели экономических систем, используемых для оценки и сравнения стратегий и сценариев. На стратегическом уровне управления имитационное моделирование позволяет предпринимателям и руководителям предсказывать влияние вероятных экономических событий или воздействий на показатели и цели. Примером является анализ модели управления активами предприятия [2, 8-11].

**Методика исследований.** Методом исследования в таких работах является моделирование производственных, технических и технологических, финансово-экономических или организационно-управленческих процессов в АПК. Степень соответствия модели объекту моделирования может быть с различной степенью детализации, т.к. в процессе моделирования допускаются упрощения с учетом значимости свойств для системы. Реальный объект исследования всегда сложнее, чем ее модель [3].

**Обзор уровня проработанности научного направления.** Рассмотрим применение средств имитационного моделирования в сферах агропромышленного комплекса на примере исследований других ученых.

В статье [5] приводится описание созданной модели производства сельскохозяйственной продукции. Проводятся эксперименты для поиска оптимальной стратегии ведения бизнеса абстрактного производства сельскохозяйственной продукции на среднесрочную перспективу. Результатом работы является модель, позволяющая рассчитать затраты при производстве сельскохозяйственной продукции.

А. И. Новиченко, И. М. Подхватилин разработали имитационную модель для описания работы технологического комплекса на примере строительства оросительной сети поймы реки Яхромы [6]. Задачей авторов являлось формирование эффективного комплекса машин для проведения строительных работ закрытой оросительной сети. Выбрано объектно-ориентированное имитационное моделирование для определения состава комплекса машин по критериям: суммарная стоимость технологического комплекса, производительность, временные и экономические ограничения.

В 2020-21 гг. Никитиным Е.А. проведено исследование по разработке имитационной модели роботизированного устройства для обслуживания кормового стола на животноводческих комплексах. Модель может оценивать взаимодействие системы позиционирования и электропривода [7]. Проблематика – погрешность оператора миксера-кормораздатчика при дозировании концентрированных кормов. Превышение показателя приводит к несбалансированному рациону крупного рогатого скота. С использованием имитационной модели проведены эксперименты рабочего цикла робота, выявлены погрешности, с учетом которых на базе ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» разработан экспериментальный образец.

Личный вклад в исследование. Процесс имитационного моделирования может проводиться с использованием 3D визуализации и детализированных CAD моделей. Авторским коллективом сотрудников Вавиловского университета разработана 3D CAD модель дождевальной машины «Каскад». Использование модели позволяет проверить соответствие деталей и обнаружить потенциальные проблемы в узлах изделия. С использованием разработанной CAD модели произведён прочностной и гидравлический анализ. В планах создание цифрового двойника поливного участка с использованием методов имитационного моделирования, для решения следующих задач:

- планирование и оптимизация: оптимизировать параметры системы дождевальных машин (распределение дождевателей, давление в системе, время работы);
- отработка рабочих режимов: симулировать работу дождевальных систем в различных условиях (разные погодные условия, типы почвы, рельеф местности);
- автоматическое управление: разработка алгоритма автоматического управления дождевальными машинами. Например, как регулировать интенсивность полива в зависимости от влажности почвы или прогноза погоды.

Также с целью повышения уровня подготовки специалистов по наладке электрооборудования электрифицированных дождевальных машин разработаны 3D-модели действующих узлов электроснабжения в том числе: электродвигатели, приборы синхронизации в линию, щит управления, кабельные соединения.



а



б

Рисунок 1. 3D-модель для отработки наладки электрооборудования: а – модель прибора синхронизации движения в линию; б – модель электродвигателя

3D-модели перечисленных элементов электрооборудования служат макетом для отработки переключений. Предлагается гипотеза, что при использовании тренажера после успешного выполнения необходимых переключений, обучающийся в реальных полевых условиях сможет быстрее

выполнить необходимые манипуляции, чем с использованием руководства по эксплуатации. Разработанные 3D модели и сценарии взаимодействия с ними могут быть использованы в имитационном моделировании системы управления дождевальными машинами.

**Заключение.** Рассмотренные примеры свидетельствуют об интересе научного сообщества, а также сферы агробизнеса по применению и внедрению имитационного моделирования в отраслях АПК. Методика применяется для оптимизации процессов производства, улучшения управления ресурсами и принятия стратегических решений. Имитационное моделирование позволяет учитывать переменные, проводить эксперименты и анализировать результаты, что позволяет выявить пути развития предприятия и повысить эффективность работы в агропромышленном комплексе. С учетом этого в дальнейшем планируется разработка имитационной модели дождевальной машины кругового действия «КАСКАД» для оптимизации использования водных ресурсов при поливе агрокультур.

### **Список использованной литературы.**

1. Dury J., Schaller N., Garcia F., Reynaud A., Bergez J. E. Models to support cropping plan and crop rotation decisions. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 2012, 32(2): 567-580. (doi: 10.1007/s13593-011-0037-x).
2. Шаститко Д.В., Новыш Б.В. Многокритериальный анализ портфеля инвестиционных проектов на базе интервальных экспертных оценок // Имитационное моделирование. Теория и практика: сборник докладов шестой всероссийской научнопрактической конференции ИММОД-2013. Казань: ФЭН, 2013. С. 297–300.
3. Куприяшкин, А.Г. Основы моделирования систем. - Норильск: НИИ, 2015. 135 с.
4. Алетдинова, А. А. Применение имитационного моделирования в сельском хозяйстве / А. А. Алетдинова, Б. Д. Докин // Формирование организационно-экономических условий эффективного функционирования АПК: сборник научных статей XV Международной научно-практической конференции, Минск, 25-26 мая 2023 г. - Минск: БГАТУ, 2023. - С. 223-226.
5. Имитационное моделирование производства видов сельскохозяйственной продукции / С. М. Арванова, Л. А. Мешева, А. С. Ксенофонтов, И. Я. Шаваев // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 4-2. – С. 221-224. – EDN VWQDBV.
6. Применение методов имитационного моделирования в механизации мелиоративного строительства / А. И. Новиченко, И. М. Подхватилин, В. И. Горностаев, А. В. Шкиленко // Природообустройство. – 2013. – № 3. – С. 76-80. – EDN QZSHUD.
7. Никитин Е. А. Имитационное моделирование роботизированного устройства для обслуживания кормового стола на животноводческих комплексах КРС. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022;23(1):117-125. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.117-125>

8. Яшин, А. В. Компьютерное моделирование работы устройства для первичной обработки молока / А. В. Яшин, Ю. В. Польшвяный // Региональные проблемы устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях цифровой трансформации: Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции, Пенза, 25–26 апреля 2023 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. – С. 76-82. – EDN SYTFDW.
9. Компьютерное моделирование рабочего процесса устройства для первичной обработки молока / Н. Р. Кадеров, Н. С. Чиркова, А. В. Яшин, Ю. В. Польшвяный // Цифровые технологии живых систем в сельском хозяйстве: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Пенза, 24 ноября 2022 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2022. – С. 40-44. – EDN GQZXNY.
10. Польшвяный, Ю. В. Создание анимации модели рабочего органа маслоизготовителя в программе КОМПАС-3D V20 / Ю. В. Польшвяный, М. В. Кочнева // Пищевые инновации и биотехнологии: Сборник тезисов X Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Кемерово, 17 мая 2022 года / Под общей редакцией А.Ю. Просекова. Том 2. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2022. – С. 49-51. – EDN WPDZHE.
11. Теоретическое обоснование параметров и компьютерное моделирование работы устройства для первичной обработки молока / А. В. Яшин, Ю. В. Польшвяный, П. Н. Хорев, О. С. Калинина // Нива Поволжья. – 2022. – № 3(63). – С. 3004. – DOI 10.36461/NP.2022.63.3.014. – EDN KOHMDO.

### References.

1. Dury J., Schaller N., Garcia F., Reynaud A., Bergez J. E. Models to support cropping plan and crop rotation decisions. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 2012, 32(2): 567-580. (doi: 10.1007/s13593-011-0037- x).
2. Shastitko D.V., Novysh B.V. Multicriteria analysis of the portfolio of investment projects based on interval expert assessments // *Simulation modeling. Theory and practice: a collection of reports of the sixth All-Russian scientific and practical conference IMMOD-2013*. Kazan: FENG, 2013. pp. 297-300.
3. Kupriyashkin, A.G. *Fundamentals of system modeling*. - Norilsk: Research Institute, 2015. 135 p.
4. Aletdinova, A. A. Application of simulation modeling in agriculture / A. A. Aletdinova, B. D. Dokin // *Formation of organizational and economic conditions for the effective functioning of the agro-industrial complex: collection of scientific articles of the XV International Scientific and Practical Conference, Minsk, May 25-26, 2023* - Minsk: BGATU, 2023. - pp. 223-226.
5. Simulation modeling of the production of agricultural products / S. M. Arvanova, L. A. Mesheva, A. S. Ksenofontov, I. Ya. Shavaev // *Modern high-tech technologies*. - 2016. – No. 4-2. – pp. 221-224. – EDN VWQDBV.
6. Application of simulation modeling methods in mechanization of reclamation construction / A. I. Novichenko, I. M. Podkhvilin, V. I. Gornostaev,



A.V. Shkilenko // Nature management. – 2013. – No. 3. – pp. 76-80. – EDN QZSHUD.

7. Nikitin E. A. Simulation modeling of a robotic device for feeding table maintenance at cattle breeding complexes. Agricultural science of the Euro-Northeast. 2022;23(1):117-125. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.117-125>

8. Yashin, A. V. Computer simulation of the device for primary milk processing/A. V. Yashin, Yu. V. Polyvyany//Regional problems of sustainable development of the agro-industrial complex in a digital transformation: Collection of articles of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Penza, April 25-26, 2023. - Penza: Penza State Agrarian University, 2023. - S. 76-82. – EDN SYTFDW.

9. Computer modeling of the working process of the device for primary milk processing/N. R. Kaderov, N. S. Chirkova, A. V. Yashin, Yu. V. Polyvyany//Digital technologies of living systems in agriculture: Collection of materials of the International Scientific and Practical Conference, Penza, November 24, 2022. - Penza: Penza State Agrarian University, 2022. - S. 40-44. – EDN GQZXNY.

10. Polyvyany, Yu. V. Creating an animation of the model of the oil maker's working organ in the KOMPAS-3D program V20/Yu. V. Polyvyany, M.V. Kochneva//Food Innovations and Biotechnology: Collection of theses of the X International Scientific Conference of Students, Graduate Students and Young Scientists, Kemerovo, May 17, 2022/Edited by A.Yu. Prosekova. Volume 2. - Kemerovo: Kemerovo State University, 2022. - S. 49-51. – EDN WPDZHE.

11. Theoretical substantiation of parameters and computer simulation of the device for primary milk processing/A.V. Yashin, Yu.V. Polyvyany, P.N. Khorev, O.S. Kalinina//Niva Povolzhye. – 2022. – № 3(63). - S. 3004. – DOI 10.36461/NP.2022.63.3.014. – EDN KOHMDO.

---

---

## СЕКЦИЯ «ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ»

Научная статья

УДК 631.347

*А.В. Русинов, Д.А. Колганов, Д.А. Русинов*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

### ПОВЫШЕНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ ПОЛИВА ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ «КАСКАД» КРУГОВОГО ДЕЙСТВИЯ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ НАСАДОК С ВРАЩАЮЩИМСЯ ДЕФЛЕКТОРОМ

**Аннотация.** В материалах статьи представлены результаты сравнительных экспериментальных исследований новой дождевальной насадки с вращающимся дефлектором конусообразной формы с рифленой поверхностью и серийными дождевальными насадками. Представлены значения коэффициентов, характеризующих равномерность полива и их изменение с учетом скорости ветра.

**Ключевые слова:** дождевальная машина, равномерность полива, дождевальная насадка, вращающийся дефлектор.

*A.V. Rusinov, D.A. Kolganov, D.A. Rusinov*

Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

### INCREASING THE UNIFORMITY OF IRRIGATION OF THE CASCADE SPRINKLER MACHINE WITH CIRCULAR ACTION DUE TO THE USE OF SPRINKLER NOZZLES WITH A ROTATING DEFLECTOR

**Abstract.** The article presents the results of comparative experimental studies of a new sprinkler nozzle with a rotating cone-shaped deflector with a corrugated surface and serial sprinkler nozzles. The values of coefficients characterizing the uniformity of irrigation and their change taking into account wind speed are presented.

**Keywords:** sprinkler machine, uniformity of watering, sprinkler nozzle, rotating deflector.

**Введение.** В климатических условиях Саратовского Заволжья невозможно получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур без полива. В настоящее время на 288,8 тыс. га орошаемых площадей в области работает 918 дождевальных машин, из которых 266 шт. Российского производства и 652 шт. иностранного [1, 2]. Используемые в Саратовской области иностранные дождевальные машины Zimmatic, Valley оснащаются дождевальными насадками Senniger i-Wob с вращающимся дефлектором. Недостатком данной дождевальной насадки является создание дождя в виде струй с преобладанием большого количества капель дождя диаметром свыше 3 мм выпадающих в конце радиуса полива [3]. Данное обстоятельство приводит к снижению коэффициента равномерности полива, а также снижением досточковых поливных норм.

Дождевальные машины Российского производства, в том числе и разработанная в ФГБОУ ВО Вавиловский университет дождевальная машина «КАСКАД», оснащаются дождевальными насадками со стационарным дефлектором, имеющим гладкую конусообразную поверхность. Недостатком данной дождевальной насадки является высокая интенсивность дождя с низкой равномерностью полива, особенно при повышении скорости ветра [4]

Для решения вышеуказанных недостатков дождевальных насадок была разработана новая конструкция дождевальной насадки с вращающимся дефлектором конусообразной формы с рифленой поверхностью [5]. С целью доказательства повышения равномерности полива предлагаемой дождевальной насадкой были проведены полевые исследования на полях ООО «Наше дело» Энгельсского района Саратовской области.

**Методика исследований.** Исследования проводились на темнокаштановых почвах в соответствии с методикой СТО АИСТ 11.1–2010 «Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей». В ходе проводимых исследований проводилось сравнение результатов равномерности полива серийных дождевальных насадок со стационарным дефлектором и гладкой поверхностью (ГК) и Senniger i-Wob имеющий вращающийся дефлектор, а также предлагаемой дождевальной насадкой оснащенной вращающимся дефлектором конусообразной формы с рифленой поверхностью, имеющей 6-ть, 12-ть, 18-ть и 24-ре ребра (соответственно ВД-6, ВД-12, ВД-18 и ВД-24).

Для оценки равномерности полива дождевальной машины КАСКАД были проведены замеры распределения слоя осадков вдоль трубопровода дождевальной машины (рисунок 1). Построение графика осуществлялось с учетом разбивания длины трубопровода дождевальной машины на равные по длине интервалы и определения для соответствующего интервала поливаемой площади. В результате были определены расчетные значения коэффициентов, характеризующие равномерность полива (рисунок 2).

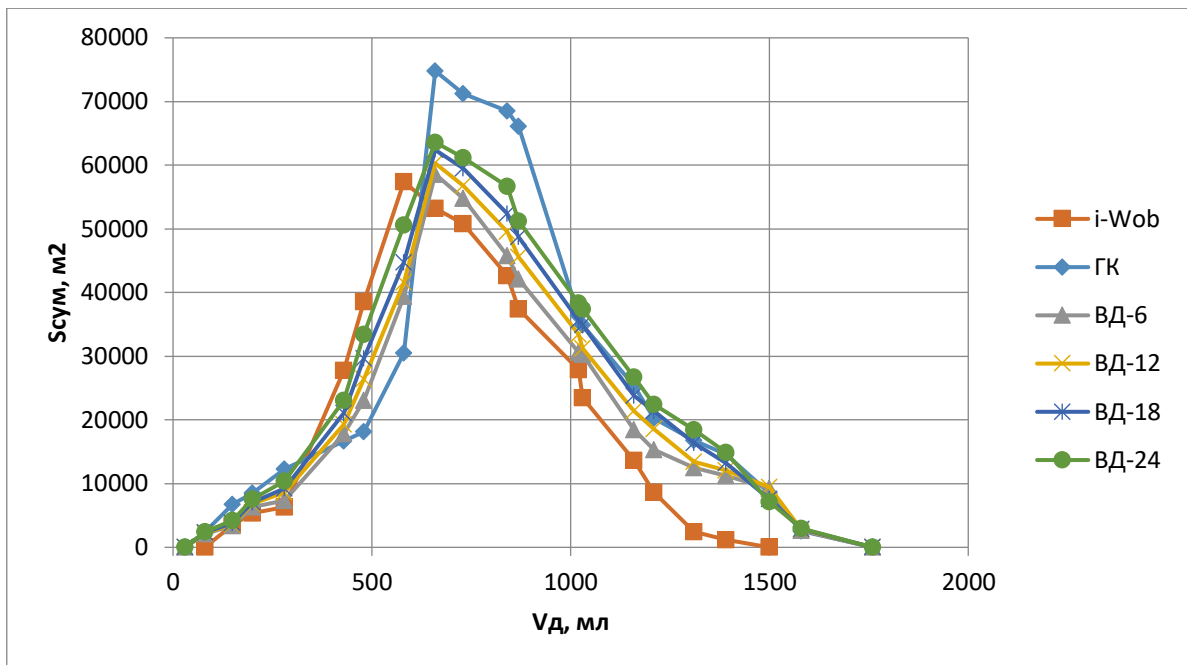


Рисунок 1. Зависимость распределения объема воды в дождемерах вдоль длины трубопровода дождевальной машины КАСКАД оборудованной дождевальными насадками

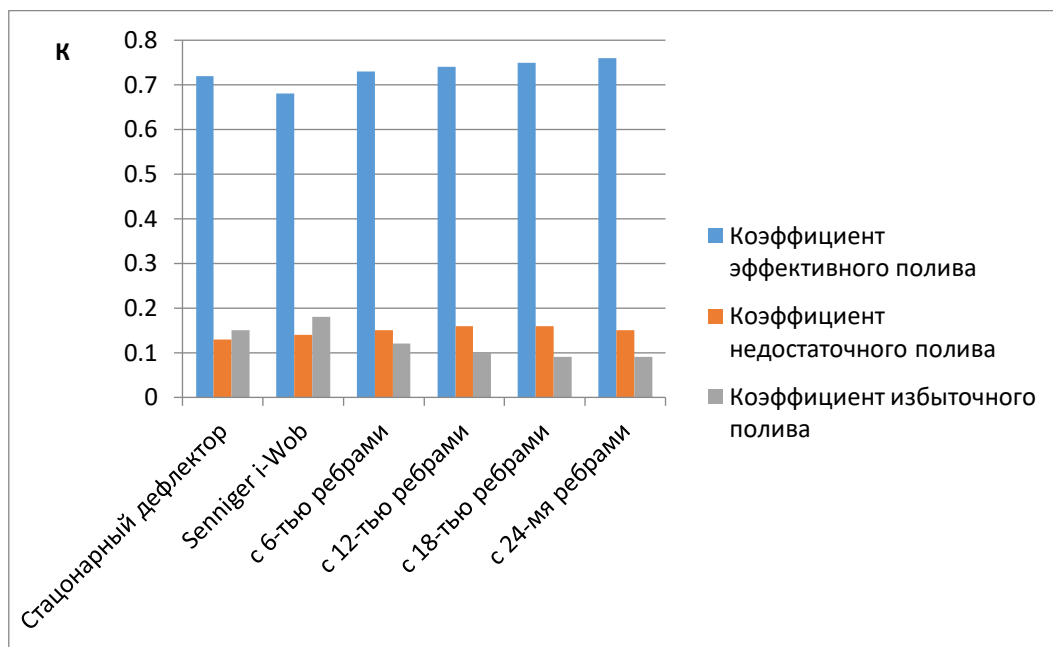


Рисунок 2. Коэффициенты, характеризующие равномерность полива дождевальной машины КАСКАД оснащенной дождевальными насадками

В ходе исследований было установлено, что наибольшей равномерностью полива обладают предлагаемые дождевальные насадки с вращающимся дефлектором конусообразной формы с рифленой поверхностью. Наименьшей равномерностью полива обладает дождевальная насадка Senniger i-Wob. Но необходимо отметить, что с повышением скорости

ветра происходит значительное снижение коэффициента эффективного полива (рисунок 3). С увеличением скорости ветра с 1 м/с до 5 м/с происходит снижение коэффициента эффективного полива для серийной дождевальной насадки имеющей стационарный дефлектор с гладкой поверхностью до 89,4 %; для дождевальной насадки Senniger i-Wob до 47,8 %; для предлагаемой дождевальной насадки с вращающимся дефлектором конусообразной формы с рифленой поверхностью, имеющей 6-ть ребер до 58,6 %; с 12-тью ребрами до 64,4 %; с 18-тью ребрами до 74,4 % и с 24-мя ребрами до 111 %.

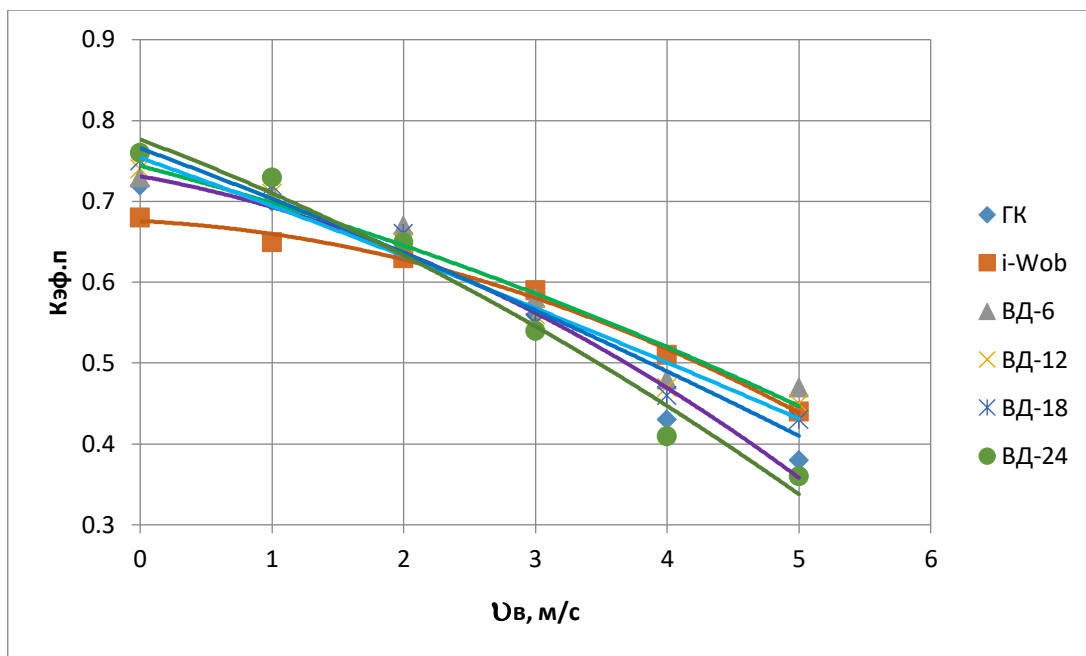


Рисунок 3. Изменение коэффициента эффективного полива дождевальной машины КАСКАД оснащенной дождевальными насадками в зависимости от скорости ветра

$$\text{ГК} - \text{Кэф.п} = -0,091\text{Ув}^2 - 0,029\text{Ув} + 0,7311 \quad R^2 = 0,9735;$$

$$\text{i-Wob} - \text{Кэф.п} = -0,0061\text{Ув}^2 - 0,0142\text{Ув} + 0,6779 \quad R^2 = 0,9893;$$

$$\text{ВД-6} - \text{Кэф.п} = -0,0043\text{Ув}^2 - 0,0394\text{Ув} + 0,7429 \quad R^2 = 0,9611;$$

$$\text{ВД-12} - \text{Кэф.п} = -0,0013\text{Ув}^2 - 0,0583\text{Ув} + 0,7539 \quad R^2 = 0,9719;$$

$$\text{ВД-18} - \text{Кэф.п} = -0,0021\text{Ув}^2 - 0,0604\text{Ув} + 0,7657 \quad R^2 = 0,9715;$$

$$\text{ВД-24} - \text{Кэф.п} = -0,0054\text{Ув}^2 - 0,0609\text{Ув} + 0,7764 \quad R^2 = 0,9795.$$

Как показали результаты исследований наибольшим коэффициентом эффективного полива обладает дождевальная насадка предлагаемой конструкции. Несмотря на то, что с повышением количества ребер, выполненных на рифленой поверхности вращающегося дефлектора и увеличение частоты вращения дефлектора, создает дождь с каплями малого диаметра, все же он более компактный и равномерно распределенный, что повышает его плотность и ветроустойчивость.

**Заключение.** Повысить равномерность полива дождевальных насадок возможно за счет установки вращающегося дефлектора. Результаты исследований доказали, что у дождевальной насадки с вращающимся

дефлектором конусообразной формы с рифленой поверхностью коэффициент равномерности полива изменяется от 0,73 до 0,76, что выше по сравнению с дождевальными насадками, имеющими дефлектор с гладкой поверхностью и Senniger i-Wob. Данное обстоятельство позволяет производить более эффективный полив сельскохозяйственных культур.

### **Список использованной литературы.**

1. Журавлева, Л. А. Проектирование дождевальных машин с позиции ресурсосбережения / Л. А. Журавлева // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 10. – С. 161-167.
2. Дождеватели широкозахватных дождевальных машин / Л. А. Журавлева, И. А. Попков, М. С. Магомедов, Х. Бассел. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – 140 с.
3. Акпасов, А. П. Формирование мелкодисперсного дождевого облака при поливе дефлекторными насадками кругового действия / А. П. Акпасов, А. В. Русинов, Б. Н. Бельтиков // Московский экономический журнал. – 2021. – № 3.
4. Рыжко, Н. Ф. Совершенствование дождеобразующих устройств для многоопорных дождевальных машин: [монография] / Н. Ф. Рыжко. – Саратов, 2009. – 176 с.
5. Пат. 2615574 Российская Федерация, МПК А 01 G 25/00. Дождевальная дефлекторная насадка / Русинов А. В., Слюсаренко В. В., Хизов А. В., Русинов Д. А., Акпасов А. П., Рыжко Н. Ф., Надежкина Г. П., Затицкий С. В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова». – № 2015148623; заявл. 12.11.2015; опубл. 05.04.2017, Бюл. № 10.

### **References.**

1. Zhuravleva, L. A. Designing sprinkler machines from a resource-saving perspective / L. A. Zhuravleva // Agrarian Scientific Journal. – 2023. – No. 10. - pp. 161-167.
2. Sprinklers of wide-reach sprinkler machines / L. A. Zhuravleva, I. A. Popkov, M. S. Magomedov, H. Bassel. – Moscow: Russian State Agrarian University - K.A. Timiryazev Agricultural Academy, 2022. – 140 p.
3. Akpasov, A. P. Formation of a finely dispersed rain cloud when watering with circular deflector nozzles / A. P. Akpasov, A.V. Rusinov, B. N. Beltikov // Moscow Economic Journal. -2021. – No. 3.
4. Ryzhko, N. F. Improvement of rain-forming devices for multi-support sprinkler machines: [monograph] / N. F. Ryzhko. Saratov, 2009. 176 p.
5. Pat. 2615574 Russian Federation, IPC A 01 G 25/00. Sprinkler deflector nozzle / Rusinov A.V., Slyusarenko V. V., Khizov A.V., Rusinov D. A., Akpasov A. P., Ryzhko N. F., Reliable G. P., Zatinatsky S. V.; applicant and patent holder of the Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov. – No. 2015148623; application 12.11.2015; publ. 05.04.2017, Issue No. 10.

Научная статья  
УДК 631.347

*В.С. Алексеев, А.В. Русинов*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОВЫШЕНИЯ РАВНОМЕРНОСТИ ПОЛИВА ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ КРУГОВОГО ДЕЙСТВИЯ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ДАТЧИКОВ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ**

**Аннотация.** В материалах статьи представлены теоретические исследования, позволяющие определять требуемую поливную норму и скорость движения дождевальной машины кругового действия на разных участках поля в зависимости от исходной влажности, определяемой с помощью датчиков влажности почвы.

**Ключевые слова:** дождевальная машина, равномерность полива, датчик влажности почвы, рельеф местности.

*V.S. Alekseev, A.V. Rusinov*

Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## **THEORETICAL PREREQUISITES FOR INCREASING THE UNIFORMITY OF IRRIGATION OF A CIRCULAR SPRINKLER MACHINE THROUGH THE USE OF SOIL MOISTURE SENSORS**

**Abstract.** The materials of the article present theoretical studies that allow determining the required irrigation rate and the speed of movement of a circular sprinkler machine in different parts of the field, depending on the initial humidity determined using soil moisture sensors.

**Keywords:** sprinkler machine, irrigation uniformity, soil moisture sensor, terrain.

**Введение.** Орошение Саратовского Заволжья является одним из основных способов получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Для орошения в основном применяют широкозахватные дождевальные машины кругового действия. Они устанавливаются на предварительно спланированные поля, имеющие уклон поверхности не превышающим 5 градусов [1]. В практике применения дождевальных машин установлено, что даже небольшие уклоны способствуют образованию поверхностного стока воды при больших поливных нормах. Так же происходит влагоперенос влаги внутри почвы в местах уклона. Все это способствует образованию на поле площадей имеющих высокую влажность в местах уклона и недостаточную влажность почвы в местах начала уклона. В

связи с этим происходит неравномерность распределения воды по поверхности поля с местами перелива и недополива, что негативно отражается на росте и урожае сельскохозяйственных культур.

Для решения вышеуказанного недостатка нами предлагается устанавливать на полях в местах уклонов датчик, определяющий влажность почвы, который в режиме реального времени обеспечивает передачу данных в блок управления дождевальными машинами [2]. Затем на основании полученных данных происходит изменение поливной нормы, что позволяет повысить равномерность распределения влажности почвы по всей поверхности поля.

**Методика исследований.** Для доказательства наших суждений были проведены исследования по определению неровности рельефа поля. Была разработана частная методика согласно которой в программе Google Planet были выбраны поля на которых устанавливались дождевальные машины. Были выбраны 5 районов Саратовской области: Степное, Новый Голубьевка, село им. Карла Маркса, г. Маркс, с. Взлётное. Площадь выбранного поля разбивалась на сектора с углом в 1 градус с общим центром (место установки поворотной колонны дождевальной машины). Затем от центра на одинаковом удалении выбирались контрольные точки, в которых определялись высоты. По полученным значениям высот выстраивалась карта рельефа поля с указанием уклонов и их направлений. Наложение карты уклонов поля с фотографией цветового спектра распределения зеленой массы сельскохозяйственных культур позволяла сделать заключение о распределении влажности почвы на разных участках поля. Фактически можно определять площадь поля, имеющего недостаточную и избыточную влажности. В последующем произведенные замеры влажности почвы термовесовым методом подтверждали наши суждения.

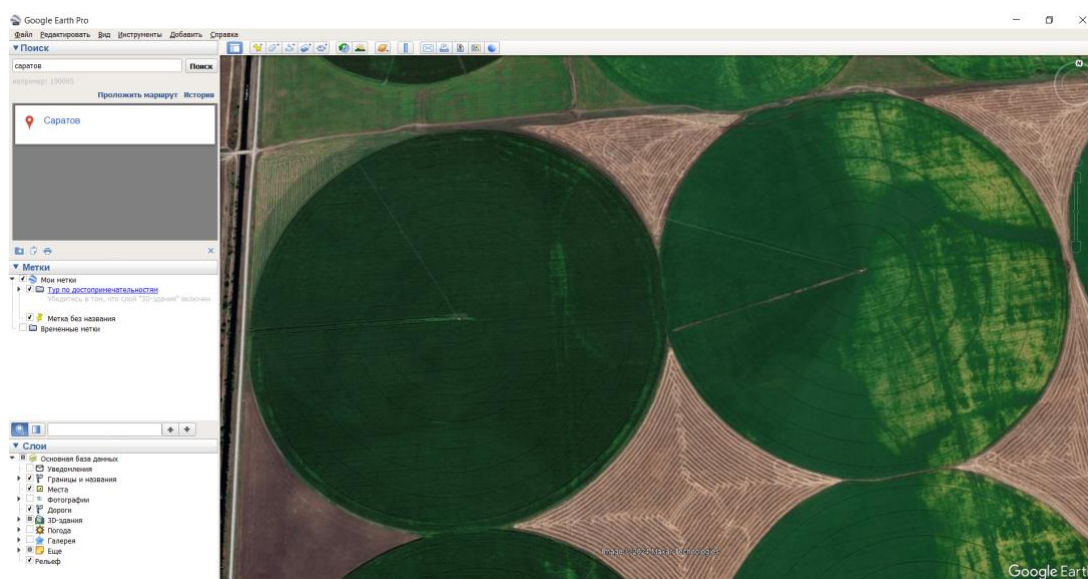


Рисунок 1. Вид поля со спутника Саратовская область с. Степное: слева с применением датчиков влажности почвы; справа без использования датчиков влажности почвы



В итоге для равномерности распределения влажности почвы по всей площади поля нами предлагается устанавливать емкостные датчики влажности почвы, рисунок 2, в местах начала уклона рельефа поля. Наличие датчиков влажности почвы позволит нам иметь реальную влажность почвы в нужных участках поля.



Рисунок 2. Датчик влажности почвы

Зная поливную норму, можно определить время, за которое дождевальная машина осуществит полив каждого участка, при этом воспользуемся следующим уравнением [3]:

$$QT_{\Pi} = mF_{\Pi} \quad (1)$$

где  $Q$  – расход дождевальной машины, м<sup>3</sup>/ч;  $T_{\Pi}$  – время полива дождевальной машиной каждого участка, ч;  $F_{\Pi}$  – площадь полива дождевальной машиной каждого участка, га.

Откуда время полива дождевальной машиной каждого участка:

$$T_{\Pi} = \frac{F_{\Pi}m}{Q} \quad (2)$$

Площадь полива дождевальной машиной каждого участка:

$$F_{\Pi} = \frac{F}{n} \quad (3)$$

где  $F$  – площадь полива дождевальной машины, га;  $n$  – количество участков.

Зная время  $T_{\Pi}$ , скорость движения дождевальной машины  $v_{\Pi}$ , м/с, по каждому участку определим как:

$$v_{\Pi} = \frac{L_{\text{д}}}{3600nT_{\Pi}} \quad (4)$$

где  $L_{\text{д}}$  – длина пути движения последней тележки дождевальной машины при поливе площади поля, м.

При подходе дождевальной машины к точке  $A$  где начинается уклон поля и установлен датчик влажности почвы определяется необходимое количество влаги  $W_A$ , м<sup>3</sup>/га:

$$W_A = m \pm E_1T_1 \quad (5)$$

где  $E_1$  – среднечасовое водопотребление на участке поля, м<sup>3</sup>/га;  $T_1$  – среднее время полива дождевальной машиной на данном участке, ч.

Как видно в зависимости (5) имеется знак  $\pm$  который позволяет определить требуемую поливную норму необходимую выдавать на данном участке поля с учетом имеющейся влажности почвы определяемой с помощью

датчика влажности почвы. Зная значения влажности почвы можно провести расчет требуемой поливной нормы на данном участке поля:

$$m_1 = \frac{QT_1}{F_{\Pi}} \quad (6)$$

С учетом вышеизложенного средняя скорость движения дождевальной машины на данном участке поля определится как:

$$v_1 = \frac{L_{\text{д}}}{3600nT_1} \quad (7)$$

Тогда изменяя скорость движения дождевальной машины, мы регулируем поливную норму в разных участках поля, тем самым обеспечиваем равномерность распределения воды по всей площади поля.

Для доказательства наших теоретических суждений были проведены полевые исследования. Результаты исследования наглядно можно видеть на рисунке 1. Как видно слева располагается поле, на котором были установлены датчики влажности почвы на местах уклонов поверхности поля. Это позволило повысить равномерность распределения влажности почвы по всей площади поля, что соответствовало коэффициенту равномерности полива 0,9. Данное обстоятельство позволило повысить урожай кукурузы на 15 %.

На левом фото показано распределение зеленой массы кукурузы на поле имеющим уклоны справа стороны. Поле поливалось равномерно с выдачей необходимой поливной нормы. Но в местах уклонов происходил поверхностный сток, что способствовало снижению влажности почвы, образовывался недополив на площади 38 % поля. Это способствовало снижению урожая кукурузы по сравнению с полем, где были установлены датчики влажности почвы.

Как видно применение датчиков влажности почвы позволяет повысить равномерность полива по всей площади поля и повысить урожай сельскохозяйственных культур.

**Заключение.** Повысить равномерность полива поверхности поля со сложным рельефом можно за счет установки в местах уклонов датчиков влажности почвы, обеспечивающих передачу данных влажности почвы в блок управления дождевальной машины. Это позволяет проводить коррекцию поливной нормы в заданных участках поля и регулировать скорость передвижения машины. Совместная работа дождевальной машины и датчиков влажности почвы позволяет повысить равномерность полива всей площади поля до 0,9, что позволяет повысить урожай сельскохозяйственных культур до 15 %.

#### **Список использованной литературы.**

1. Атажанов, А. У. Технология планировки орошаемого поля, обеспечивающая равномерность увлажнения почвы / А. У. Атажанов, Л. Х. Ирмухамедова, А. А. Атажанов // Молодой ученый. – 2017. – № 8(142). – С. 43-46.

2. Журавлева, Л. А. Технология полива дождевальнoй машиной "КАСКАД" с интеллектуальной системой управления / Л. А. Журавлева, В. А. Соловьев // Научная жизнь. – 2019. – Т. 14, № 11(99). – С. 1658-1666.
3. Штепа, Б. Г. Справочник по механизации орошения / Б. Г. Штепа [и др.]. – М.: Колос, 1979. – 303 с.

#### **References.**

1. Atazhanov, A. U. Technology of planning an irrigated field, ensuring uniformity of soil moisture / A. U. Atazhanov, L. H. Irmukhamedova, A. A. Atazhanov // Young scientist. – 2017. – № 8(142). – Pp. 43-46.
2. Zhuravleva, L. A. Technology of irrigation with a CASCADE sprinkler machine with an intelligent control system / L. A. Zhuravleva, V. A. Solovyov // Scientific life. – 2019. – Vol. 14, No. 11(99). – pp. 1658-1666.
3. Shtepa, B. G. Handbook of irrigation mechanization / B. G. Shtepa [et al.]. – М.: Kolos, 1979. – 303 p.

Научная статья  
УДК 621.8

*А. А. Рукавишников, А.Н. Колесникова*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## **МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ. АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

**Аннотация.** В статье представлен теоретический обзор основных направлений инновационного машиностроения и проектирования. В качестве приоритетной отрасли для анализа было выбрано аддитивное производство. Во введении рассмотрены основные материалы для аддитивного производства, а также их характеристики и свойства. Основная часть работы включает в себя сравнительный анализ аддитивного производства и традиционного способа производства деталей с помощью матриц. Рассмотрена экономическая эффективность применения аддитивных технологий на производстве.

**Ключевые слова:** машиностроительное производство и материалы, аддитивное производство, инновационное производство.

*A. A. Rukavishnikov, A.N. Kolesnikova*

N.I. Vavilov Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering, Saratov, Russia.

## **MATERIALS FOR MECHANICAL ENGINEERING. ADDITIVE TECHNOLOGIES IN MECHANICAL ENGINEERING**

**Annotation.** The article presents a theoretical review of the main directions of innovative mechanical engineering and design. Additive manufacturing was chosen as a priority industry for analysis. The introduction considers the main materials for additive manufacturing, as well as their characteristics and properties. The main part of the work includes a comparative analysis of additive manufacturing and the traditional method of manufacturing parts using dies. The economic efficiency of the use of additive technologies in production is considered.

**Keywords:** engineering manufacturing and materials, additive manufacturing, innovative manufacturing.

***Введение.*** Современный машиностроительный сектор тесно связан с развитием новых технологий и разработкой новых материалов. Широкий спектр инновационных материалов находит широкое применение в различных отраслях машиностроения.

Основным инновационным направлением в области материалов для машиностроения и технологий их получения является аддитивное производство.

Аддитивное производство (3D-печать) - это новая технология, которая позволяет создавать тонкие слои материала, чтобы создать сложные 3D-продукты. Это снижает стоимость производства и ускоряет процесс разработки.

Производственный процесс начинается с создания цифровой модели в специальном программном обеспечении. Модель разбивается на слои, которые поочередно создаются на 3D-принтере. Каждый следующий слой складывается на предыдущий, пока не будет создан трехмерный объект полной формы.

Аддитивное производство позволяет создавать объекты с любой формой и сложной геометрией, что традиционные методы производства не могут обеспечить.

Рассмотрим материалы в зависимости от типа используемого принтера:  
FDM/FFF: печать при помощи недорогих ABS, PLA или Nylon-пластиков (рисунок 1);

DLP/SLA/SLS: использование недорогих и прочных фотополимеров (смола).



Рисунок 1. Пример внешнего вида ABS, PLA или Nylon-пластиков

Для печати деталей, которые будут установлены в подкапотное пространство, лучше использовать Nylon. Он выдерживает высокую температуру и обладает высокой прочностью. Для внешнего усовершенствования, а также части внутренней отделки можно эффективно использовать ABS или PLA.

Металлический аэрогель - это легкий и прочный материал, который состоит из металлических наночастиц, распределенных равномерно в структуре из силикона или карбида кремния (рисунок 2).

Аэрогели относятся к классу мезопористых материалов, в которых полости занимают около 95–99,8 % объёма, а плотность составляет от 1 до 150 кг/м<sup>3</sup>. По структуре аэрогели представляют собой древовидную сеть из объединённых в кластеры наночастиц размером 2–5 нм и пор размерами до 100 нм.



Рисунок 2. Аэрогель

Они имеют очень низкую плотность, сравнимую с воздухом, что делает их одним из самых легких твердых материалов, известных науке.

Металлический аэрогель обладает высокой тепловой и электрической проводимостью, а также хорошими механическими свойствами.

Углеродные нанотрубки - это одномерные структуры, состоящие из углерода, имеющие форму тонких цилиндров. Они могут иметь различный диаметр и длину, а также могут быть изменены для использования в различных областях науки и техники.

УНТ обладают рядом уникальных свойств, таких как высокая прочность, низкая плотность, хорошая теплопроводность и электропроводность. Их помещение в матрицу композита повышает прочность материала.

Как правило, углеродные нанотрубки получают термическим распылением графитового электрода в плазме дугового разряда в атмосфере гелия. Катодный осадок содержит нанотрубки самого разнообразного строения (одностенные, многостенные) и свойств (проводники, полупроводники).

Алюминиевые пены - это материалы с низкой плотностью, состоящие из алюминиевых частиц и газовых пузырьков. Эти материалы могут использоваться в легкой и прочной конструкции для автомобилей и летательных аппаратов (рисунок 3).

Вспененный металл имеет малый вес, хорошие теплоизоляционные и звукопоглощающие свойства, негорючий и нетоксичный. Материал поглощает вибрации, толчки и звуки, а низкий вес обеспечивает идеальную основу для облегченных конструкций. Вспененный алюминий может также обеспечить высокоэффективную защиту от электромагнитных волн. Низкая плотность – 0,3...0,8 г/куб. см – позволяет алюминиевой пене плавать в воде (в случае закрытой пористости).

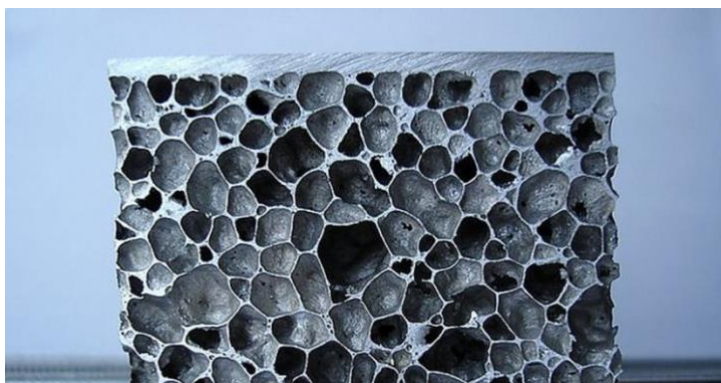


Рисунок 3. Структура алюминиевой пены

Было разработано несколько технологий производства металлических пен, но только некоторые из этих процессов подойдут для производства алюминиевой пены в промышленных масштабах:

а) введение газов напрямую в жидкий металл.

б) технологический процесс Alporas Shinko Wire Co. Ltd. (Осака, Япония) с добавлением 1,5% кальция в алюминиевый расплав для регулирования вязкости.

Усиленные печатные платы - это новые печатные платы, которые имеют металлические усиления, что позволяет им выдерживать более высокие температуры и давления. Эти улучшенные могут использоваться в наиболее мощных компьютерах и электронных устройствах.

Изготавливаются усиленные платы путем нанесения нескольких слоев меди на стандартную структуру печатной платы. Это делает платы толще и тяжелее, но также устойчивыми к высоким напряжениям и температурам.

Современные материалы позволяют совершенствовать процессы изготовления, ремонта и эксплуатации многочисленных транспортных средств. Работы по внедрению новых материалов позволяют не только увеличивать экономические показатели, но и выводят эффективность производства на новый уровень.

В настоящее время производство различных деталей автомобилей ищет различные пути снижения стоимости и повышения качества выпускаемой продукции.

Целью данного исследования является теоретическое обоснование целесообразности применения аддитивных технологий при производстве деталей для машиностроения.

**Результаты исследований.** Рассмотрим пример производства с применением аддитивных технологий. Допустим, предприятие специализируется на производстве бамперов на автомобиле Lada Granta. Также предприятие находится в условиях, таких как:

- количество сотрудников (2 человека);
- количество типов производимых деталей (1 тип).

Если учитывать указанные выше параметры, получаем:

1. Стоимость кВт/ч – 15 руб./кВт. Взята средняя цена по регионам. В нашем случае на работу уйдет 14 часов. Получаем:



$$F_3 = F_0 * t \quad (1)$$

$$F_3 = 15 * 14 = 210 \text{ руб.}$$

где  $F_3$ - затраты на электричество при изготовлении одной детали,  $F_0$ - стоимость кВт/ч (руб.),  $t$  - время затраченное на производство детали(час.)

2. Стоимость помещения. Допустим, на аренду уходит 10 000 руб./мес. По 8 рабочих часов 5 дней в неделю. Итого около 24 рабочих дня или 192 часа. Стоимость одного часа:

$$F_4 = F_a / n \quad (2)$$

$$F_4 = 10000 / 192 = 52 \text{ руб.}$$

где  $F_a$ - затраты на аренду помещения,  $n$ - количество рабочих часов.

В нашем случае потребуется 728 рублей на печать одной модели (14 час.).

3. Процент брака. Опытные специалисты допускают 10–20 % брака. Возьмем среднее значение 15 %. Получим коэффициент 1,15.

4. Амортизация устройства. Принимаем к расчету 3D-принтер Creality Ender-5 Plus (рисунок 4). Его розничная цена составляет 49 500 рублей.



Рисунок 4. 3D-принтер Creality Ender-5 Plus

Допустим, он сделает порядка 1000 моделей до первых серьезных поломок.

$$F_a = F_{ст} / n_{дет} \quad (3)$$

$$F_a = 49500 / 1000 = 49,5 \text{ руб.}$$

где  $F_{ст}$ - затраты на покупку 1 единицы оборудования,  $n_{дет}$ - количество деталей изготовленных до первой поломки.

5. Обслуживание техники. Выделим фонд технического обслуживания в размере 12000 рублей в месяц.

$$F_{1то} = F_{то} / n \quad (4)$$

$$F_{1то} = 12000 / 192 = 62,5 \text{ руб.}$$

где  $F_{то}$ - фонд технического обслуживания,  $n$ - количество рабочих часов.

6. Зарботная плата сотрудникам. Принимаем количество работников на предприятии - 2 человека. В том числе одного мастера, выполняющего работу и одного руководителя с заработной платой в 25 тыс. рублей и 35 тыс. рублей соответственно. Исходя из принимаемого нами количества изготавливаемых деталей в месяц - 60, получаем:



$$F_{\text{от.зп.}} = F_{\text{зп.}}/n_{\text{дет./мес}} \quad (5)$$

$$F_{\text{от.зп.}} = 60000/60 = 1000 \text{ руб.}$$

где  $F_{\text{зп.}}$ - затраты на выплату заработной платы сотрудникам,  $n_{\text{дет./мес}}$ - количество деталей изготовленных в месяц.

7. Закупка сырья (по необходимости, цена приведена за 1 кг.)- на данном производстве применяется PLA пластик стоимость которого на рынке колеблется в пределах 1000-2000 руб. Примем среднее значение стоимости пластика - 1500 руб. Исходя из этого получим стоимость сырья необходимого для изготовления одного бампера:

$$F_c = F_{\text{кг}} * n_{\text{кг}} \quad (6)$$

$$F_c = 1500 * 2 = 3000 \text{ руб.}$$

где  $F_{\text{кг}}$ - затраты на покупку 1 кг пластика,  $n_{\text{кг}}$ - количество кг пластика, необходимого для изготовления одной детали.

Сведем полученные значения в таблицу 1.

Таблица 1. Смета затрат на производство 1 детали

№	Наименование статьи расходов	Количество затрачиваемых средств, руб.
1	Затраты на электричество	210
2	Затраты на аренду помещения	52
3	Амортизационные отчисления	49,5
4	Фонд технического обслуживания	62,5
5	Заработная плата сотрудникам	1000
6	Закупка сырья	3000
7	Брак	450
Итого:		4824

Для получения более объективного результата сравним производство с применением аддитивных технологий и производство, в котором применяют матрицы.

1. Стоимость кВт/ч – 15 руб./кВт. Взята средняя цена по регионам. В нашем случае на работу потребуется 1 час. Получаем:

$$F_3 = F_0 * t \quad (7)$$

$$F_3 = 15 * 1 = 15 \text{ руб.}$$

где  $F_3$ - затраты на электричество при изготовлении одной детали,  $F_0$ - стоимость кВт/ч (руб.),  $t$  - время затраченное на производство детали(час.)

2. Стоимость помещения. Оборудование для такого производства имеет большие габариты, поэтому помещение требуется больших размеров. Допустим, на аренду уходит 20 000 руб./мес. По 8 рабочих часов 5 дней в неделю. Итого около 24 рабочих дня или 192 часа. Стоимость одного часа:

$$F_4 = F_a / n \quad (8)$$

$$F_4 = 20000 / 192 = 104 \text{ руб.}$$

где  $F_a$ - затраты на аренду помещения,  $n$ - количество рабочих часов. В нашем случае потребуется 104 рублей на печать одной модели (1 час).

3. Процент брака. Опытные специалисты допускают 20 % брака. Получим коэффициент 1,2.

4. Амортизация устройства. Принимаем к расчету ТВФМ-1.6. Его розничная цена составляет 400000 рублей (рисунок 5).



Рисунок 5. ТВФМ-1.6

Допустим, он сделает порядка 1000 моделей до первых серьёзных поломок.

$$F_a = F_{ст}/n_{дет} \quad (9)$$
$$F_a = 400000/1000 = 400 \text{ руб.}$$

где  $F_{ст}$ - затраты на покупку 1 единицы оборудования,  $n_{дет}$ - количество деталей изготовленных до первой поломки.

5. Обслуживание техники. Выделим фонд технического обслуживания в размере 24 тыс. рублей в месяц.

$$F_{1то} = F_{то}/n \quad (10)$$
$$F_{1то} = 24000/192 = 125 \text{ руб.}$$

где  $F_{то}$ - фонд технического обслуживания,  $n$ - количество рабочих часов.

6. Зарботная плата сотрудникам. Принимаем количество работников на предприятии - 2 человека. В том числе одного мастера, выполняющего работу и одного руководителя с зарботной платой в 25 тыс. рублей и 35 тыс. рублей соответственно. Исходя из принимаемого нами количества изготавливаемых деталей в месяц - 60, получаем:

$$F_{от.зп.} = F_{зп}/n_{дет/мес} \quad (11)$$
$$F_{от.зп.} = 60000/60 = 1000 \text{ руб.}$$

где  $F_{зп}$ - затраты на выплату зарботной платы сотрудникам,  $n_{дет/мес}$ - количество деталей изготовленных в месяц.

7. Закупка сырья (по необходимости, цена приведена за 1 лист) На данном производстве применяется пластик в листах (рисунок 6), стоимость которого на рынке колеблется в пределах 2000-4500 руб.

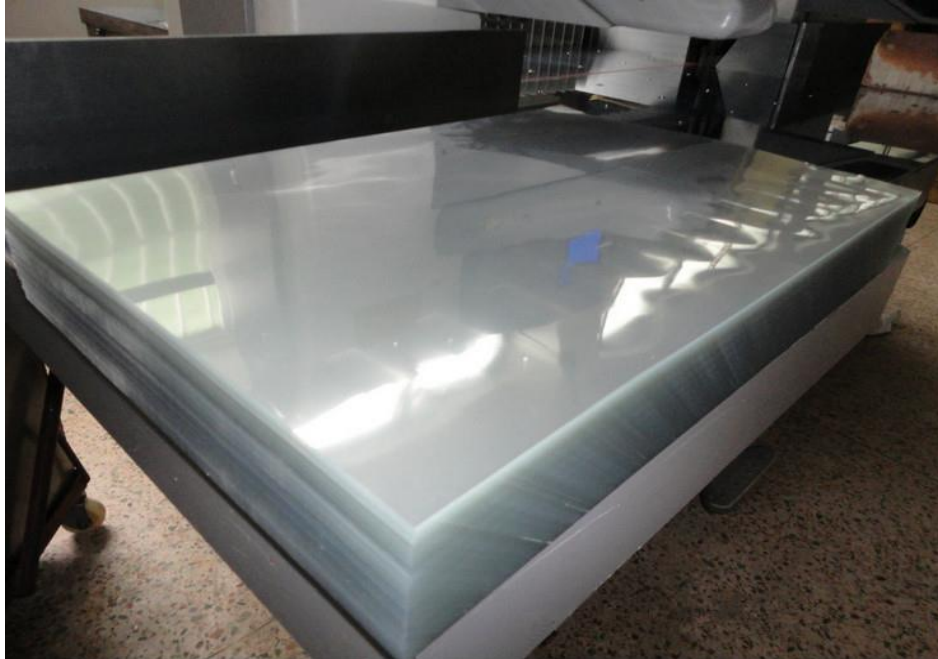


Рисунок 6. Листовой пластик для формовки

Примем среднее значение стоимости пластика - 3250 руб. Исходя из этого, получим стоимость сырья необходимого для изготовления одного бампера:

$$F_c = F_l * n_l \quad (12)$$

$$F_c = 3250 * 1 = 3250 \text{ руб.}$$

где  $F_l$ - затраты на покупку 1 листа пластика,  $n_l$ - количество листов пластика, необходимого для изготовления одной детали.

8. Так же для такого типа производства необходима покупка матриц. Принимаем, что матрица для одного типа бампера будет стоить порядка 100 тысяч рублей. Предположим, что до шлифовки матрицы можно изготовить 1000 деталей. Получим:

$$F_m = F_{об} / n_{дет} \quad (13)$$

$$F_m = 100000 / 1000 = 100 \text{ руб.}$$

Сведем полученные значения в таблицу 2.

№	Наименование статьи расходов	Количество затрачиваемых средств, руб.
1	Затраты на электричество	15
2	Затраты на аренду помещения	104
3	Амортизационные отчисления	400
4	Фонд технического обслуживания	125
5	Заработная плата сотрудникам	1000
6	Закупка сырья	3250

7	Брак	480
8	Затраты на окупаемость матрицы	100
Итого:		5474

Таблица 2. Смета затрат на производство 1 детали

Так же после получения детали ее необходимо окрасить, что добавит стоимости готовому изделию. В конечном итоге, деталь будет стоить потребителю в пределах 5500-9000 рублей.

**Заключение.** На основе проведенного исследования можно сделать вывод о том, что применение технологий аддитивного производства представляет собой перспективное и экономически выгодное направление в сфере машиностроения, это обосновывается тем, что нами был получен экономический эффект в пользу аддитивного производства.

### Список использованной литературы.

1. Требухин, А. Ф. Современные трехмерные принтеры для аддитивного строительного производства / А. Ф. Требухин, Д. Э. Парри // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 8(59). – С. 8.
2. Можегова, Ю. Н. Анализ возможностей аддитивных технологий, применяемых в машиностроении / Ю. Н. Можегова, И. В. Климова // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2022. – № 12. – С. 531-536.
3. Шимохин, А.В. К вопросу о применении аддитивной технологии на предприятиях сельскохозяйственного машиностроения / А. В. Шимохин, А. С. Союнов, Е. Е. Биткина, К. А. Янковский // Тракторы и сельхозмашины. – 2022. – Т. 89, № 5. – С. 357-365.
4. Федорова, П. С. Перспективы применения аддитивных технологий в машиностроении (аналитический обзор) / П. С. Федорова // Аллея науки. – 2017. – Т. 1, № 8. – С. 447-454.
5. Игисенов, Б. К. Аддитивные технологии в машиностроении / Б. К. Игисенов, В. Е. Касутин, К. В. Выблов // Вестник современных исследований. – 2017. – № 11-1(14). – С. 202-206. – EDN YLRVHP.
6. Краско, А.С. Применение аддитивных технологий на современном этапе развития машиностроения / А. С. Краско, Е. С. Страмцова // Международная научно-техническая конференция "Информатика и технологии. Инновационные технологии в промышленности и информатике": Сборник научных трудов, Москва, 06–07 апреля 2017 года / Под редакцией Булатова М.Ф. Том Выпуск 23 (XXIII). – Москва: Московский технологический университет (МИРЭА), 2017. – С. 198-200.

### References.

1. Trebukhin, A. F. Modern three-dimensional printers for additive construction production / A. F. Trebukhin, D. E. Parry // Engineering Bulletin of Don. - 2019. - № 8(59). - С. 8.
2. Mozhegova, Yu. N. Analysis of the possibilities of additive technologies used in mechanical engineering / Yu. N. Mozhegova, I. V. Klimova // Assembly in mechanical engineering, instrumentation. - 2022. - № 12. - С. 531-536.

3. Shimokhin, A.V. K question about the application of additive technology at the enterprises of agricultural engineering / A.V. Shimokhin, A.S. Soyunov, E.E. Bitkina, K.A. Yankovsky // Tractors and agricultural machines. - 2022. - T. 89, № 5. - C. 357-365.
4. Fedorova, P. S. Prospects for the application of additive technologies in mechanical engineering (analytical review) / P. S. Fedorova // Alley of Science. - 2017. - T. 1, № 8. - C. 447-454.
5. Igisenov, B. K. Additive technologies in mechanical engineering / B. K. Igisenov, V. E. Kasutin, K. V. Vybllov // Bulletin of Modern Research. - 2017. - № 11-1(14). - C. 202-206. - EDN YLRVHP.
6. Krasko, A. S. Application of additive technologies at the present stage of mechanical engineering development / A. S. Krasko, E. S. Stramtsova // International Scientific and Technical Conference "Informatics and Technologies. Innovative technologies in industry and informatics": Collection of scientific papers, Moscow, April 06-07, 2017 / Edited by Bulatov M.F. Vol. Issue 23 (XXIII). - Moscow: Moscow Technological University (MIREA), 2017. - C. 198-200.

Научная статья

УДК 331.45

*Ю.А. Гуськова, Е.А. Смирнова, О.В. Карпова*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## **ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ РИСКИ И ЗАБОЛЕВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**Аннотация.** В статье описана проблема профессиональных рисков работников на предприятиях и в различных организациях. Представлены варианты проведения мероприятий по их выявлению, снижению и устранению. Изложены основные причины необходимости составления карт профессиональных рисков.

**Ключевые слова:** безопасная работа, охрана труда, профессиональные риски, средства индивидуальной защиты.

*Y.A. Guskova, E.A. Smirnova, O.V. Karpova*

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## **OCCUPATIONAL RISKS AND DISEASES IN PRODUCTION ACTIVITIES**

**Abstract.** The article describes the problem of occupational risks of employees at enterprises and in various organizations. Options for carrying out measures to identify, reduce and eliminate them are presented. The main reasons for the need to draw up occupational risk maps and their advantages are outlined.

**Keywords:** safe work, occupational safety, occupational risks, personal protective equipment.

**Введение.** Вопросы безопасности труда являются актуальной и важной проблемой для мирового общества, поскольку несчастные случаи на производстве и профессиональные заболевания наблюдаются как в развитых, так и в развивающихся странах. Ежедневно в процессе производственной деятельности здоровье и безопасность работников любого производства подвергаются риску. Эти процессы связаны с тем, что деятельность предприятий и различных организаций связана с воздействием на работника большого количества вредных и опасных производственных факторов. На сегодняшний день все большее распространение получает риск-ориентированный подход в управлении безопасностью производством, поддерживаемый на государственном уровне [1-4].

Одним из аспектов нормативной базы является оценка профессиональных рисков, как составная часть системы управления охраной труда, которую каждый работодатель согласно Приказу Минтруда России от 29.10.2021 №771н «Об утверждении Примерного перечня ежегодно реализуемых работодателем мероприятий по улучшению условий и охраны труда, ликвидации или снижению уровней профессиональных рисков либо недопущению повышения их уровней», обязан создавать и поддерживать ее функционирование. Для управления системой охраны труда на предприятиях должна быть доступна комплексная информация по оценке и анализу профессиональных вредностей. Риск считается обязательным партнерским фактором производственной деятельности. В результате неблагоприятного воздействия производственной среды и производственного процесса оценка профессиональных вредностей как причины тяжести последствий и возможного вреда здоровью проводится с учетом их воздействия и показателей нарушения здоровья. Кроме того, отмечается, что показатели вредных производственных факторов и заболеваемости работников низкие и нереалистичные, что может изменить истинное значение профессионального риска и дальнейшее совершенствование систем [5]. Охрана труда на предприятиях производственная среда для эффективного управления системой до уровня негативных физических факторов здоровью проводится оценка профессиональных рисков с учетом их воздействия и показателей нарушений здоровья. Используя методику оценки профессионального риска, можно определить безопасный стаж работы под воздействием негативных факторов труда на производстве. Конечно, профилактические меры, такие как охрана во времени, в том числе порядок труда и отдыха, сокращенный рабочий день, дополнительный отпуск-продлят безопасную трудовую жизнь [6].

Поэтому для оценки возможности продолжения работы в неблагоприятных условиях труда необходимо подсчитать количество лет безопасной работы во вредных условиях труда. Для эффективного управления угрозами необходимо учитывать вероятность эффективности, тяжесть последствий и обратимость эффективности. Результаты оценки профессиональных опасностей на рабочих местах с учетом класса профессионального вреда позволяют определить масштабы, вероятность и последствия возникновения опасностей на реальных рабочих местах. В зависимости от размера угрозы разрабатываются соответствующие меры по ее уменьшению или устранению. Тяжесть последствий в результате негативного воздействия производственной среды и трудового процесса оценивается профессиональными вредностями, как причинами возможного вреда здоровью, проводится с учетом их воздействия и показателей нарушения здоровья [7].

Средства индивидуальной защиты (далее СИЗ) является одной из мер в сложившейся иерархии меры контроля по обеспечению безопасной работы. Согласно этой иерархии, СИЗ выдаются только при невозможности устранения воздействия вредного и/или опасного производственного фактора и должны соответствовать уровню необходимой защиты. Устранение

опасностей посредством инженерного или административного контроля-это лучший способ защитить людей. Стратегия, используемая для выбора мер, называется «иерархией мер», в которой приоритет отдается тем типам мер, которые наиболее эффективны в снижении риска воздействия опасности [8].

СИЗ-наименее эффективный метод контроля или предотвращения воздействия опасностей. СИЗ создают барьер для защиты работника от потенциального воздействия опасностей, однако в связи с тем, что сам работник зависит от выбора, ношения и обслуживания средств индивидуальной защиты вероятность подвергания опасности только при использовании средств индивидуальной защиты увеличивается. Следует отметить, что средства индивидуальной защиты в обязательном порядке предоставляется за счет средств работодателя [9].

В последнее время в экспертном сообществе активно обсуждаются варианты системной регулярной реализации мероприятий по выявлению опасностей для работника (так называемые профессиональные или производственные риски) и варианты проведения мероприятий по их устранению и снижению. В этом контексте оценка профессионального риска рассматривается как простое, но тщательное исследование того, какой из производственных факторов может нанести наибольший вред сотрудникам при осуществлении производственного процесса. При этом оно должно проводиться достаточно взвешенно, с учетом уже имеющихся мер предосторожности и рассмотрением дополнительных мер защиты для предотвращения возможных вредных последствий [6-8]. Однако следует подчеркнуть, что действующие нормативные требования обязывают работодателя создать систему управления охраной труда, провозгласить политику охраны труда и периодически проводить оценку рисков. При этом не указывается, каким образом и с какой периодичностью, с применением каких инструментов, методов и методик работодатель должен осуществлять этот процесс [5].

Таким образом, в этой ситуации работодатель может самостоятельно определить процедуры и алгоритм управления рисками для своей организации с помощью составления карт оценки профессиональных рисков. Но необходимо отметить, что их составление должно основываться на строгом соблюдении отраслевых и межотраслевых правил и инструкций по охране труда, без учета так называемого «человеческого фактора» [9].

Основное назначение карт профессиональных рисков состоит в том, чтобы предотвратить нежелательные события в повседневной деятельности предприятий и организаций и своевременно корректировать действия сотрудников в критических ситуациях для предотвращения наступления несчастных случаев [10].

При составлении карты оценки профессиональных рисков и выявления возможности нанесения ущерба здоровью работников желательнее учитывать опасности, возникающие из-за нарушения требований нормативно-правовых документов. Также необходимо уделить внимание таким опасностям, как



нетипичное рабочее место; применение инновационных технологий и оборудования; особенности технологического процесса и др. [6-7].

В нынешних реалиях, выявление и оценка производственных рисков, составление карт профессиональных рисков (как системных элементов управления охраной труда) носят профилактический характер, поскольку направлены, прежде всего, на предупреждение нежелательных событий и происшествий, нарушающих повседневную деятельность предприятия [9-10].

Составление карт профессиональных рисков направлено на выявление возможности возникновения несчастного случая с учетом специфики конкретного производства и отраслевых требований по охране труда. основной причин несчастных случаев на производстве являются неправильные действия работников. Одним из последних трендов современной системы управления охраной труда является поведенческий аудит или управление безопасным поведением людей [10].

**Заключение.** Грамотно составленные карты профессиональных рисков могут способствовать снижению производственного травматизма, повышению ответственности работников, способствовать разработке эффективной программы обучения безопасности персонала на предприятии и повышению культуры безопасности предприятия в целом.

После составления карт профессиональных рисков у работодателя появляется возможность дополнения локальных документов по охране труда: правил, инструкций, журналов. Для осуществления мероприятий по повышению безопасности и культуры охраны труда достаточно обоснованного решения руководства предприятия, подтвержденного, например, приказом о внесении изменений в виде дополнительных требований безопасности, актуальных для конкретного производства в действующие на предприятии документы в области безопасности.

Таким образом, систематическая оценка рисков в системе управления охраной труда и составление четких карт профессиональных рисков по установленным и утвержденным на данном предприятии шаблонам, призвана культивировать у работников привычку к безопасности труда и мотивировать на соблюдение требований в области охраны труда.

Систематическое и цикличное выполнение процессов, связанных с элементами системы управления охраной труда, включающая в себя оценку профессиональных рисков, несомненно, способствуют развитию предприятия или организации, повышают их конкурентоспособность и адаптивность к постоянно меняющейся внешней и внутренней среде, выводят на новый уровень эволюционного развития, непрерывного совершенствования.

### **Список использованной литературы.**

1. Руководство Р2.2.1766-03 «Руководство, по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки». – Режим доступа: <http://ivo.garant.ru> (дата обращения 26.03.19).

2. Измеров Н.Ф. Актуальные проблемы медицины труда. Сборник трудов института / Н.Ф. Измеров, Л.В. Прокопенко, Н.И. Симонова [и др.]; под ред. акад. РАМН Н.Ф. Измерова. – М.: ООО Фирма «Реинфор». – 2010. – С. 132–162.

3. Приказ федеральной службы по труду и занятости от 1 февраля 2022 года № 20 «Об утверждении форм проверочных листов (списков контрольных вопросов) для осуществления федерального государственного контроля (надзора) за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права».(в ред. Приказов Роструда от 27.01.2023 N 19, от 12.04.2023 N 80, от 21.08.2023 N 180). – Режим доступа: <http://www.aero.garant.ru/> (дата обращения 27.03.19).

4. Abikenova Sh.K. Risk-oriented approach in providing PPE at the enterprise. Scientific and informational publication (monograph). - Astana: RSE with REM "RIIOS MLLSP RK", 2022. - 220p

5. Order of the Minister of Health and Social Development of the Republic of Kazakhstan dated December 8, 2015 No. 943 "On approval of the norms for issuing special clothing and other personal protective equipment to employees of organizations of various types of economic activity".

6. Order of the Minister of Health and Social Development of the Republic of Kazakhstan dated December 28, 2015 No.1057. "On approval of the Rules of mandatory periodic certification of production facilities for working conditions".

7. Rules for the use of PPE in the UK. The Personal Protective Equipment at Work (Amendment) Regulations 2022. <https://www.legislation.gov.uk/uksi/2022/S/contents%20/made>.

8. Employer Payment for Personal Protective Equipment; Final Rule <https://www.osha.gov/laws-regs/federalregister/2007-11-15-0>.

9. Order of the Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation dated December 9, 2014 "On Approval of Standard Standards for the Free issuance of special clothing, special shoes and Other Personal Protective Equipment to Employees of Crosscutting Professions and Positions of All Types of Economic Activity Engaged in Work with Harmful and (or) Dangerous working Conditions, as well as in work Performed in special temperature conditions or pollution-related".

10. Nomenclature of personal protective equipment depending on harmful production factors and the degree of their impact. Copyright certificate No. 28600 dated 06.09.2022 Applicant: RSE with REM "RIIOS MLLSP RK".

### References.

1. Manual R 2.2.1766-03 "Guidelines for assessing occupational health risks for employees. Organizational and methodological foundations, principles and evaluation criteria". – Access mode: <http://ivo.garant.ru> (date of application 03/26/19).

2. Izmerov N.F. Actual problems of occupational medicine. Proceedings of the Institute / N.F. Izmerov, L.V. Prokopenko, N.I. Simonova [et al.]; ed. acad. RAMS N.F. Izmerova. – М.: LLC Firm "Reinfor". - 2010. – pp. 132-162.

3. Order of the Federal Service for Labor and Employment dated February 1, 2022 No. 20 "On approval of forms of checklists (lists of control issues) for the implementation of Federal State control (supervision) over compliance with labor legislation and other regulatory legal acts containing labor law norms." (ed. Presidential Decrees dated 01/27/2023 No. 19, dated 04/12/2023 No. 80, dated 08/21/2023 No. 180). – Access mode: <http://www.aero.garant.ru> / (accessed 03/27/19).

4. Abikenova Sh.K. Risk-oriented approach in providing PPE at the enterprise. Scientific and informational publication (monograph). - Astana: RSE with REM "RIIOS MLLSP RK", 2022. - 220p

5. Order of the Minister of Health and Social Development of the Republic of Kazakhstan dated December 8, 2015 No. 943 "On approval of the norms for issuing special clothing and other personal protective equipment to employees of organizations of various types of economic activity".

6. Order of the Minister of Health and Social Development of the Republic of Kazakhstan dated December 28, 2015 No.1057. "On approval of the Rules of mandatory periodic certification of production facilities for working conditions".

7. Rules for the use of PPE in the UK. The Personal Protective Equipment at Work (Amendment) Regulations 2022. <https://www.legislation.gov.uk/ukxi/2022/S/contents%20/made>.

8. Employer Payment for Personal Protective Equipment; Final Rule <https://www.osha.gov/laws-regs/federalregister/2007-11-15-0>.

9. Order of the Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation dated December 9, 2014 "On Approval of Standard Standards for the Free issuance of special clothing, special shoes and Other Personal Protective Equipment to Employees of Crosscutting Professions and Positions of All Types of Economic Activity Engaged in Work with Harmful and (or) Dangerous working Conditions, as well as in work Performed in special temperature conditions or pollution-related".

10. Nomenclature of personal protective equipment depending on harmful production factors and the degree of their impact. Copyright certificate No. 28600 dated 06.09.2022 Applicant: RSE with REM "RIIOS MLLSP RK".

Научная статья

УДК 628.477

*А.В. Караваяев, А.А. Маркина, О.В. Карпова*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## **УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ В САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ: ИСТОРИЯ РЕГИОНА, МЕТОДЫ И РАЗВИТИЕ**

**Аннотация.** Статья охватывает разнообразные методы утилизации, включая переработку, сжигание, компостирование и другие технологии. Особое внимание уделяется инновационным подходам и перспективам развития в сфере утилизации отходов в регионе. Анализируются современные тренды, инновации и законодательные инициативы, направленные на рациональное управление отходами.

**Ключевые слова:** утилизация ТБО, переработка мусора, вторсырье, перерабатывающие предприятия, Саратовская область.

*A.V. Karavaev, A.A. Markina, O.V. Karpova*

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## **WASTE DISPOSAL IN THE SARATOV REGION: THE HISTORY OF THE REGION, METHODS AND DEVELOPMENT**

**Abstract.** The article covers a variety of recycling methods, including recycling, incineration, composting and other technologies. Special attention is paid to innovative approaches and development prospects in the field of waste disposal in the region. Modern trends, innovations and legislative initiatives aimed at rational waste management are analyzed.

**Keywords:** solid waste disposal, waste recycling, recyclable materials, processing enterprises, Saratov region.

**Введение.** В современном мире наблюдается рост численности населения и, как следствие, увеличение потребления ресурсов и образования отходов. Такие отходы могут быть разделены на две основные категории: отходы производства и отходы потребления. Отходы производства образуются в процессе работы, оказания услуг или производства товаров, а отходы потребления возникают при использовании товаров и услуг [1].

В сфере переработки и утилизации отходов имеется две основные области образования отходов – область производства и область потребления. Отходы производства и потребления подразумевают вещества или предметы, образованные в процессе производства, потребления, выполнения работ или оказания услуг. Отходы, которые возможно удалить, предназначены для удаления или подлежат удалению, в зависимости от вида, класса и законодательства об утилизации этих отходов [1,2].

**Методика исследований** заключается в сборе и анализе актуальной доступной информации о заданной теме и ее предоставлении в корректном виде. Данные в статье использованы из доверенных источников, интернет-ресурсов и консультировании по теме статьи с представителями организаций.

**Результат работы.** Вывоз и ликвидация твердых бытовых отходов на данное время является главной проблемой для городской среды в России. На территории страны действует постановление Правительства РФ от 12.11.2016 N 1156 (ред. от 18.03.2021, с изм. от 30.05.2023) "Об обращении с твердыми коммунальными отходами и постановление Правительства Российской Федерации от 25 августа 2008 г. N 641"(вместе с "Правилами обращения с твердыми коммунальными отходами"), где устанавливают порядок осуществления накопления, сбора, транспортирования, обработки, утилизации, обезвреживания и захоронения твердых коммунальных отходов, заключения договора на оказание услуг по обращению с ними, эти акты регулируют все действия и от них зависят действия по отношению к ТБО. На основании Указа Президента Российской Федерации от 19.04.2017 г. № 176 была принята «Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года», согласно которой накопилось более 300 млн. т. отходов из-за предыдущей хозяйственной и прочих деятельности. В результате инвентаризации были обнаружены 340 объектов, представляющих потенциальную угрозу жизни и здоровью 17 млн. человек. В настоящее время количество отходов, не вовлекаемых во вторичный хозяйственный оборот, их размещение на полигонах и свалках, приводит к выводу плодородных земель из оборота [4].

Более чем 15 тыс. санкционированных объектов для размещения отходов занимают общую территорию площадью около 4 млн. га, и каждый год эта площадь увеличивается на 300–400 тыс. га. По данным Федеральной службы государственной статистики, объем образования отходов в Российской Федерации за 10 лет увеличился на 69% [4].

Текущая система обращения с отходами в России требует коренной перестройки в пользу эффективного применения в мировой экономике технологий ресурсосбережения, обработки, утилизации и обезвреживания отходов [5].

Согласно утвержденной «Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года» (Постановление Правительства Российской Федерации от 25.01.2018г. № 84-р), экотехнопарк представляет собой объединенный комплекс зданий, сооружений, технологического и

лабораторного оборудования, который обеспечивает непрерывную переработку отходов производства, потребления и производство промышленной продукции на их основе. Основная цель этой Стратегии заключается в создании национальной промышленной индустрии, которая будет заниматься обработкой, утилизацией и обезвреживанием отходов, а также использованием их в качестве вторичного сырья для производства новой продукции. Понятие «экотехнопарк» пока что упоминается только в рамках данной Стратегии на федеральном уровне [2,5].

В основном, экотехнопарк является частным случаем промышленного парка, функционирующего с целью переработки отходов, развития новых технологий и выпуска новых продуктов в области экологической безопасности. Развитие нормативной базы позволит ускорить осуществление проектов создания экотехнопарков в России. Кроме того, помимо экотехнопарков в Стратегии отмечается необходимость создания производственно-технических комплексов, многофункциональных комплексов по обезвреживанию отходов и сортировочных комплексов для эффективного обращения с отходами при переходе к инновационному сценарию [2,5].

В Содружестве Независимых Государств годовое количество твердых бытовых отходов составляет около 100 миллионов тонн, половина которых приходится на Россию. В 2021 году в России было образовано около 47,4 миллиона тонн твердых бытовых отходов.

Твердые бытовые отходы (ТБО) представляют собой предметы или товары, утратившие потребительские свойства. Они делятся на биологические отходы (отбросы) и не биологические отходы, которые могут быть природного или искусственного происхождения. В России утверждена стратегия обращения с твердыми коммунальными отходами, которая включает отходы потребления, такие как товары, использованные для удовлетворения личных потребностей [2,4].

Одной из основных проблем в городской среде России является вывоз и утилизация твердых бытовых отходов. ТБО представляют собой нестабильную и неконтролируемую смесь различных материалов, таких как бумага, резина, стекло, строительный мусор, металлы и батарейки [2,4].

Вопрос о разработке и использовании инновационных средств, способов и методов мусоропереработки становится жизненно важным в контексте экологического подхода к устойчивому развитию. Ученые и практики со всего мира занимаются этой проблемой. Однако, не все идеи могут быть реализованы из-за множества проблем, таких как бюджет, рациональность и себестоимость предприятия, организация транспортной инфраструктуры для утилизации и соответствие современным экологическим нормам [4].

Это сужает возможности практического использования методов мусоропереработки. В настоящее время можно выделить несколько основных направлений: захоронение твердых бытовых отходов на специальных полигонах, естественные методы разложения (компостирование) и

термическая обработка (сжигание, низкотемпературный и высокотемпературный пиролиз) [4,5].

Захоронение на полигонах является самым распространенным и дешевым способом утилизации твердых бытовых отходов. Он применяется к токсичным и несгораемым отходам. Современные полигоны должны быть оснащены передовыми системами для предотвращения загрязнения окружающей среды [4,5].

Некоторые европейские полигоны имеют возможность использовать образующийся метан для производства электрической и тепловой энергии. Однако, захоронение все еще вызывает загрязнение окружающей среды, хотя его себестоимость позволяет его широкое использование в странах с недостаточно строгими нормами по охране окружающей среды, включая Россию [5].

В настоящее время существуют различные методы переработки твердых бытовых отходов (ТБО). Один из них - компостирование, основанное на естественном разложении биоресурсов. Технология компостирования применяется для переработки, как пищевых ресурсов, так и неразделенного мусора. Основным результатом данного процесса является получение компоста, который может быть использован в сельском хозяйстве. Несмотря на низкую себестоимость и высокую потребность в конечном продукте, компостирование еще не нашло широкого применения в России [4,5].

Еще одним методом переработки ТБО является термическое воздействие на отходы, называемое термической переработкой. Она осуществляется путем теплового воздействия (горения) с целью уменьшения их массы, свойств и объема, а также получения энергоресурсов и инертных материалов для возможной дальнейшей утилизации. Современные мусоросжигательные предприятия обладают неоспоримыми преимуществами, такими как эффективность обезвреживания, многократное снижение объема и возможность использования отходов в качестве энергоресурса [1,4,5].

Однако классическое сжигание мусора на полигонах является самым примитивным и неэффективным способом утилизации. Он не позволяет использовать полезные свойства горения и нарушает современные экологические требования по охране атмосферного воздуха от вредных веществ. В настоящее время применяются более современные и эффективные методы, такие как низкотемпературный пиролиз и плазменная переработка, которые позволяют снизить выбросы вредных веществ и получить тепло и электроэнергию [4,5].

При низкотемпературном пиролизе почти полностью исключается выброс вредных веществ в атмосферу, а процесс горения используется для получения тепла и электроэнергии. Несмотря на более высокую стоимость, этот метод является экономически выгодным. Плазменная переработка мусора является наиболее дорогим, но перспективным методом термической переработки. В этом случае не требуется предварительная сортировка отходов, а конечным продуктом является синтез-газ, который можно

использовать в качестве энергоресурса. Кроме того, плазменная переработка не нарушает экологические требования, и остаточный продукт может быть использован для производства строительных материалов и плитки [1,4,5].

Хотя существуют различные способы утилизации ТБО, многие регионы все еще сталкиваются с проблемой его утилизации на своей территории. Это подчеркивает актуальность вопроса и необходимость дальнейших исследований в этой области [1,4].

29 января 2013 г. было подписано концессионное соглашение на 25 лет, в котором обозначено создание системы переработки и утилизации ТБО в 18 районах Левобережья Саратовской области. Система включает 2 полигона ТБО мощностью 450 тыс. тонн в год, 18 мусороперегрузочных станций с мощностью до 500 тыс. тонн в год, 2 мусороперерабатывающих комплекса по 300 тыс. тонн в год и 2 цеха биокомпостирования. Финансирование проекта осуществляется концессионными облигациями. Объем финансирования – не менее 1,64 млрд. руб. Для реализации Концессионного соглашения Совет директоров ЗАО «Управление отходами» от 25 февраля 2013 г. создал филиал ЗАО «Управление отходами» в г. Саратове. Работа филиала идет по двум сегментам: Энгельсскому и Балаковскому [2,3].

Сбор и переработка бытовых отходов от населения в Саратовской области начал набирать обороты с 2017 года, в связи с информатизационной революцией, и впоследствии, большей осведомленностью населения об экологических проблемах. Волонтерские движения и организации агитировали население в социальных сетях, что ускорило процесс создания более целостной концепции рационального сбора и разделения бытовых отходов. Сейчас основная сортировка коммунальных отходов всё-таки проводится централизованно на специальных мусоросортировочных станциях. В Саратовской области действуют два концессионных мусороперерабатывающих комплекса, на которых извлекается 20 фракций вторичных материальных ресурсов. В августе 2019г. Волжский район стал первой площадкой по переходу на отдельный сбор мусора, на контейнерных зонах появились баки трех типов: синяя сетка-контейнер для ПЭТ-бутылок от компании «Пакмил», оранжевый - для не перерабатываемых «мокрых» отходов (пищевые остатки, предметы гигиены и т.п.), зелёный - для «сухих» твердых отходов, подлежащих переработке (металл, стекло, пластик, макулатура).

По итогам выявлены основные проблемы:

1. Сброс строительных и иных отходов в оранжевые контейнеры, предназначенные только для сбора «мокрого» пищевого мусора. Оранжевые контейнеры имели автоматическим механизм уплотнения отходов при погрузке и из-за непредусмотренных отходов механизмы выходили из строя. Впоследствии установили контейнеры без подобного механизма.

2. Малый отклик населения, не смотря на установку контейнеров большинство населения, продолжало выкидывать в них непредназначенные виды мусора, что усложняло процесс сбора [1,3].



«Мусорная реформа» в России 1 января 2019 года, была призвана сделать обращение с мусором более безопасным: решить проблему незаконных свалок и комплексно сократить объём вывозимых на полигоны отходов. Население городов сталкивается с недостатком нужных контейнеров для сортировки, поэтому в г. Саратове и г. Энгельсе волонтерские движения «Зеленый Бык» и «Экологизатор» проводят сбор вторсырья от населения. Волонтеры движения «Зеленый Бык» провели результаты акции от 26 января 2020г в ходе, которой было собрано: 1940 килограммов макулатуры, 350 килограммов ПЭТ- бутылок, 4500 килограммов стекла, 400 килограммов батареек и 1122 килограммов разного вторсырья, итого: 8 312 кг передано в коммерческие компании, специализированные по переработке. На данный период «Зеленый Бык» сотрудничает с партнерами: «ПАКМИЛ», «Склады Вторичного Сырья», «Кварц» и «Веско». Также организация проводит сбор использованных литиевых батареек от населения и отправляет их в Ярославль на завод НЭК. Данное сотрудничество организации и завода закреплено договором [4].

В Саратовской области построены и введены в эксплуатацию три мусоросортировочных комплекса в г. Энгельсе, г. Балаково и г. Саратове общей мощностью 380 000 тонн в год, действует 19 мусороперегрузочных станций, построен современный полигон мощностью 350 000 тонн. Благодаря работе данных мусоросортировочных комплексов на Саратовской территории 80 % отходов, собранных в контейнерах, проходят обработку. Из отходов извлекают вторичные материальные ресурсы для переработки в качестве вторсырья. Сортируют 20 фракций: различные виды металлов, пластик, картон, бумага, стекло и далее отправляют на заводы по глубокой переработке. Властью Саратовской области озвучено, что к 2030 году планируется обеспечить обработку отходов в объеме 100% и снижение объема отходов, направляемых на полигоны, в два раза [2,3].

Самым популярным видом переработки мусора в Саратове является переработка макулатуры и ПЭТ-бутылок. Производство и продвижение данных сфер невозможно без технического планирования и далее приведено верное техническое планирование и минимальное, но обязательное оборудование, на примере уже действующих организаций по сбору макулатуры:

При сборе сырья заготовка макулатуры в основном осуществляется промышленными, торговыми и административными предприятиями, учреждениями или населением [2,3]

Организация централизованных сборов включает в себя работу в следующих направлениях:

1. Специализированное предприятие небольшого объема у сборщика;
2. Продажа этим же предприятием крупных партий бумажной фабрике.

При выполнении работ по сбору, сортировке и прессовке в настоящее время задействуется специальное оборудование [1,4].

В начале выполнения работ производится поиск объекта с большим количеством бумажных отходов и определением их объемов и составляется

график по вывозу. Затем следует составление договора оказания услуг по вывозу, организуется приемка макулатурной массы с обеспечением взвешивания и вывоза. Транспорт предоставляется изготовителем макулатуры. Погрузка и перевозка осуществляется исполнителем, для более эффективной работы лучше иметь специализированный фургон/газель с манипулятором. На изготовительном предприятии макулатура подлежит приему, регистрации и взвешиванию, после чего перерабатывается в предназначенном для этого цехе. Первичная переработка включает в себя сортировку, измельчение, прессование и удаление замеченных примесей [1,5].

На всех предприятиях – производителях бумаги и картона используется мокрая технология изготовления. Композиционный состав, которым обладает бумага и картон, определяет назначение изделий при вторичном использовании [8,10].

Осуществление работы предприятия по прессованию макулатуры и ПЭТ-тары обычно производят в помещении за чертой города, площадью 500 м<sup>2</sup> и состоит из помещения для приема сырья, производственного помещения (для прессования макулатуры и ПЭТ-бутылок, склада готовой продукции, вспомогательных офисных помещений (кабинет директора, бухгалтера, комната персонала, туалеты, коридоры). Предприятие обеспечено электроэнергией от центральной системы электроснабжения, подключено к городской системе водоснабжения и канализации, а также для обеспечения связи предприятия подключено к автоматической телефонной станции [5].

В таблице предоставлено минимальное количество оборудования для старта предприятия.

Таблица 1. Минимальное оборудование и их стоимость

№	Наименование	Кол-во	Цена за 1 ед. (руб.)
1.	Газель Фермерская	1	600 000
2.	Пресс ППГ 24	1	350 000
3.	Пресс ППГ 7	1	205 000
<b>Итого:</b>			1 155 000

**Заключение.** Эксплуатация новой инфраструктуры для управления отходами в Саратовской области решает основную экологическую проблему области. Экологически безопасное размещение ТБО, снижение негативного влияния свалок на окружающую среду, улучшение санитарного состояния населенных пунктов и экологической обстановки в регионе, создание новых рабочих мест, улучшение облика города при внедрении программы раздельного сбора отходов и рост доходов областного бюджета от деятельности предприятий. Таким образом, современные

мусороперерабатывающие предприятия полезны и достаточно рентабельны, поскольку способны вырабатывать сырье, тепло и энергию из мусора.

### **Список использованной литературы.**

1. Молоков М.А. Актуальные тренды в территориальном производстве продукции и обращении с отходами потребления в условиях новой экономической реальности. Проблемы региональной экономики. 2022. 73-81 с.
2. Войтович А.А., Джейранова М.О., Солтаева М.А., Котранова М.В. Экологическая и санитарно-эпидемиологическая безопасность при утилизации твердых коммунальных отходов на территории г. Саратова. Международный студенческий вестник. 2019. 2 с.
3. Воронцова Е.В., Воронцов А.Л. О роли государства в обеспечении экологической безопасности и устойчивого развития Российской Федерации. Юридический вестник ДГУ. 2022.61-68 с.
4. Дорощеева Н.Л., Викулова А.П. Способы утилизации материалов. XXIвек. Техносферная безопасность. 2022. 21-25 с.
5. Афанасьев П.А. Инновационная технология переработки твердых бытовых отходов. Молодежь и системная модернизация страны. 2019.16-19 с.

### **References.**

1. Molokov M.A. Current trends in territorial production of products and management of consumer waste in the context of the new economic reality. Problems of regional economics. 2022. 73-81 p.
2. Voitovich A.A., Dzheiranova M.O., Soltaeva M.A., Kotranova M.V. Environmental and sanitary-epidemiological safety during the disposal of solid municipal waste in the city of Saratov. International student newsletter. 2019. 2 p.
3. Vorontsova E.V., Vorontsov A.L. On the role of the state in ensuring environmental safety and sustainable development of the Russian Federation. Legal Bulletin of DSU. 2022.61-68 p.
4. Dorofeeva N.L., Vikulova A.P. Methods for recycling materials. XXI century. Technosphere safety. 2022. 21-25 p.
5. Afanasyev P.A. Innovative technology for processing solid household waste. Youth and systemic modernization of the country. 2019.16-19 p.

Научная статья  
УДК 614.8. 028 631.158

***О.С. Тафинцева, О.В. Карпова***

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## **ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ТРАВМАТИЗМ В ОБЛАСТИ ВЕТЕРИНАРИИ**

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются ключевые опасности в производственной сфере ветеринарии, включая факторы трудового процесса и профессиональные риски. Объясняется, как эти факторы способствуют возникновению травм и развитию профессиональных заболеваний у ветеринарных специалистов. Также описываются элементы системы охраны труда, которые помогают минимизировать количество производственных травм и сохранить здоровье ветеринарных профессионалов.

**Ключевые слова:** ветеринария, травматизм, охрана труда, условия труда.

***O.S. Tafintseva, O.V. Karpova***

Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## **OCCUPATIONAL INJURIES IN THE FIELD OF VETERINARY MEDICINE**

**Annotation.** This article examines the key hazards in the veterinary industry, including factors of the labor process and occupational risks. It explains how these factors contribute to the occurrence of injuries and the development of occupational diseases in veterinary specialists. It also describes the elements of the occupational safety system that help minimize the number of occupational injuries and preserve the health of veterinary professionals.

**Keywords:** veterinary medicine, injuries, occupational safety, working conditions.

***Введение.*** Производственный травматизм представляет собой совокупность травм, полученных работниками в процессе работы на производстве, которые возникают вследствие нарушения требований безопасности труда. Оно всегда возникает в результате несчастного случая.

***Целью работы*** является изучение основных аспектов охраны труда при выполнении трудовых функций ветеринарного врача.

***Методика исследований:*** обзор и анализ литературных источников.

***Результаты и обсуждения.*** Опасный производственный фактор может быть определен как фактор, воздействие которого на работника в специфических условиях приводит к возникновению травмы или другого внезапного риска для здоровья. В ходе процесса работы также возможно

воздействие вредных производственных факторов, которые могут вызывать профессиональные заболевания. Профессиональная заболеваемость является результатом воздействия вредных производственных факторов на работающих, вызываемых неблагоприятными условиями труда.

Травма, полученная в определенный момент времени, приводит к внезапному нарушению здоровья. В случае профессионального заболевания, здоровье ухудшается постепенно, в течение определенного времени. Острые отравления рассматриваются как производственный травматизм. Хотя каждая сфера хозяйствования имеет свои причины для производственного травматизма и профессиональных заболеваний, все эти причины можно разделить на группы в соответствии с общепринятыми положениями, которые характерны для определенной отрасли. Организационные причины производственного травматизма и профессиональных заболеваний возникают в результате недостатков организационного характера по выполнению требований охраны и улучшения условий труда.

Причинами травмирования не являются сами по себе организационные факторы. Они либо вызывают, либо способствуют возникновению технических и/или технологических причин (таких как неправильный или нарушенный процесс производственного инструктажа, проверки знаний, работающих по охране труда, отсутствие стандартных инструкций, нарушение трудовой дисциплины и так далее). Кроме того, санитарно-гигиенические и психологические факторы также оказывают влияние.

Санитарно-гигиенические причины происходят из организационных недостатков и их воздействия на работающих, что является определяющим фактором в возникновении профессиональных заболеваний. Группа психофизиологических причин определяется уровнем организационных мероприятий для работающих и оказывает значительное воздействие на уровень травматизма и профессиональных заболеваний.

Возникновение таких причин также связано с психологическим или физиологическим состоянием работающих (нервное напряжение, усталость, нарушение координации и т.д.). Все эти группы причин тесно связаны друг с другом, поэтому мероприятия по устранению или снижению их влияния должны проводиться комплексно и целенаправленно. Список причин производственного травматизма и профессиональной заболеваемости может меняться в зависимости от проводимых мероприятий по их устранению.

Персонал, занимающийся уходом за животными, должен проходить специальные инструктажи по соблюдению личной гигиены на фермах и комплексах, а также по правилам ухода за животными, особенно в случае их заразных заболеваний. Работники, ответственные за уход за больными животными, должны быть тщательно обучены мерам безопасности, соблюдению гигиены труда при обслуживании больных животных, а также должны быть обеспечены специальной санитарной одеждой, обувью и необходимыми материалами. Для профилактики распространения инфекций устанавливаются дезинфекционные барьеры при входе в животноводческие помещения и между их секциями. Запланированные осмотры проводятся

ветеринарным персоналом и работниками животноводства на протяжении года для регулярного медицинского освидетельствования, включая проверку на бруцеллез и туберкулез. Кроме того, все работники животноводства должны проходить обследование на бацилло- и глистозительство ежегодно. Плановые вакцинации против бруцеллеза, сибирской язвы и бешенства проводятся один раз в год для работников ветеринарной службы. Все предметы ухода за больными животными, инвентарь и оборудование, а также специальная одежда и обувь должны регулярно проходить тщательную обработку. Кроме того, транспорт и тара необходимо обрабатывать после отправки больными животными на санитарное уничтожение, а также запрещается использовать транспорт, выделенный для перевозки людей, для доставки больных животных, патологического материала или трупов.

**Антропозоозы** – заболевания общие для человека и животных. К ним относят: бешенство, бруцеллез, туберкулез, сибирскую язву, ящур и другие (таблица 1) [1].

Профилактика включает инструктаж, периодические медицинские обследования, диспансеризацию, вакцинации людей и животных, соблюдение ветеринарно-санитарных мероприятий.

Таблица 1. Антропозоозы

Общее название	Основные источники
Антракс (сибирская язва)	Млекопитающие
Бруцеллез	Козы, овцы, КРС, свиньи
Энцефалит артроподного происхождения	Птицы, овцы, грызуны
Эхинококкоз	Собаки, жвачные, свиньи, дикие плотоядные
Лептоспироз	Грызуны, КРС, свиньи, дикие плотоядные, лошади
Лихорадка Ку	КРС, козы, овцы
Бешенство	Собаки, кошки, дикие плотоядные, грызуны, КРС
Сальмонеллез	Птицы, млекопитающие
Трихиноз	Свиньи, дикие плотоядные, арктические животные
Туберкулез	КРС, собаки, козы, птицы

При выполнении различных работ с животными часто возникает необходимость применять специальные методы и средства для контроля над ними и защиты работников от возможных травм. В связи с этим была разработана дополнительная классификация способов и средств защиты животноводов от воздействия сельскохозяйственных животных. Эта классификация учитывает анатомические, физиологические и поведенческие особенности взаимодействия между работниками и сельскохозяйственными животными (таблица 2) [2].

Таблица 2. Средства и способы защиты работников животноводства от агрессии животных

Средства воздействия травмопричинителей	Прижигание зачатков рогов: термические, криогенные, химические, электрические.
	Удаление рогов, хвостов (применение пил, кусачек, скальпелей и т. д.).
	Притупление рогов (применение пил, щипцов, устранения риска напильников).
	Селекция спокойных и комолых животных.
	Разработка новых приемов выполнения работ исключая травмоопасные работы по содержанию животных.
	Исключение из стада травмоопасных животных.
Средства успокоения	Устранение возбуждающего фактора (например, выведение из стойла полового партнера животного).
	Создание комфортной среды обитания (по микроклимату, корму, границам зоны обитания и т.д.).
	Специальные приемы обращения с животными (ласка, приманка, поощрение, дрессировка).
	Изоляция органов чувств животных (применение наглазников, шор, наушников, головных покрывал).
	Медикаментозные средства (применение транквилизаторов, мышечных эмаксантов).
	Встречные стрессовые воздействия (применение громкого хлопка, выстрела, щелкания хлыста, электрошокера; струи воды и т.п.).
	Фиксирующие средства (применение станков, клеток, вольеров, привязи, фиксаторов конечностей, головы, хвоста, туловища, клюва, крыльев и т.д.).
Средства дистанционного управления животными	Зрительные сигналы (образ, жест, цвет, свет, световой контраст т.п.).
	Звуковые сигналы (свист, крик, хлопок, раздражительный животному звук, музыкальный, звук специального подбора).
	Запаховые сигналы (приманивающие, отталкивающие – газ, аэрозоли, пахучие вещества).
	Вкусовые раздражители (приманивающие, отталкивающие).
	Болевые раздражители (кнуты, погонялки, носовые кольца, уздечки, вожжи, электроизгороди, электростеки, электротренажеры).
	Воздействие на вестибулярный аппарат (качающиеся платформы, вибрационные устройства, зрительные эффекты)
	Использование поведенческих рефлексов: импринтинга, игрового, стадного, пищевого, оборонительного, полового, материнского лактационного, экстраполяционного поведения (ментор-тренажеры, чучела, поилки, кормушки, доильные аппараты, массажер, подпускание к матери детеныша и т.п.)
	Использование дистанционно управляемых технических средств воздействия на животное (оптические, механические, акустические, пневматические, радио- и электроавтоматы).
	Использование индивидуальных физиологических особенностей (в зависимости от типов высшей нервной деятельности).

Фиксирующие и оградительные средства	Ограды и электроизгороди.
	Расколы, улитки, направители Применение звуковой и зрительной сигнализации о ходе технологического процесса с участием опасных животных. движения животных.
	Станки.
	Турникеты, пропускные устройства.
	Щипки, брызгоотражатели.
	Защитные зоны для людей.
	Колпачки на рога.
	Ошейники, препятствующие проходу животного через изгородь.
Средства индивидуальной защиты	Очки, лицевые экраны, прозрачные щитки.
	Шлемы, головные уборы
	Специальная одежда (фартуки, нарукавники, рукавицы, перчатки).
	Специальная обувь.
	Маски, респираторы.
	Переносные экраны, цилиндры, щиты.
	Приемы безопасного обращения с животными (плащи, опорные стенки).
Способы предупреждения об опасности и ее предотвращение	Диагностика поведения животных в различных ситуациях, в том числе стрессовых.
	Инструктирование персонала эффективным и безопасным приемам работы с животными.
	Применение знаков безопасности
	Установление безопасных маршрутов движений для людей и животных.
	Применение звуковой и зрительной сигнализации о ходе технологического процесса с участием опасных животных.

Эффективное предотвращение травматизма в сфере животноводства требует глубокого понимания поведения животных и осознания, связанных с ними опасностей, а также применения соответствующих методов и технологий защиты. Кроме того, независимо от должности – будь то сотрудник или высокопоставленный руководитель предприятия – каждый обязан соблюдать свои обязанности и предпринимать меры предосторожности.

***Сотрудник обязан:***

- соблюдать требования охраны труда, установленные законами и иными нормативными правовыми актами, а также правилами и инструкциями по охране труда;

- правильно применять средства индивидуальной и коллективной защиты;

- проходить обучение безопасным методам и приемам выполнения работ по охране труда, оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве, инструктаж по охране труда, стажировку на рабочем месте, проверку знаний требований охраны труда;



- немедленно извещать своего непосредственного или вышестоящего руководителя о любой ситуации, угрожающей жизни и здоровью людей, о каждом несчастном случае, происшедшем на производстве, или об ухудшении состояния своего здоровья, в том числе о проявлении признаков острого профессионального заболевания (отравления);

- проходить обязательные предварительные (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) медицинские осмотры (обследования).

***Директор предприятия (руководитель организации) обязан:***

а) при проектировании подразделениями предприятия новых сооружений и установок, модернизации оборудования предусматривать создание нормальных и безопасных условий труда в соответствии с санитарными нормами и правилами техники безопасности;

б) не допускать ввода в эксплуатацию новых и реконструированных цехов без приемки их и выдачи разрешения специальной комиссией;

в) содержать штаты работников службы охраны труда и техники безопасности в соответствии со структурой, утвержденной министерством;

г) выделить помещение для организации кабинета по технике безопасности, обеспечить его мебелью, наглядными пособиями и другим инвентарем;

д) обеспечивать выполнение мероприятий по охране труда в сроки, установленные коллективным договором;

е) представлять в министерство и местным органам ЦСУ отчеты о пострадавших при несчастных случаях на производстве и об освоении средств, ассигнованных на мероприятия по охране труда;

ж) решительно пресекать любые нарушения действующих правил, норм и инструкций по технике безопасности и производственной санитарии на предприятии (в организации).

Приложение № 9 к Методике проведения специальной оценки условий труда, утвержденной приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации [4].

Классификация условий труда:

*Оптимальные условия труда (1 класс)* представляют собой условия, при которых работник не подвергается воздействию вредных и опасных производственных факторов или воздействие этих факторов не превышает установленных норм. Такие условия создают предпосылки для поддержания высокой работоспособности работника.

*Допустимые условия труда (2 класс)* характеризуются наличием воздействия на работника вредных и опасных производственных факторов, но уровни этого воздействия не превышают установленных норм. В то же время, изменения функционального состояния организма работника могут быть восстановлены во время регламентированного отдыха или к началу следующего рабочего дня.

Предоставление компенсаций (гарантий) работнику за работу во вредных условиях труда осуществляется в соответствии с определенными

правилами. Размер и вид компенсаций зависят от работы в условиях, которые могут нанести вред здоровью или создать опасность для жизни работника.

*Вредные условия труда (3 класс)* определяются как условия, при которых уровни воздействия вредных и опасных производственных факторов превышают установленные нормы. В этом классе выделяются несколько подклассов в зависимости от степени воздействия и риска для здоровья:

- Подкласс 3.1 (вредные условия труда 1 степени) - условия, при которых после воздействия вредных факторов изменения в функциональном состоянии организма работника восстанавливаются обычно при длительном отсутствии воздействия, а также повышается риск повреждения здоровья.

- Подкласс 3.2 (вредные условия труда 2 степени) - условия, при которых воздействие вредных факторов способно вызвать стойкие функциональные изменения в организме работника, что может привести к возникновению начальных форм профессиональных заболеваний, но без потери профессиональной трудоспособности, после длительной экспозиции (15 лет и более).

- Подкласс 3.3 (вредные условия труда 3 степени) - условия, при которых воздействие вредных факторов приводит к стойким функциональным изменениям в организме работника, вызывающим появление профессиональных заболеваний легкой и средней степени тяжести и потерю профессиональной трудоспособности в период трудовой деятельности.

- Подкласс 3.4 (вредные условия труда 4 степени) - условия, при которых воздействие вредных факторов способно привести к развитию тяжелых форм профессиональных заболеваний и потере общей трудоспособности в период трудовой деятельности.

*Опасными условиями труда (4 класс)* считаются условия, при которых воздействие вредных и опасных производственных факторов может создать угрозу жизни работника. Последствия такого воздействия обуславливают высокий риск развития острых профессиональных заболеваний в период трудовой деятельности.

Ответственность за нарушение требований охраны труда установлена в статьях Федерального закона «Об основах охраны труда в Российской Федерации», а также предусмотрена в Гражданском и Уголовном кодексах РФ. Лица, которые не исполняют свои обязанности по охране труда, несут ответственность в соответствии с действующим законодательством РФ. Такая ответственность подразделяется на дисциплинарную, административную, уголовную и материальную.

**Вывод и рекомендации.** Необходимо проводить исследование животного в таких условиях, чтобы предупредить травмы животного и предохранить себя от возможных ушибов при проявлении животным оборонительных рефлексов или при резких движениях во время обследования.

Проводить обследования в теплом помещении в станке, а если нет станка, то на животное надевают случную шею. Не допускается проведение исследования через перегородки в станках, в денниках, на привязи.

Важно при выполнении исследования оградить себя от возможного заражения и исключить заражение животного. До исследования коротко остричь ногти; перед каждым исследованием тщательно мыть руки с мылом и протирать их дезинфицирующим раствором; исследование проводить в халате с резиновым фартуком поверх него, колпаке или косынке; пользоваться только стерильными инструментами и доброкачественным дезинфицирующим раствором. Микротравмы и др. повреждения кожного покрова рук смазывают настойкой йода и заливают коллодием.

### **Список использованной литературы.**

1. Энциклопедия МОТ по охране труда URL: <https://www.iloencyclopaedia.org/ru/>
2. Клинический институт охраны и условий труда URL: <https://www.kiout.ru/info/publish/30483> Охрана труда - учебно-методическое пособие URL: <https://propedagog.ru/prepodovatelyam/metodicheskie-posobiya/2005-okhrana-truda-uchebno-metodicheskoe-posobie-dlya-prepodavatelej>
3. Федеральный портал проектов нормативных правовых актов URL: <https://regulation.gov.ru/Regulation/Npa/PublicView?npaID=132536>
4. Приложение № 9 к Методике проведения специальной оценки условий труда, утвержденной приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 24 января 2014 г. N 33н.

### **References.**

1. ILO Encyclopedia on Occupational Safety and Health URL: <https://www.iloencyclopaedia.org/ru>
2. Clinical Institute of Safety and Working Conditions URL: <https://www.kiout.ru/info/publish/30483>
3. Occupational safety - educational and methodological manual URL: <https://propedagog.ru/prepodovatelyam/metodicheskie-posobiya/2005-okhrana-truda-uchebno-metodicheskoe-posobie-dlya-prepodavatelej>
4. Appendix No. 9 to the Methodology for conducting a special assessment of working conditions, approved by order of the Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation dated January 24, 2014 N 33n.

Научная статья

УДК 631.347

***В.В. Горбачев, А.В. Русинов***

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ КРУГОВОГО ДЕЙСТВИЯ ПУТЕМ УСТАНОВКИ РЕЗИНОАРМИРОВАННЫХ КОЛЕС**

**Аннотация.** В материалах статьи представлены результаты теоретических исследований, доказывающих возможность применения на ходовые тележки дождевальной машины резиноармированных колес. Представлены результаты лабораторных исследований сопротивления передвижению колеса и факторов, оказывающих влияние на него.

**Ключевые слова:** дождевальная машина, резиноармированное колесо, эксплуатация.

***V. V. Gorbachev, A. V. Rusinov***

Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## **IMPROVING THE PERFORMANCE OF A CIRCULAR SPRINKLER MACHINE BY INSTALLING RUBBER-REINFORCED WHEELS**

**Abstract.** The article presents the results of theoretical studies proving the possibility of using rubber-reinforced wheels on the running trolley of a sprinkler machine. The results of laboratory studies of the resistance to movement of the wheel and the factors, influencing it are presented.

**Keywords:** sprinkler machine, rubber-reinforced wheel, operation.

***Введение.*** За последнее десятилетие в Саратовской области увеличилась орошаемая площадь, на которую были установлены современные дождевальные машины Российского и зарубежного производства. В настоящее время в области насчитывается 918 дождевальных машин [1] из которых 652 машины (Zimmatic, Valley, Кубань, каскад и т.д.) имеют пневматические шины, установленные на ходовых тележках и 266 оснащены стальными колесами (ДМ Фрегат). Стальные колеса, устанавливаемые на дождевальные машины, имеют ресурс равный дождевальной машине, тогда как у пневматических шин ресурс в пять раз ниже самой машины. Однако недостатком стальных колес, устанавливаемых на дождевальных машинах является большая глубина, оставленная после прохода. Установлено, что

после прохода ДМ Фрегат глубина следа достигает 35 см в конце поливного периода [2]. Применение пневматических шин способствует снижению глубины следа до 24 % [3], но в процессе работы возможен выход пневматических шин из строя (прокол, разгерметизация, порыв и т.д.), что вызовет остановку машины и срыв сроков полива. Несомненно, это обстоятельство приведет к снижению урожая сельскохозяйственных культур.

Наиболее целесообразным решением данной проблемы является применение резиноармированного колеса, сочетающего в себе достоинства пневматической шины и стального колеса. Однако применение в России данных колес не зафиксировано и требуются проведение исследований, доказывающих их эффективность.

**Методика исследований.** С целью доказательства возможности применения резиноармированных колес на ходовых тележках дождевальных машин нами были проведены теоретические исследования. Для начала были выбраны основные геометрические параметры колеса и рассмотрен процесс взаимодействия колеса с переувлажненной почвой который демонстрирует величину контактных напряжений, смещенных в сторону оси колеса, рисунок 1.

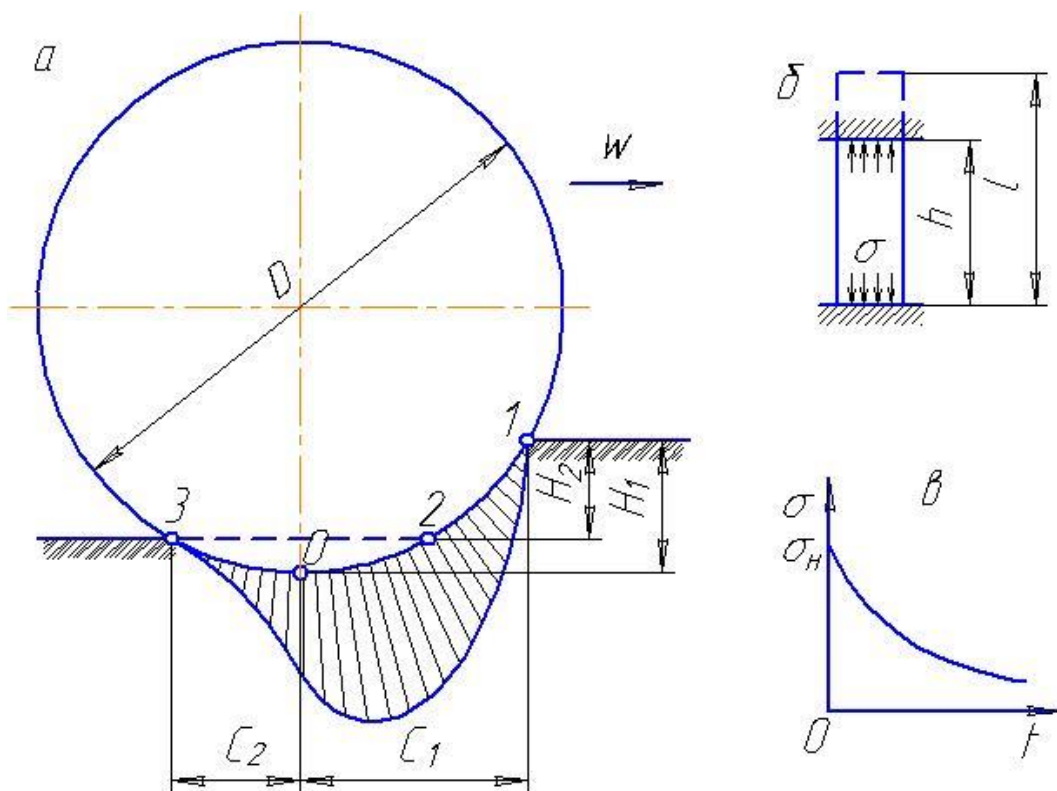


Рисунок 1. Процессы, сопровождающие качение стального резиноармированного колеса по грунту: а – эпюра давлений на ободу колеса; б – схема испытания образца материала сжатием; в – уменьшение напряжения сжатия во времени

В процессе движения колеса по переувлажненной почве происходит ее деформация вследствие контактных давлений, которые вызваны нагрузкой на колесе.

$$p_{cp} = \frac{2}{3}kH = \frac{2}{3}p_{max}, \quad (1)$$

где  $k$  – коэффициент упругости переувлажненной почвы, оцениваемый несущей способностью почвы;  $H$  – величина глубины следа, м.

Величина глубины следа после прохода колеса дождевальная машины можно определить, как

$$H = \sqrt[3]{\left(\frac{3}{2} \cdot \frac{Q_z}{B_k}\right)^2 \frac{1}{D}}, \quad (2)$$

где  $Q_z$  – нормальная нагрузка на колесо кН;  $B_k$  – ширина колеса, м;  $D$  – диаметр колеса, м.

Задавшись геометрическими параметрами колеса (ширина и диаметр) была определена величина деформации почвы и площадь опорной поверхности.

$$S_{оп} = B_k \sqrt{DH}. \quad (3)$$

Необходимо отметить, что колеса на ходовой тележки дождевальная машины закреплены консольно и нагрузка на ось колеса смещена в сторону. Учитывая данное обстоятельство, была выведена аналитическая зависимость величины деформации почвы с учетом величины смещения внецентрального нагружения колеса.

$$H = \left( \frac{15}{4} \cdot \frac{Q_z}{kB\sqrt{D}} \cdot \frac{1-x}{1-x^{\frac{5}{2}}} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad (4)$$

где  $x$  – величина смещения приложения нормальной нагрузки на колесо относительно центра колеса, м.

Зная величину деформации влажной почвы под резиноармированным колесом, были определены коэффициент (5) и сила сопротивления передвижению колеса (6).

$$f_k = \frac{3}{4} \sqrt{\frac{H}{D}}. \quad (5)$$

$$P = f_k Q_z. \quad (6)$$

Для доказательства теоретических суждений были проведены лабораторные исследования в почвенном канале. Для выполнения лабораторных исследований была разработана конструкция, имитирующая ходовую тележку дождевальная машины, рисунок 2.

При проведении лабораторных исследований определялась зависимость распределения нормальных напряжений возникаемых в переувлажненной почве в процессе прохода стального резиноармированного колеса с различной нагрузкой. Замер результатов проводился тензометрической установкой МПС-018, а обработка полученных данных производилась на ЭВМ с применением программных продуктов Microsoft Excel и Statistica. Результаты исследований представлены на рисунке 3 и 4.



Рисунок 2. Общий вид установки с установленными пневматическими и резиноармированным колесами

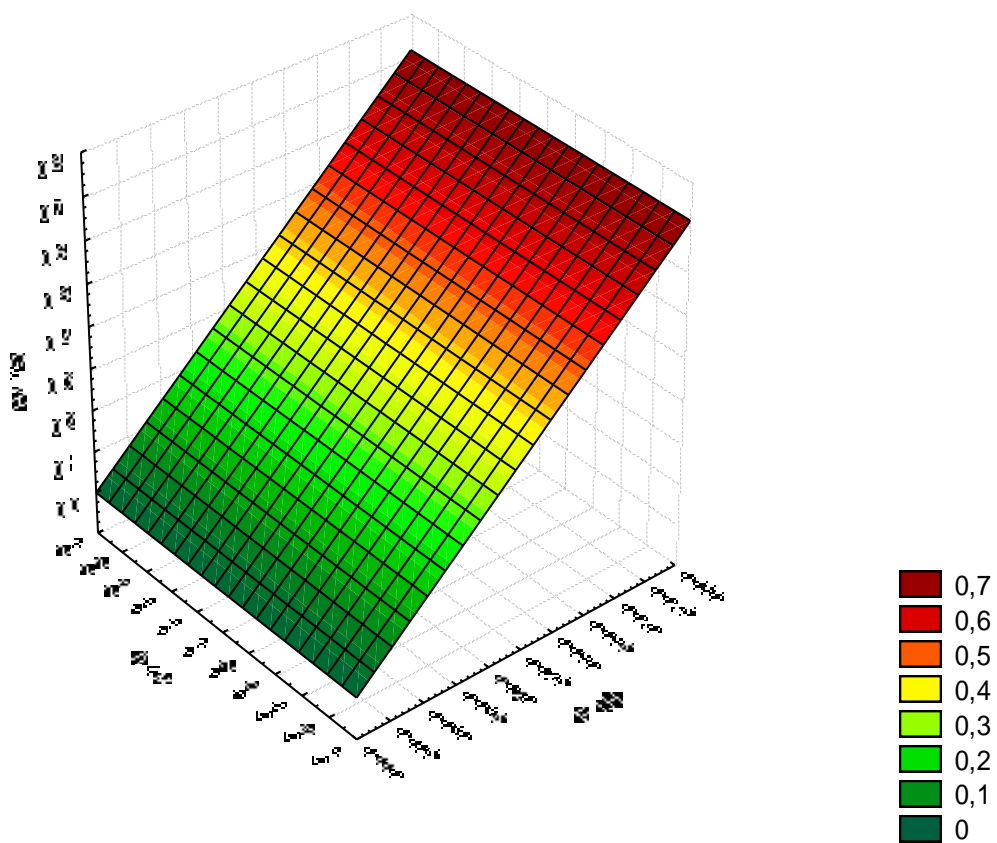


Рисунок 3. Влияние нагрузки на оси резиноармированного колеса на изменение глубины следа и сопротивление передвижению

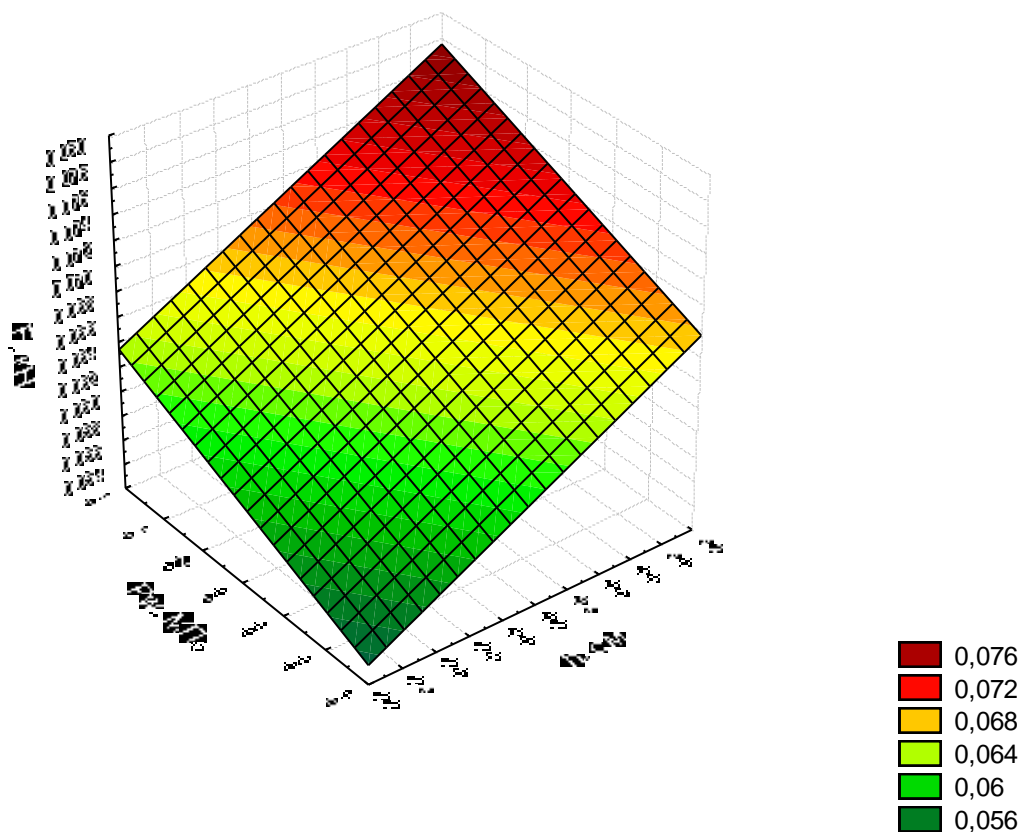


Рисунок 4. Изменение глубины следа и напряжения в переувлажненной почве с учетом изменения нагрузки на оси резиноармированного колеса

Производился замер нормальных напряжений возникаемых в почве в процессе прохода ходовой системы, имитирующей ходовую систему дождевальную машины. Задавшись максимально возможным весом, приходящимся на колесо было обнаружено, что с увеличением глубины, величина нормальных напряжений, создаваемых колесным движителем снижается. Увеличение горизонта замера с 10 см до 30 см приводит к снижению напряжений до 60,5 %.

Далее определялось влияние нагрузки на колесе на величину его погружения в переувлажненную почву и сопротивление передвижению. В ходе лабораторных исследований нагрузка на оси резиноармированного колеса изменялась в диапазоне от 0,1 кН до 1 кН с интервалом 0,05 кН, что соответствует реальным нагрузкам действующих на колеса дождевальной машины в перерасчете с учетом коэффициента пропорциональности 8,8.

Исследования показали, что повышении нагрузки, приходящейся на ось резиноармированного колеса с 0,1 кН до 1,0 кН приводит к увеличению глубины оставленного следа до 4 см, при этом был зафиксирован линейный рост сопротивления передвижению колеса. Максимальное значение сопротивления передвижению пневматического колеса составляет 0,07 кН. В ходе исследований так же был зафиксирован линейный характер изменения глубины следа после прохода резиноармированного колеса. Данное обстоятельство можно объяснить тем, что с увеличением нагрузки



приходящейся на ось колеса в зоне пятна контакта увеличиваются контактные давления, приводящие к деформации почвы.

Чем больше давление, создаваемое колесным движителем, тем больше остаточная деформация, а, следовательно, и глубина оставленного следа. Наличие большой глубины следа свидетельствует о большей энергии затрачиваемой на деформацию почвы и тем самым происходит повышение сопротивления передвижению резиноармированного колеса.

Изменение нагрузки на колесе оказывает воздействие на глубину оставленного следа, величину давления в почве и величину сопротивления его передвижения. Так было установлено, рисунке 4, что повышение нагрузки на оси колеса приводит к увеличению давления в почве, что приводит к увеличению глубины следа на 20 %.

Как было сказано ранее применение резиноармированных колес на переувлажненной почве возможно при нагрузке на колесе не более 0,6 кН, что соответствует реальным условиям работы дождевальной машины.

Рассматривая увеличения нагрузки на оси колеса приводит к повышению сопротивления передвижению и была зафиксирована аналогичная тенденция изменения результатов исследований.

Это можно объяснить следующим образом. С увеличением нагрузки на колесе, в пятне контакта колеса с почвой, увеличиваются контактные нормальные давления. Увеличение давлений в пятне контакта приводит к деформации почвы до тех пор, пока сопротивление сжатию почвы не превысит величину нормальных давлений, что при постоянной силе веса на оси колеса позволяет снизить глубину следа.

Анализ лабораторных исследований показал, что на глубину следа и сопротивление передвижения резиноармированного колеса оказывает сильное влияние сила веса на его оси.

**Заключение.** В результате проведенных исследований было установлено, что увеличение нагрузки на оси колеса приводит к повышению давления в пятне контакта, которые вызывает увеличение деформации почвы приводя к повышению глубины следа. Увеличение глубины следа сопровождается повышением сопротивления передвижению. Так же увеличение нагрузки на оси колеса приводит к повышению давлений возникаемых в почве. В результате проведенные лабораторные исследования подтвердили теоретические предпосылки о возможности применения на дождевальных машинах стальных резиноармированных колес, что позволяет повысить эксплуатационные показатели дождевальной машины.

#### **Список использованной литературы.**

1. Журавлева, Л. А. Проектирование дождевальных машин с позиции ресурсосбережения / Л. А. Журавлева // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 10. – С. 161-167.
2. Рыжко, Н. Ф. Совершенствование дождеобразующих устройств для многоопорных дождевальных машин: [монография] / Н. Ф. Рыжко. – Саратов, 2009. – 176 с.

3. Мухаметжанов, И. Ш. Исследование изменения глубины следа после прохода ходовой тележки дождевальнoй машины / И. Ш. Мухаметжанов, А. В. Русинов // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства: Материалы международной научной-технической конференции, Тюмень, 08 февраля 2019 года. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2019. – С. 144-147.

#### **References.**

1. Zhuravleva, L. A. Designing sprinkler machines from a resource-saving perspective / L. A. Zhuravleva // *Agrarian Scientific Journal*. – 2023. – No. 10. - pp. 161-167.

2. Ryzhko, N. F. Improvement of rain-forming devices for multi-support sprinkler machines: [monograph] / N. F. Ryzhko. Saratov, 2009. 176 p.

3. Mukhametzhанov, I. S. Investigation of the change in the depth of the trace after the passage of the running trolley of the sprinkler machine / I. S. Mukhametzhанov, A.V. Rusinov // Land transport and technological complexes and facilities: Materials of the international scientific and technical conference, Tyumen, February 08, 2019. – Tyumen: Tyumen Industrial University, 2019. – pp. 144-147.

Научная статья

УДК 631.37

*Ю.А. Коцарь, О.В. Кабанов, В.С. Истомин, Р.А. Гришин, Е.О. Кабанов*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ВНУТРИЗАВОДСКИХ ИСПЫТАНИЙ САМОХОДНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МОДУЛЯ СЭМ-6 С ГИДРОСТАТИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИЕЙ

**Аннотация.** Гидростатическая трансмиссия (ГСТ) имеет явные преимущества перед механическими и гидромеханическими трансмиссиями, т.к. она обеспечивает плавное (бесступенчатое) изменение тягово-скоростного режима трактора в широком диапазоне силы тяги на крюке и рабочей скорости. Получены уточнённые данные для проектирования гусеничного сельскохозяйственного трактора с гидростатической трансмиссией тягового класса 7 тс.

**Ключевые слова:** трактор, гидростатическая трансмиссия, измерительный комплекс, крюковая сила, расход топлива, коэффициент буксования, мощность двигателя

*U.A. Kozar, O.V. Kabanov, V.S. Istomin, R.A. Grishin, E.O. Kabanov*

Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## RESULTS OF IN-HOUSE TESTS OF THE SAM-6 SELF-PROPELLED POWER MODULE WITH HYDROSTATIC TRANSMISSION

**Abstract.** The hydrostatic transmission (GST) has clear advantages over mechanical and hydromechanical transmissions, because it provides a smooth (stepless) change in tractor traction and speed in a wide range of traction on the hook and operating speed. Updated data have been obtained for the design of a tracked agricultural tractor with a hydrostatic transmission of traction class 7 tc.

**Keywords:** tractor, hydrostatic transmission, measuring system, hook force, fuel consumption, slip coefficient, engine power.

**Введение.** Интенсификация сельскохозяйственного производства неразрывно связано с повышением единичной мощности тракторов. Последнее поставило перед сельхоз производителями непростую задачу - эффективного использования их потенциальных возможностей. Для решения этой задачи на современных энергонасыщенных тракторах устанавливают многоступенчатые коробки передач. Механического или гидромеханического

типа. Увеличение количества передач приводит не только к повышению эффективности эксплуатации тракторов, но и к увеличению стоимости трансмиссии и снижению надёжности.

**Методика исследований.** Механические коробки передач обеспечивают ступенчатое скачкообразное изменение тягово-скоростной характеристики трактора (линия 1 рисунок 1) с его остановкой.

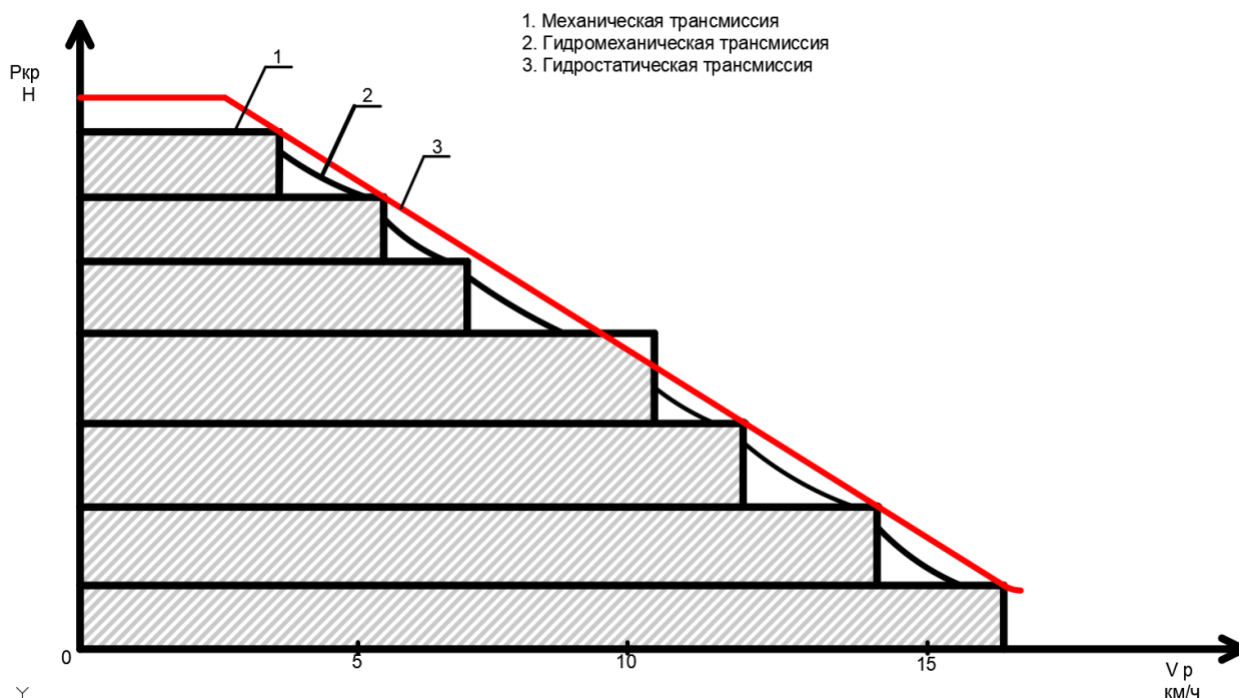


Рисунок 1. Тягово-скоростная характеристика тракторов с различными трансмиссиями

В гидромеханической коробке передач происходит плавный переход скоростного режима, с одной передачи на другую, но, ступенчатое изменение тягово-скоростного режима сохраняется на линии 2 рисунок 1.

Одним из направлений более полного использования потенциальных возможностей тракторов является использование гидростатических трансмиссий (ГСТ), обеспечивающих плавное (бесступенчатое) изменение тягово-скоростной характеристики  $P_{кр}$  (линия 3 рисунок 1).

При этом значению крюковой силы  $P_{кр}$  соответствует определённая скорость движения трактора. Так с увеличением крюковой силы скорость движения трактора  $V_p$  снижается, но крюковая мощность  $N_{кр} = V_p \times P_{кр}$  и мощность двигателя  $N_e = N_{кр} \times \eta_{тр}$  остаются постоянные. Т.е. двигатель работает при постоянной мощности в экономичном режиме. Управление трактором с ГСТ осуществляется джойстиком.

В 2023 году на заводе «Алтайлесмаш» изготовит опытный образец – прототип трактора с гидростатической трансмиссией самоходный энергетический модуль СЭМ–6 (рисунок 2) и проведены внутривзаводские испытания.



Рисунок 2. Прототип трактора с гидростатической трансмиссией самоходный энергетический модуль СЭМ-6

Испытания проводились в двух режимах работы СЭМ-6: в режиме транспортного средства и в тяговом режиме. Для проведения испытаний был разработан контрольно-измерительный комплекс (рисунки 3, 4), позволяющий определять основные эксплуатационные показатели СЭМ-6: скорость движения, расход топлива, силу тяги на крюке, величину буксования и время опыта.



Рисунок 3. Контрольно-измерительный комплекс для проведения испытаний

Коэффициент загрузки двигателя считывался с бортового компьютера СЭП-6. На первом этапе испытаний в транспортном режиме изменялась масса перевозимого груза. Результаты испытаний представлены в виде таблицы отображенной на экране контроллера (рисунок 5) и в виде графической зависимости, построенной по результатам испытаний (рисунок 6).

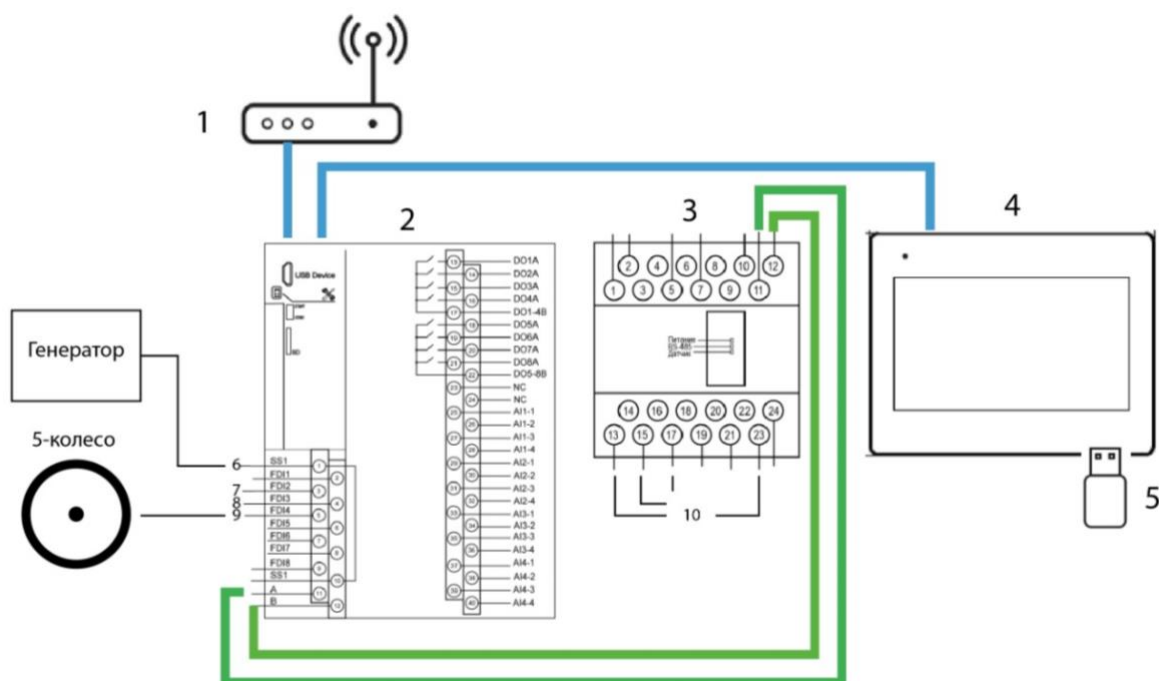


Рисунок 4. Структурная схема контроль-измерительного комплекса: 1 – точка доступа; 2 – контроллер; 3 – модуль измерения тензOMETрического датчика; 4 – панель оператора; 5 – USB-флешка; 6 – отметчик оборотов с генератора; 7, 8 – расходомеры топлива; 9 – отметчик положения пятого путеизмерительного колеса; 10 – силоизмерительное звено

Дата	№	Ркрюк Т	5 кол	S, м	Vрaб км/ч	Q букс %	Gпод кг/ч	Gобр кг/ч	Gр кг/ч	Ндв 1/мин	Gр Т	T Экс сек
12.10.23	0	0	669	196	7,05	0	-	27,0	27,0	2000	0	100
12.10.23	1	0	709	208	7,48	0	-	27,0	27,0	2000	0	100
12.10.23	2	0	701	205	7,38	0	-	28,0	27,0	2000	0	100
12.10.23	3	0	646	189	6,8	0	-	26,0	27,0	2000	0	90
12.10.23	4	0	702	205	7,52	0	-	28,6	28,5	2000	4	100
12.10.23	5	0	665	194	6,98	0	-	28,4	28,5	2000	4	100
12.10.23	6	0	625	183	6,58	3,9	-	31,0	30,5	2000	4	100
12.10.23	7	0	670	196	7,05	3,9	-	30,0	30,5	2000	4	100
12.10.23	8	0	584	171	6,15	13,36	-	40,0	40,5	2000	18	100
12.10.23	9	0	611	179	6,44	13,36	-	41,0	40,5	2000	18	100

Рисунок 5. Результаты испытаний на экране контроллера

Анализ результатов показывает, что даже при нагрузке 21 т (номинальная грузоподъёмность 18 т) и скорости 7,6 км/ч, коэффициент загрузки двигателя составляет 65%, следовательно, для более полного использования мощности двигателя необходимо увеличение грузоподъёмности или скоростного режима.



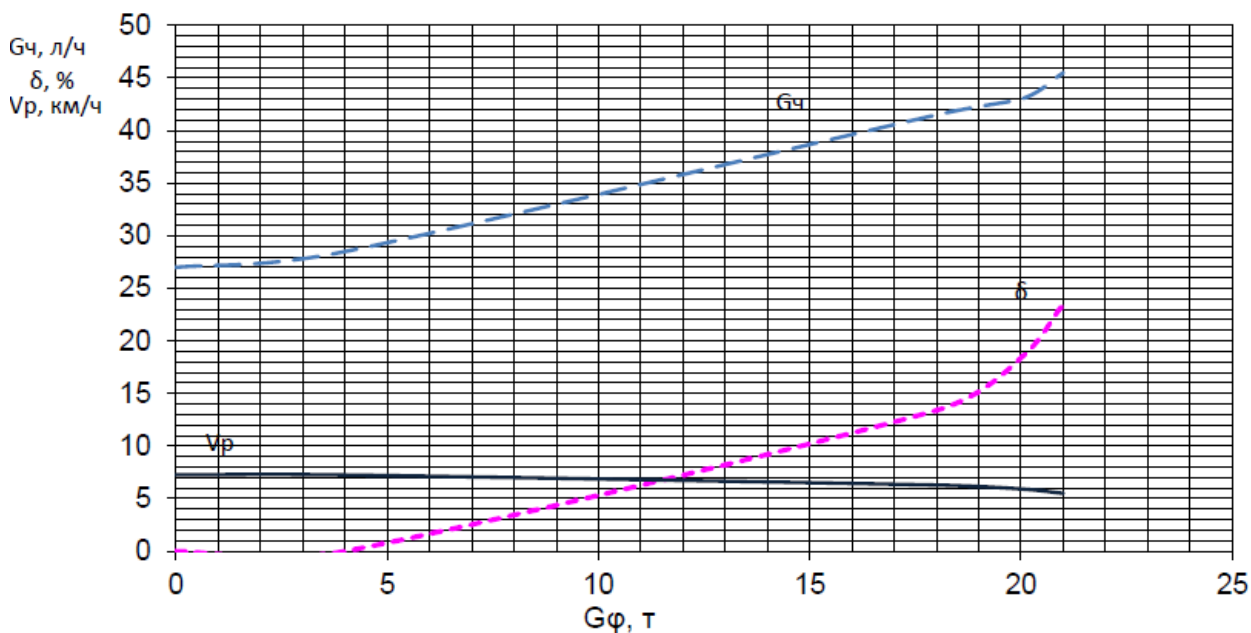


Рисунок 6. Зависимость часового расхода топлива, скорости, коэффициента буксования от грузоподъемности  $G_f$

**Заключение.** В результате проведенных испытаний установлено, что при крюковой нагрузке 45-50% от номинальной – 7 тс, величина загрузки двигателя – 86-89%. Т.е. мощности установленного двигателя недостаточно для создания номинальной крюковой силы.

#### Список использованной литературы.

1. Глущенко А.А. Испытания автомобилей и тракторов: учебное пособие для студентов инженерного факультета / А.А. Глущенко, Д.Е. Молочников, И.Р. Салахутдинов, Е.Н. Прошкин – Ульяновск: УлГАУ, 2018. – 384 с.
2. Мирошниченко, А.Н. Основы теории автомобиля и трактора: учебное пособие / А.Н. Мирошниченко. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2014. – 490 с.
3. Поливаев, О. И. Теория трактора и автомобиля: учебник / О. И. Поливаев, В. П. Гребнев, А. В. Ворохобин. – Санкт-Петербург: Лань, 2016. – 232 с.

#### References.

1. Glushchenko A.A. Testing of cars and tractors: a textbook for students of the Faculty of Engineering / A.A. Glushchenko, D.E. Molochnikov, I.R. Salakhutdinov, E.N. Proshkin – Ulyanovsk: UIGAU, 2018. – 384 p.
2. Miroshnichenko, A.N. Fundamentals of the theory of the automobile and tractor: a textbook / A.N. Miroshnichenko. Tomsk: Publishing House Vol. state. archit.- He's building. unita, 2014. – 490 p.
3. Polivaev, O. I. Theory of tractor and automobile: textbook / O. I. Polivaev, V. P. Grebnev, A.V. Vorokhobin. – St. Petersburg: Lan, 2016. – 232 p.

---

---

## СЕКЦИЯ «ГИДРОМЕЛИОРАЦИЯ, ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО И СТРОИТЕЛЬСТВО В АПК»

Научная статья  
УДК 631.347

**Ф.К. Абдразаков, А.А.Рукавишников**

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

### СОВРЕМЕННЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБЛИЦОВКИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ И ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

**Аннотация.** Статья представляет собой исследование и обоснование применения эффективных технических средств и технологий для обслуживания оросительных каналов, учитывая особенности их эксплуатации и возможные методы ремонта. Обсуждаются проблемы использования бетонного полотна в условиях подвижного грунта и подтоплений, а также выдвигаются теоретические гипотезы о воздействии ударных нагрузок и истирании на материал. Предлагается модернизированный вариант экскаваторного ковша с демпферной подушкой для минимизации повреждений при очистке каналов, а также обсуждаются перспективы использования гидромеханического способа с использованием воды под давлением. Дополнительно рассматриваются вопросы взаимодействия роликов с бетонным полотном и необходимость дальнейших исследований для уточнения предложенных методов. Подчеркивается значимость пилотных проектов для определения эффективности и практической применимости предложенных способов обслуживания каналов.

**Ключевые слова:** оросительная мелиорация, бетонное полотно, геосинтетические материалы, композитные материалы, бетонная облицовка, технологии обслуживания, оросительный канал.

**F.K. Abdrazakov, A.A. Rukavishnikov**

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

### MODERN INNOVATIVE MATERIALS FOR LINING IRRIGATION CANALS AND EFFECTIVE WAYS OF THEIR OPERATION

**Annotation.** The article is a study and substantiation of application of effective technical means and technologies for maintenance of irrigation canals, taking into account the peculiarities of their operation and possible repair methods.



The problems of using concrete bed in conditions of moving soil and waterlogging are discussed, and theoretical hypotheses about the impact of shock loads and abrasion on the material are put forward. An upgraded version of an excavator bucket with a damping pad is proposed to minimize damage during canal cleaning, and the prospects of using a hydromechanical method using pressurized water are discussed. Additionally, the interaction of rollers with concrete pavement and the need for further research to refine the proposed methods are discussed. The importance of pilot projects for determining the effectiveness and practical applicability of the proposed methods of canal maintenance is emphasized.

**Keywords:** reclamation, concrete canvas, geosynthetics, composite materials, concrete lining, maintenance technologies, irrigation canal.

**Введение.** Мелиоративное производство является неотъемлемой частью и однозначно катализатором получения высоких и устойчивых урожаев по всей России. При этом качество проводимых мероприятий и технологии определяют лидеров по валовому сбору сельскохозяйственной продукции. Однако нельзя не отметить, что для проведения оросительных мероприятий, необходимо поддерживать транспортирующую и проводящую функцию каналов системы [3]

Применение того или иного материала всегда сопровождается рядом вопросов по их эксплуатации в процессе жизненного цикла как канала, так и материала [1, 2]. Современные облицовочные материалы, такие как бетонное полотно, геомембрана, а также подобные композитные материалы, без сомнения, обладают уникальными свойствами, позволяющие укладывать от 100м<sup>2</sup> до 600м<sup>2</sup> материала за один рабочий день, минимальное или полное отсутствие тяжелой техники, фильтрационные свойства и т.д. [9]. При этом полностью отсутствуют комплексные технологии обслуживания и ремонта таких материалов [6]

Данный вопрос является актуальным, так как вышперечисленные материалы появились сравнительно недавно, и немногие проходили процедуру текущего и капитального ремонта. Следовательно, тема работы является актуальной и заслуживает внимания.

**Целью исследования** является обоснование и разработка усовершенствованных технических средств и эффективных технологий для эксплуатационных работ на оросительных каналах.

**Объектом исследования** являются оросительные каналы.

**Предмет исследования:** закономерности технологического процесса взаимодействия технических средств и облицованных оросительных каналов.

**Методика исследования.** Так как основа исследования базируется на обслуживании оросительных каналов, покрытых бетонным полотном, а именно очистка каналов от наносов, то основным будет считаться возможность материала выдержать вес трактора, бульдозера или иное транспортное средство.

При движении трактора или бульдозера в русле канала в зоне контакта dna канала (облицовки канала) возникают динамические вертикальные,

продольные и поперечные касательные силы, значение которых зависит от типа транспортного средства, шины колеса, нагрузки и природно-климатических условий.

При неподвижности транспортного средства, на стоящее колесо действует только одна сила – вес трактора, приходящаяся на это колесо. Под действием вертикальной силы колесо деформируется (рисунок 1а).

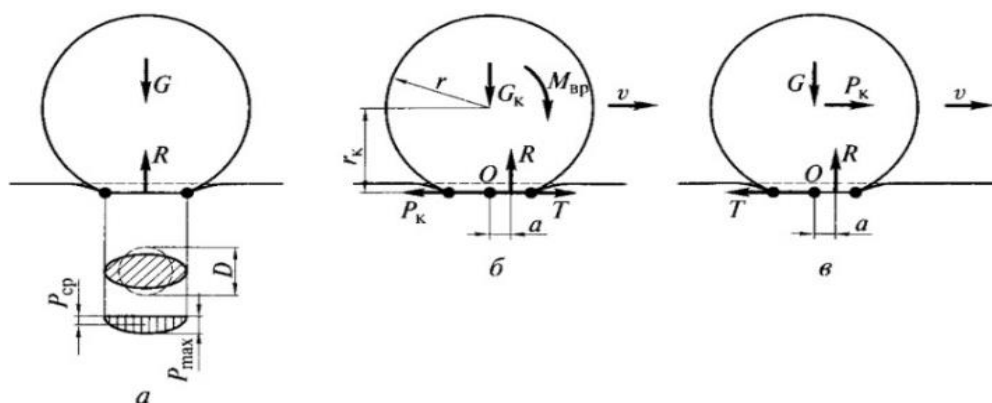


Рисунок 1. Схема сил, действующих на поверхность дна канала  
 а – стоящее колесо; б – ведущее колесо; в – ведомое колесо; D – размер пятна контакта колеса с облицовочным покрытием;  $P_{cp}$ ,  $P_{max}$  – соответственно средний и максимальный прогиб облицовочного полотна; G – вес ТС; R – сила реакции;  $G_k$  – вес ТС, приходящийся на колесо;  $M_{вр}$  – вращающий момент; T – сила трения;  $r_k$  – расстояние от центра колеса до поверхности дорожного покрытия; r – радиус колеса; a – расстояние от мгновенного центра скоростей O до линии действия силы реакции R;  $P_k$  – окружная сила; v – скорость движения ТС

Площадь следа колеса F меняется в пределах 250. 1000 см<sup>2</sup>. Для одного и того же автомобиля значение F, м<sup>2</sup>, зависит от нагрузки на колесо:

$$F = G/p \tag{1}$$

Различают площадь отпечатка колеса по контуру в форме эллипса (рисунок 1а) и по выступам рисунка протектора. При определении среднего давления в расчет принимают площадь отпечатка по выступам протектора. При расчете дорожной одежды для вычисления p условно принимают площадь отпечатка в виде круга диаметром D, м, равновеликую площади эллипса [8]:

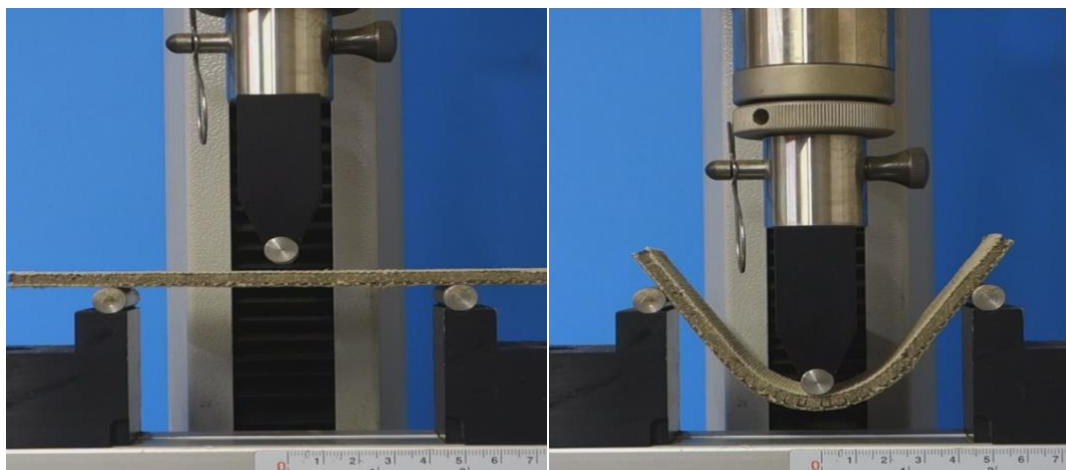
$$D = 11,3\sqrt{G}/(0,1p) \tag{2}$$

Основные физико-механические параметры бетонного полотна:

- прочность на сжатие 25,6-30,4 МПа (261,04-309,99 кг/см<sup>2</sup>);
- прочность на изгиб 4,5-5,0 МПа (45,88-50,98 кг/см<sup>2</sup>).

Прочность бетонного полотна на изгиб обосновывается структурой материала, позволяющей ему при воздействии механических нагрузок

возвращаться в исходное состояние (рисунок 2), при этом монолитный бетон (лабораторный образец 100x100x400мм по ГОСТ 10180-90) при осевом растяжении может выдерживать нагрузку до 52,4 кг/см<sup>2</sup> без деформации. Однако при появлении трещин бетон будет постепенно разрушаться.



Исходное состояние

Состояние под нагрузкой

Рисунок 2. Испытания на изгиб по ГОСТ 18124-2012

Для полноты данных необходимо добавить данные о разрывной нагрузке бетонного полотна. Для исследования места стыковки бетонного полотна проводился эксперимент на разрыв. Метод испытания заключается в растяжении образца ПКМ с постоянной скоростью нагружения или деформирования до момента разрыва. На рисунке 3 представлены установка и испытуемые образцы, зажатые в тисках с обеих сторон.

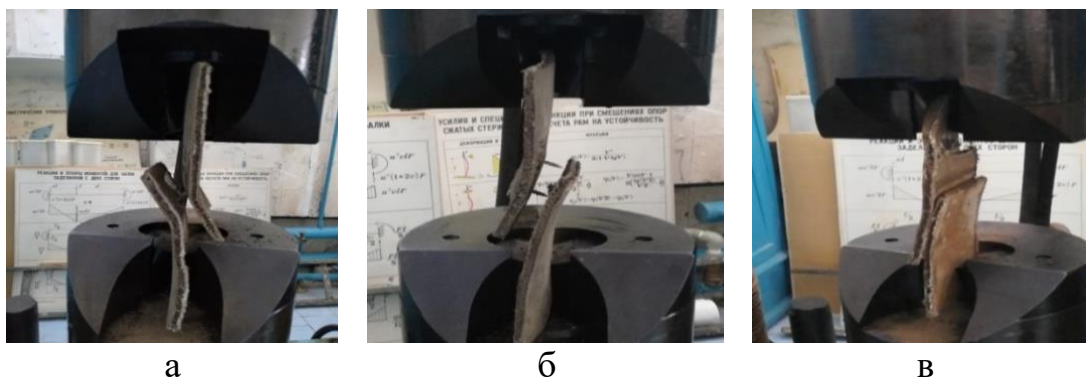


Рисунок 3. Испытания на разрыв бетонного полотна

По результатам проводимых исследований с разными вариантами креплений, были получены удовлетворяющие результаты, равные 2,05 МПа.

**Результаты исследования.** Принципиально отличие средств и технологий при обслуживании оросительных каналов заключается в том, что некоторые виды геосинтетиков не предусматривают очистку путем применения тяжелой техники, к таким относится геомембрана и бентонитовые маты [4, 7]. В данном случае нами рассматривается вопрос очистки каналов

путем непосредственного использования тяжёлой техники в русле канала. Традиционный вариант очистки оросительных каналов (рисунок 4).

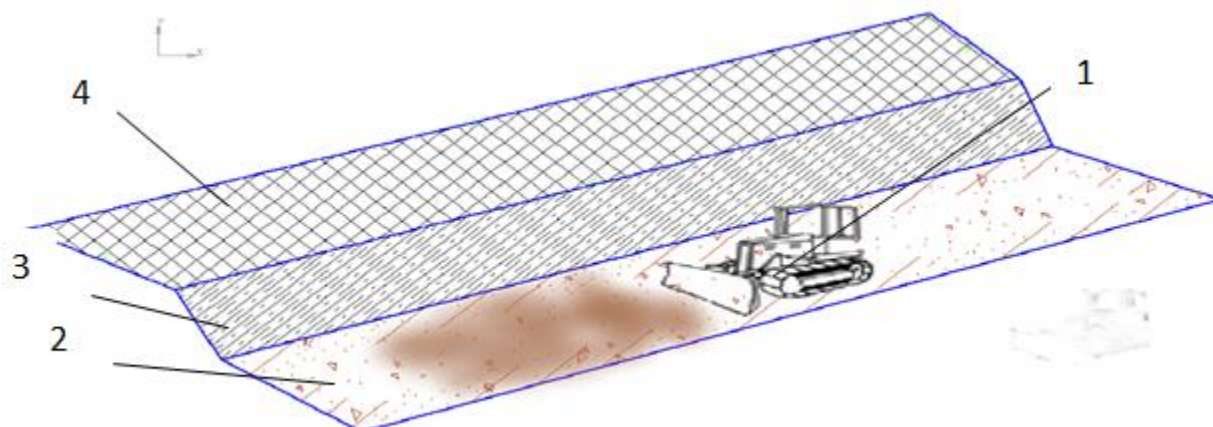


Рисунок 4. Традиционный вариант очистки оросительных каналов от наносов. 1 – бульдозер; 2 – дно канала; 3 – откос; 4 – берма канала.

Данный вариант невозможен по нескольким причинам [6]:

- большая масса (пример Т-330);
- невозможность передвижения из-за просадки грунта до 20% от проектного сечения;
- высокий процент трения недопустим для данных геосинтетических материалов.

Как известно, при нормальных условиях эксплуатации откладываемые в течении года наносы могут составлять порядка 0,1... 0,5 м, при этом площадь живого сечения ежегодно сокращается на 5...8%. Отсюда следует, что эксплуатационные мероприятия следует выполнять ежегодно, вне зависимости от используемого материала. При этом важно отметить, что при использовании бетонных облицовочных плит ситуацию можно исправить с помощью тяжёлой техники.

Капитальный ремонт оросительных каналов проводится раз в 10-25 лет в зависимости от геоположения объекта и условий эксплуатации. При этом важной проблемой в будущем будет невозможность использования каналов, облицованных современными одеждами, если не будет комплексных технологий обслуживания. Полная утилизация и замена облицовки является иррациональным вариантом, так как несёт высокие затраты.

Оценивая геосинтетические материалы, нельзя не отметить, бетонное полотно. Данный материал сочетает в себе бетон и геомембрану, что позволяет внести определённые исключения в плане технологического обслуживания. Бетонное полотно в достаточной мере работает на изгиб 3,4-4,5 МПа (34,7-45,8 см<sup>2</sup>), что позволяет выдерживать высокие нагрузки на материал. Плотность материала в зависимости от марки варьируется от 1500-2025 кг/м<sup>3</sup> [3, 5]. Данные показатели позволяют нам использовать следующую технику (рисунок 5) [8]

При этом использование данной техники возможно только при умеренном объёме наносов 0,1...0,3 м, это обосновывается тем, что трактора с максимально буксируемой массой до 300-800 кг не должны работать на пределе своих возможностей, следовательно, диагностика и очистка каналов, покрытых бетонным полотном должна проводиться ежегодно в зависимости от объёмов загрязнения.



Рисунок 5. Мини-трактор: а – Belarus 152, б – Русич Т-244

Характеристики данных моделей представлены в таблице 1.

При этом нельзя не учитывать стоимость данной техники:

– стоимость Belarus 152 – 370 тыс. руб.

– стоимость Русич Т-244 – 750 тыс. руб.

Характеристики	Belarus 152	Русич Т-244
Масса	650	1230
Привод	Полный (4x4)	Полный (4x4)
Мощность, л.с.	11,8	24,4
Дорожный просвет, мм	280	300
Макс. буксируемая масса, кг	300	800
Тяговый класс	0,2	0,6

Таблица 1. Основные характеристики мини-тракторов

В данном примере нами был проведён анализ мини-тракторов как приемлемый вариант использования каждого из них. Без сомнения, Русич Т-244 на порядок превосходит по всем характеристикам Belarus 152, при этом масса имеет важное значение, при выборе наиболее рационального варианта.

Рассмотрим максимальное давление на грунт каждого трактора:

– Belarus 152 – 14 МПа (142,76 кг/см<sup>2</sup>);

– Русич Т-244 – 21 МПа (214, 14 кг/см<sup>2</sup>).

Так как мы учитываем максимальное давление на грунт (облицовку) тракторов, то мы также будем учитывать максимальные показатели на сжатие бетонного полотна. Таким образом, мы получаем:

для Belarus 152

$$R_{\text{сжатие Бет. пол.}} / \text{Уд. Давл. макс Тракт.} = 30,4/14 = 2,17 \text{ МПа} \quad (3)$$



где  $U_d$ , Давл. макс Тракт. – максимальное удельное давление трактора на грунт (облицовку);  $R_{сжатие}$  Бет. пол. – максимальные показатели бетонного полотна на сжатие.

для Русич Т-244

$$R_{сжатие} \text{ Бет. пол.} / U_d \text{ Давл. макс Тракт.} = 30,4/21 = 1,44 \text{ МПа} \quad (4)$$

Таким образом, мы получаем 2 и 1,5 коэффициент запаса, при применении тракторов Belarus 152 и Русич Т-244 соответственно.

Использование бетонного полотна должно сопровождаться тщательной оценкой грунтовой поверхности каналов и возможных подтоплений близлежащих территорий, так как при подвижности грунта или рыхлой поверхности применение бетонного полотна невозможно, тем более дальнейшее обслуживание путем использования тяжелой техники.

Рассматривая способы очистки оросительных каналов, нельзя не отметить возможность применения экскаваторов с различными видами ковшей. Компанией производителем были представлены следующие варианты очистки, представленные на рисунке 6.



Рисунок 6. Возможные варианты очистки каналов

Выдвигаемые теоретические гипотезы применения данного способа очистки каналов от наносов:

- при данном способе очистки сокращается срок службы бетонного покрытия, путем воздействия на материал ударных нагрузок;
- истирание материала путем взаимодействия бетонного полотна и ковша;
- применение ковша с зубьями может нанести бетонному покрытию дополнительный ущерб и привести к деформации покрытия.

Нами были проведены теоретические исследования возможных ударных нагрузок на материал при использовании вышепредставленных способов и за основу взяли расчет вязкоупругой модели при ударе.

Были использованы следующие исходные данные:

- Масса подвижного элемента 225 кг;
- Начальная скорость подвижного элемента 0,5 м/с;
- Жесткость бетонного полотна 27000 Н/м;
- Приведённая масса бетонного полотна м2 - 25 кг;
- Коэффициент демпфирования бетонного полотна  $H^*c/m = 0.7$ .

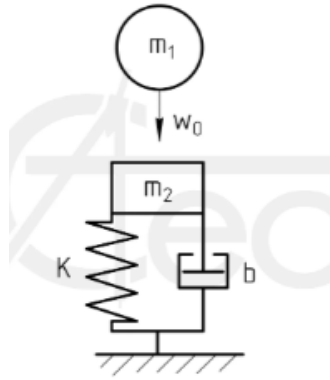


Рисунок 7. Расчет вязкоупругой модели при ударе:

$m_1$  – масса подвижного элемента,  $m_2$  – приведённая масса конструкции,  $k$  – жесткость конструкции Н/м,  $W_0$  – начальная скорость подвижного элемента м/с,  $b$  – коэффициент демпфирования.

Максимальные перемещения конструкции:

$$X = ((m_1 + m_2) \times (W_{0\text{общ}})^2 / (b^2 / (m_1 + m_2) + k))^{1/2} \quad (5)$$

Нагрузки при максимальных перемещениях:

$$P = (W_{0\text{общ}} - (((X^2) \times (b^2 / (m_1 + m_2) + k) / (m_1 + m_2))^{1/2}) \times b + k \times X \quad (6)$$

Таким образом, при минимальных рассматриваемых показателях, мы получаем максимальную ударную нагрузку на материал равную 119 кг и 43мм перемещение в точке удара, до начала операций по очистке канала.

**Обсуждения и предложения.** Нами предлагается для проведения подобных операций использовать модернизированный вариант экскаваторного ковша с демпферной подушкой (рисунок 8), тогда ударные и истирающие нагрузки будут сведены к минимуму, и соответственно срок службы материала будет увеличен.

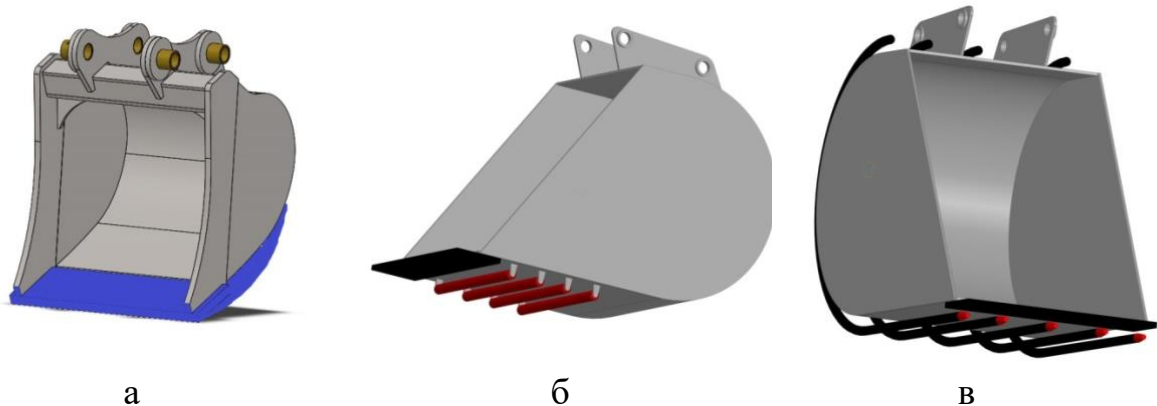


Рисунок 8. Варианты модернизированного экскаваторного ковша:  
а – ковш с демпферной подушкой, б – ковш с механическими роликами, в – ковш с трубками высокого давления

Каждый представленный способ представлен как пилотный проект, так как появляется много вопросов, например, как будут взаимодействовать

ролики с бетонным полотном, необходимы расчеты коэффициентов качения, коэффициенты трения и скольжения.

Представленный гидромеханический способ также требует дополнительных исследований, а именно насколько подаваемая через трубки вода будет справляться с поставленной задачей по воздействию на наносы, как наилучший образом защитить трубки при проведении работ.

Перспективы дальнейших исследований заключаются в следующих пунктах:

1. Провести теоретические расчеты взаимодействия бетонного полотна и модернизированного ковша с демпферной подушкой и роликами;
2. Провести теоретические расчеты работы гидромеханического способа очистки канала от наносов путем использования воды под давлением в комбинации с выше перечисленными вариантами.

**Заключение.** На основе проведённого исследования нами была обоснована необходимость разработки инновационных способов и технологий очистки оросительных каналов от наносов, покрытых современными облицовочными материалами. Предложенные теоретические положения использования малой механизированной техники при дальнейшей апробации может локально решить вопрос о проведении ежегодного текущего ремонта и обслуживания оросительных каналов, покрытых не только бетонным полотном, но и аналогичными композитами.

#### **Список использованной литературы.**

1. Абдразаков Ф.К. Интенсификация технологий и совершенствование технических средств в мелиоративном производстве / Ф.К. Абдразаков // Саратов. – 2002. – 352 с.
2. Абдразаков Ф.К. Ресурсосберегающие технологии и машины для интенсификации мелиоративного производства / Ф.К. Абдразаков // Саратов. – 2019. – 164 с.
3. Абдразаков, Ф. К. Актуальные вопросы обслуживания оросительных каналов и рациональное управление водными ресурсами / Ф. К. Абдразаков, А. А. Рукавишников // Основы рационального природопользования: Материалы IX Национальной конференции с международным участием, Саратов, 12–13 октября 2023 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2023. – С. 7-15.
4. Абдразаков, Ф. К. Интенсификация мелиоративного производства путем совершенствования технологий реконструкции и строительства оросительных каналов / Ф. К. Абдразаков, А. А. Рукавишников // Мелиорация и водное хозяйство. – 2019. – № 1. – С. 6-9.
5. Абдразаков, Ф. К. Методы расчета эксплуатационных мероприятий на современных оросительных каналах / Ф. К. Абдразаков, А. А. Рукавишников // Проблемы и перспективы развития АПК: технические и сельскохозяйственные науки: Материалы Региональной научно-технической конференции, посвященной 110-летию Вавиловского университета, Саратов,



13–17 февраля 2023 года. Том Выпуск 1. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2023. – С. 172-180.

6. Абдразаков, Ф. К. Покрытие оросительных каналов инновационным бетонным полотном и адаптивные способы их эксплуатации / Ф. К. Абдразаков, А. А. Рукавишников, Э. Э. Сафин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2023. – № 2. – С. 32-36.

7. Рукавишников, А.А. Технологические особенности покрытия оросительных каналов бетонным полотном / А. А. Рукавишников // Проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: Материалы VIII Национальной конференции с международным участием, Саратов, 15–16 ноября 2018 года / Под редакцией Ф.К. Абдразакова. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2018. – С. 275-280.

8. Спецтехника: Трактора и техника: [Электронный ресурс]. М., 2022. URL: <https://agro-tm.ru>. (Дата обращения: 21.10.2022).

9. Характеристика бетонного полотна [Электронный ресурс] // Бетонное полотно Concrete Canvas в России. М., 2012–2018. – Режим доступа: <http://ucsr.su>. (дата обращения: 2.05.2018).

### References.

1. Abdrazakov, F.K. Intensification of technologies and improvement of technical means in land reclamation production / F.K. Abdrazakov // *Saratov*. - 2002. - 352 с.

2. Abdrazakov, F.K. Resource-saving technologies and machines for the intensification of land reclamation production / F.K. Abdrazakov // *Saratov*. - 2019. - 164 с.

3. Abdrazakov, F. K. Actual issues of irrigation canal maintenance and rational water resources management / F. K. Abdrazakov, A. A. Rukavishnikov // *Fundamentals of rational nature management: Proceedings of the IX National Conference with international participation, Saratov, October 12-13, 2023*. - Saratov: Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, 2023. - С. 7-15.

4. Abdrazakov, F. K. Intensification of land reclamation production by improving the technology of reconstruction and construction of irrigation canals / F. K. Abdrazakov, A. A. Rukavishnikov // *Land Reclamation and Water Management*. - 2019. - № 1. - С. 6-9.

5. Abdrazakov, F. K. Methods of calculation of operational measures on modern irrigation canals / F. K. Abdrazakov, A. A. Rukavishnikov // *Problems and prospects of development of agro-industrial complex: technical and agricultural sciences: Proceedings of the Regional Scientific and Technical Conference dedicated to the 110th anniversary of Vavilov University, Saratov, February 13-17, 2023. Volume Issue 1*. - Saratov: Limited Liability Company "Amirit", 2023. - С. 172-180.

6. Abdrazakov, F. K. Covering irrigation canals with innovative concrete cloth and adaptive ways of their operation / F. K. Abdrazakov, A. A. Rukavishnikov, E. E. Safin // Reclamation and Water Management. - 2023. - № 2. - C. 32-36.

7. Rukavishnikov, A.A. Technological features of covering irrigation canals with concrete cloth / A.A. Rukavishnikov // Problems and prospects of development of construction, heating and gas supply and energy supply: Proceedings of the VIII National Conference with international participation, Saratov, November 15-16, 2018 / Edited by F.K. Abdrazakov. - Saratov: Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. N.I. Vavilov, 2018. - C. 275-280.

8. Spetstekhnika: Tractors and machinery: [Electronic resource]. M., 2022. URL: <https://agro-tm.ru>. (Date of reference: 21.10.2022).

9. Characteristics of Concrete Canvas [Electronic resource] // Concrete Canvas Concrete Canvas in Russia. M., 2012-2018. - Mode of access: <http://uccr.su>. (date of circulation: 2.05.2018).

Научная статья

УДК 631,6

**Ф.К. Абдразаков, Э.Э. Сафин**

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## **ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ УСТРАНЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ОБЛИЦОВАННЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИХ РЕМОНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Аннотация.** В работе рассматриваются основные дефекты, возникающие при эксплуатации облицованных оросительных каналов. Приводятся примеры путей устранения дефектов и разрушений оросительных каналов.

**Ключевые слова:** орошение, оросительный канал, дефекты облицованных оросительных каналов, композитный материал, противотрационная облицовка.

**F.K. Abdrazakov, E.E. Safin**

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## **INNOVATIVE METHODS OF ELIMINATING DEFECTS IN LINED IRRIGATION CANALS AND IMPROVING THE EFFICIENCY OF THEIR REPAIR USING COMPOSITE MATERIALS**

**Annotation.** The paper considers the main defects that occur during the operation of lined irrigation canals. Examples of ways to eliminate defects and destructions of irrigation canals are given.

**Keywords:** irrigation, irrigation canal, defects of lined irrigation canals, composite material, anti-filtration cladding.

**Введение.** Орошение сельскохозяйственных культур играет важную роль в обеспечении высоких и стабильных урожаев по всей России. В настоящее время протяженность водопроводящих сооружений в федеральной собственности составляет более 23 тыс. км, и около 20 % из них облицованы. Продолжительность службы этих сооружений составляет от 40 до 70 лет [1]. Качество проводимых мероприятий и используемые технологии имеют прямое влияние на уровень сельскохозяйственной продукции. Для обеспечения эффективной работы оросительных систем необходимо поддерживать транспортирующую и водопроводящую функции каналов.

Использование разнообразных облицовочных материалов позволяет обеспечить безопасную и эффективную эксплуатацию оросительных каналов, что важно для обеспечения высокой производительности оросительной сети [2].

**Целью исследования является.** Исследование и подбор современных композитных материалов, способствующих улучшению процесса восстановления облицованных оросительных каналов.

**Методика исследований.** Цели и задачи натуральных исследований достигались посредством организации системы постоянных и непрерывных визуально-инструментальных наблюдений, обеспечивающих получение качественной и достоверной информации в необходимых объемах. При проведении исследования использовался метод эмпирического познания, который послужил синтезом для теоретического анализа литературы дедуктивным методом. Теоретический метод включал в себя реферирование, конспектирование и цитирование общих и специальных научных трудов ученых по данному наукоёмкому направлению.

**Результаты исследования.** Проведенный анализ показал, что длительное использование каналов приводит к различным дефектам противофильтрационной облицовки (рисунок 1). Отсутствие своевременного, периодического обслуживания гидротехнических систем (ГТС) приводит к распространению растительности и ухудшению показателей канала, что может привести к снижению урожая, повышению фильтрации оросительной воды и экономическим потерям (рисунок 2). Для предотвращения этого проводятся профилактические работы, включая использование современных композитных материалов для борьбы с дефектами. Эти материалы опережают своих конкурентов по ряду показателей.

На наш взгляд дешевым и эффективным материалом для устранения дефектов облицовки оросительных каналов являются композитные материалы. В качестве примера можно привести следующие материалы: Один из самых распространенных геосинтетиков – геотекстиль дорнит. Это нетканый материал, изготовленный из полимерных или полиэфирных волокон иглопробивным методом. Дорнит – незаменимый материал в различных отраслях народного хозяйства. Материал обладает такими ценными качествами, как механическая прочность, устойчивость к любым деформациям, отличные фильтрующие свойства, химическая стойкость. Может эффективно использоваться в любой климатической зоне. Он не гниет, не подвержен воздействию плесени, насекомых и грызунов, к прорастанию корней растений. Немаловажно и то, что геотекстиль устойчив к повреждениям во время укладки. Это экологически безопасный материал, поэтому его без опаски можно применять на различных участках [4].



Рисунок 1. Дефекты противодиффузионной облицовки канала

На наш взгляд дешевым и эффективным материалом для устранения дефектов облицовки оросительных каналов являются композитные материалы. В качестве примера можно привести следующие материалы: Один из самых распространенных геосинтетиков – геотекстиль дорнит. Это нетканый материал, изготовленный из полимерных или полиэфирных волокон иглопробивным методом. Дорнит – незаменимый материал в различных отраслях народного хозяйства. Материал обладает такими ценными качествами, как механическая прочность, устойчивость к любым деформациям, отличные фильтрующие свойства, химическая стойкость. Может эффективно использоваться в любой климатической зоне. Он не гниет, не подвержен воздействию плесени, насекомых и грызунов, к прорастанию корней растений. Немаловажно и то, что геотекстиль устойчив к повреждениям во время укладки. Это экологически безопасный материал, поэтому его без опаски можно применять на различных участках [4]

Тканый геотекстиль Геоспан ТН производится на ткацком оборудовании из прочных полипропиленовых нитей, основой для которых является первичное высококачественное сырье. Благодаря отработанной технологии производства, сырьевой составляющей, материалы обладают высокой прочностью, низким удлинением, отличные фильтрующие свойства что позволяет применять материалы во многих сферах [6].





Рисунок 2. Распространение растительности на противофильтрационной облицовке канала

Еще одним способом ремонта бетонных облицовок, каналов оросительных систем является применение наплавляемых мембран, одной из которых является «Теганар». Данный материал представляется собой однослойную систему подобранных материалов для гидроизоляции подземных и наземных инженерных сооружений, находящихся под постоянным воздействием воды [3].

Современные геомембраны из ПВД и ПНД обладают необходимой прочностью, морозоустойчивостью, высокой сопротивляемостью прокалыванию, химической стойкостью, гибкостью и долговечностью. Ширина рулона стандартизированной геомембраны составляет 6-7 м, что сокращает количество сварных швов до минимума. Процесс сварки практически полностью автоматизирован, обеспечивая экономичность монтажа и повышая технологичность конструкций. Использование геомембран толщиной 1-3 мм для противофильтрационных устройств в гидротехническом строительстве свидетельствует об их высокой эффективности, превосходящей традиционные конструкции из полиэтиленовой пленки (ПЭ) толщиной 0,2 мм более чем на два порядка [6].



Рисунок 3. Облицованный геосинтетической мембраной оросительный канал

Для полимерного подслоя рекомендуется использовать трехслойную геомембранную пленку HDPE (High Density Polyethylene), или аналогичный материал. Такие геомембраны отличаются высокой устойчивостью к коррозии и водонепроницаемостью, обладают высокой механической прочностью, инертны к кислотам и щелочам, а также устойчивы к температурным колебаниям [5]

Для варианта облицовки на противофильтрационный элемент из геомембраны укладывается непосредственно на подготовленное основание с частицами более 10 мм, во избежание проколов и вмятин геомембраны, используется предварительно уложенная защитная прокладка из геотекстиля. Для защиты геомембраны от повреждений при укладке бетонного покрытия сверху предусматривается защитная прокладка из геотекстиля плотностью от 400 до 1000 г/м<sup>2</sup>. Указанные конструкции облицовок обеспечивают высокий противофильтрационный эффект и значительный срок службы до 75 лет. Кроме того, они придают облицовке наименьшую шероховатость поверхности, что обеспечивает высокую пропускную способность русел каналов [6]

Конструкции облицовок с геомембраной и защитным покрытием из грунта рекомендуется использовать на гидротехнических сооружениях с низкой устойчивостью и низкой пучинистостью грунтов, где максимальное просадка не превышает 0,4 м. Для данного варианта конструкции следует исключить наличие частиц размером более 10 мм в основании. Эти конструкции обладают высокой деформационной способностью, и прогнозируемый срок службы грунтопленочной облицовки с применением геомембран составляет от 50 до 75 лет [6]

Конструкции облицовок с геомембраной и защитным покрытием из каменной наброски предназначены для применения на каналах, водоемах и накопителях с различными типами оснований, включая как

среднеустойчивые, так и неустойчивые, с возможной просадкой более 0,2-0,4 м. Благодаря наличию защитного покрытия из каменной наброски, обладающего высокой гибкостью и способного подстраиваться под деформации основания без нарушения, данные конструкции обеспечивают надежную работу при значительных деформациях до 0,5-0,7 м. Начальная шероховатость поверхности облицовки, характерная для первых лет эксплуатации, будет постепенно снижаться в результате кольматации и заиления каменной наброски, и спустя 5-10 лет эксплуатации станет сопоставимой с шероховатостью земляных русел каналов [6]

Для конструкции облицовки используется геомембрана из полиэтилена высокой плотности низкого давления (HDPE) в сочетании с георешеткой, обладающей перфорированными стенками. Ячейки георешетки заполняются гравием на 2/3 высоты и торкретбетоном на 1/3 высоты, что снижает шероховатость поверхности и предотвращает вымыв гравия. Эта конструкция подходит для применения на средне и сильно просадочных основаниях, с коэффициентом заложения откоса не менее 1:3. По сравнению с традиционной грунтопленочной облицовкой, данная конструкция позволяет сократить толщину защитного покрытия до 0,15-0,3 м и, следовательно, объем земляных работ, кроме того, эта облицовка отличается высокой гибкостью [6]

Полимерный композиционный материал на основе жидкой резины может быть применен для восстановления различных повреждений (трещин, деформационных швов, локальных и других дефектов) бетонных облицовок каналов в системах гидромелиорации. Использование жидкой резины направлено на повышение эффективности ремонта различных повреждений бетонных облицовок каналов в гидромелиоративных системах [7]

**Заключение.** Внедрение высокотехнологичных композитных материалов для ремонта противофильтрационных покрытий вызывает интерес у потенциальных потребителей. Эти материалы обладают значительной прочностью, долговечностью, экологичностью и экономичностью. Их использование также позволяет исключить потери и фильтрацию оросительной воды, что в свою очередь повышает эффективность облицовочных покрытий и КПД оросительной сети в целом. Это способствует повышению эффективности функционирования каналов и обеспечивает их бесперебойную и стабильную работу.

#### **Список использованной литературы.**

1. Абдразаков, Ф. К. Оросительные каналы зарастают кустарником / Ф. К. Абдразаков, Д. А. Соловьев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2000. – № 2. – С. 11-12.
2. Абдразаков Ф.К. Ресурсосберегающие технологии и машины для интенсификации мелиоративного производства // Ф.К. Абдразаков / ФГБОУ ВО Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. – Саратов, 2019. – 164 с.
3. Гарбуз, А. Ю. Технология ремонта бетонных облицовок каналов битумно-полимерной мастикой / А. Ю. Гарбуз, В. Ф. Талалаева // Мелиорация



и гидротехника. – 2021. – Т. 11. – № 3. – С. 299-313. – DOI 10.31774/2712-9357-2021-11-3-299-313.

4. Колганов, А. В. Противофильтрационные облицовки каналов с использованием геосинтетических материалов / А. В. Колганов, Ю. М. Косиченко, Е. О. Скляренко // Мелиорация и гидротехника. – 2022. – Т. 12. – № 3. – С. 210-226.

5. Пряничникова В. В., Бикбулатов И. Х., Бахонина Е. И. Рекультивация нефтешламowych амбаров с использованием геомембранной пленки и нефтезагрязненных почв // Баш. хим. ж. 2013. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rekultivatsiya-nefteshlamovyh-ambarov-s-ispolzovaniem-geomembrannoy-plenki-i-neftezagryaznennyh-pochv>.

6. Чернов Михаил Александрович. Конструкции защитных облицовок каналов и водоемов с применением геосинтетических материалов // Мелиорация и гидротехника, 2011. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/konstruktsii-zaschitnyh-oblitsovok-kanalov-i-vodoemov-s-primeneniem-geosinteticheskikh-materialov>.

7. <https://geospan.gexa.ru/materialy/geospantn/?yclid=3852855183104802815>

### References.

1. Abdrazakov, F. K. Irrigation canals overgrown with shrubs / F. K. Abdrazakov, D. A. Solovyov // Melioration and water management. – 2000. – No. 2. – pp. 11-12.

2. Abdrazakov F.K. Resource-saving technologies and machines for intensification of reclamation production // F.K. Abdrazakov / Saratov State Agrarian University N.I. Vavilov University. – Saratov, 2019. – 164 p.

3. Kolganov, A.V. Antifiltration lining of channels using geosynthetic materials / A.V. Kolganov, Yu. M. Kosichenko, E. O. Sklyarenko // Land reclamation and hydraulic engineering. – 2022. – vol. 12. – No. 3. – pp. 210-226.

4. <https://geospan.gexa.ru/materialy/geospantn/?yclid=3852855183104802815>

5. Garbuz, A. Yu. Technology of repair of concrete channel linings with bitumen-polymer mastic / A. Yu. Garbuz, V. F. Talalaeva // Land reclamation and hydraulic engineering. - 2021. – vol. 11. – No. 3. – pp. 299-313. – DOI 10.31774/2712-9357-2021-11-3-299-313.

6. Chernov Mikhail Alexandrovich. Constructions of protective linings of canals and reservoirs using geosynthetic materials // Melioration and Hydraulic Engineering, 2011.no.3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/konstruktsii-zaschitnyh-oblitsovok-kanalov-i-vodoemov-s-primeneniem-geosinteticheskikh-materialov>.

7. Pryanichnikova V. V., Bikbulatov I. H., Bakhonina E. I. Recultivation of oil sludge barns using geomembrane film and oil-contaminated soils // Bash. chemical. zh. 2013. No.1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rekultivatsiya-nefteshlamovyh-ambarov-s-ispolzovaniem-geomembrannoy-plenki-i-neftezagryaznennyh-pochv>.

Научная статья  
УДК 626.01

*О.В. Михеева, Е.Н. Миркина, Т.А. Панкова, С.С. Орлова*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## АВАРИИ НА ОБЪЕКТАХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

**Аннотация.** В статье представлены основные понятия аварии на гидротехнических сооружениях и причины их вызывающие.

**Ключевые слова:** гидротехнические сооружения, авария, декларация безопасности, плотина.

*O.V. Mikheeva, E.N. Mirkina, T.A. Pankova, S.S. Orlova*

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## ACCIDENTS AT HYDRAULIC CONSTRUCTION SITES

**Annotation.** The article presents the basic concepts of accidents at hydraulic structures and the causes that cause them.

**Key words:** hydraulic structures, accident, safety declaration, dam.

**Введение.** Огромное значение для орошения обводнения и сельскохозяйственного водоснабжения в засушливых условиях имеют аккумулирующие водохранилища, которые позволяют значительно снизить напряженность водного дефицита, выполняя большую социально-экономическую функцию, они вместе с тем относятся к потенциально опасным объектам, аварии на которых могут нанести большой ущерб населенным пунктам, промышленным и сельскохозяйственным предприятиям, окружающей среде.

Основным подпорным элементом аккумулирующих водохранилищ является плотина, от надежной и безопасной работы которой зависит безопасность социально-значимых объектов и жизнь людей, находящихся в зоне влияния водохранилища.

**Методика исследований.** К числу основных причин, которые могут вызвать аварии на гидротехнических сооружениях относятся: природные явления или стихийные бедствия (наводнения, ливни, ураганы, землетрясения обвалы, оползни, паводки, размыв грунтов и т.п.) и техногенные факторы (разрушение конструкций сооружения, эксплуатационно-технические аварии, конструктивные дефекты или ошибки проектирования, нарушение режима

водосбора и др.), а также современные средства поражения (в военное время) и террористические акты [1-4]



Рисунок 1. Пример разрушения гребня плотины

Основным последствием гидродинамической аварии является катастрофическое затопление района, которое является результатом разрушения плотины и состоит из быстрого затопления района ниже по течению прорывной волной и возникновения наводнения.

Катастрофическое наводнение распространяется со скоростью прорывной волны и через некоторое время после прорыва плотины приводит к затоплению обширных территорий слоем воды более 0,5-10 м. Это создает зоны затопления. Таким образом, в Российской Федерации в случае разрушения или аварий на гидротехнических сооружениях (плотинах, дамбах, запрудах, шлюзах и т.д.) погибают десятки миллионов человек, тысячи населенных пунктов, предприятий, сооружений, сельскохозяйственных угодий и т.д. окажутся в зоне затопления. Возможный ущерб от такой гидродинамической аварии в Российской Федерации составит миллиарды рублей.

Недавние катастрофы на реках РФ – прорыв плотины Киселевского водохранилища (Свердловская обл.) на р. Каква в 1993 г. (общий ущерб – 63,3 млрд. руб.), разрушение плотины Тирлянского водохранилища в 1994 г. (Башкортостан) на притоке р. Белой (суммарный ущерб 52,3 млрд. руб.), наводнение в Приморье (сентябрь 1994 г.), в Якутии (1999 г. и 2001 г.). Наводнение в Краснодарском крае (июль 2002 г.) привело к разрушению его гидроузла, унесло жизни 114000 человек и причинило материальный ущерб на сумму в 15 млрд. руб. [3, 6, 15]. Прорыв плотины Горьковской ГРЭС представляет опасность как для г. Н.Новгорода, так и для области. При прорыве плотины ГРЭС возможно образование зоны катастрофического затопления с общей площадью 1210 км<sup>2</sup>, в которую частично попадают 5 городов и 61 населенный пункт с численностью населения 188600 человек. Высота подъема воды в г. Н.Новгороде составит 0,3-1,9м. Частично подтапливаются Сормовский и Московский районы. Время прихода волны прорыва к г. Н.Новгороду – 3,5ч. Время наступления максимального уровня

воды в городе – 48-51ч, время спада воды до нормального уровня – 10-12 суток. Высота подъема воды у плотины ГРЭС – 15-17м [7]

В большинстве случаев разрушения плотин происходят во время их строительства или в процессе эксплуатации - в течение 5 - 7 лет после заполнения водохранилища. За это время дефекты конструкции проявляются в полной мере, режим фильтрации и деформации сооружения стабилизируются. Затем наступает длительный период (около 40-50 лет), в течение которого несчастные случаи маловероятны. После этого риск аварийной ситуации снова возрастает.

За последние 10 – 15 лет на водохозяйственных объектах России отмечается нарастание опасности возникновения аварийных ситуаций в связи с общим падением уровня надзора за их безопасностью, сокращением объемов и снижением качества ремонтных работ. Поэтому не случайно проблема безопасности гидротехнических сооружений возведена в ранг государственной. Об этом свидетельствуют принятые Федеральный закон № 117-РФ от 21.07.97 г. «О безопасности гидротехнических сооружений» (сооружения I – IV классов капитальности с напором водохранилища более 3 м и объемом более 0,5 млн. м<sup>3</sup>) и постановления Правительства № 1320 от 16.10.97 г. «Об организации государственного надзора за безопасностью гидротехнических сооружений» и № 1303 от 06.11.98 г. «Об утверждении положения о декларировании безопасности гидротехнических сооружений». В положении указано, что декларация безопасности является основным документом, обосновывающим безопасность гидротехнических сооружений, их соответствие критериям безопасности, проекту, действующим техническим нормам и правилам, и определяющим характер и масштаб возможных аварийных ситуаций и меры по безопасной эксплуатации [5-12]



Рисунок 2. Пример затопления нижнего бьефа в результате размыва низового откоса

**Заключение.** Подавляющее большинство гидротехнических сооружений мелиоративного назначения не входит в сферу надзора, поскольку

это, как правило, мелкие сооружения IV класса капитальности с напором менее 3 м, декларации безопасности на которые не распространяются. Однако необходимо иметь в виду, что данные сооружения в соответствии с Законом «О безопасности гидротехнических сооружений» также могут быть опасны: из-за неправильного влияния на окружающую среду и хозяйственные объекты.

Мелиоративные системы следует рассматривать как сложные социально-экономические комплексы и гаранты высоких устойчивых урожаев в зонах рискованного земледелия, поэтому их стабильное и безаварийное функционирование представляется серьезной народно-хозяйственной задачей.

### Список использованной литературы.

1. Абдразаков, Ф. К. Обследование гидротехнических сооружений Ахмато-Лавровского водохранилища Краснокутского муниципального района Саратовской области при оценке их безопасности / Ф. К. Абдразаков, О. В. Михеева // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 7. – С. 74-78. – DOI 10.28983/asj. y2021i7pp74-78. – EDN OGYLPI.

2. Михеева, О. В. К Вопрос о расчете ущерба в результате аварии на гидротехническом сооружении / О. В. Михеева, С. С. Орлова // Аграрный научный журнал. – 2014. – № 9. – С. 38-42. – EDN SPKFMJ.

3. Wave breakthrough factor in dam destruction / O. Goncharova, Y. Bunina, M. Gaidukova [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Rostov-On-Don, 20–22 октября 2020 года. – Rostov-On-Don, 2020. – P. 012099. – DOI 10.1088/1757-899X/1001/1/012099. – EDN BIZEYJ.

4. Абдразаков, Ф. К. Расчет вероятного вреда в случае аварии гидротехнических сооружений водохранилища на овраге "Большой" (пруд Зеркальный) / Ф. К. Абдразаков, О. В. Михеева, А. В. Кравчук // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 9. – С. 81-85. – DOI 10.28983/asj. y2022i9pp81-85. – EDN ETZGOU.

5. Абдразаков, ф.к. Исследование эксплуатационного состояния и оценка вероятного вреда при разрушении плотины на пруду "казенный" дергачевского района саратовской области [Текст] / Абдразаков Ф.К., Михеева О.В. // Аграрный научный журнал. 2020. № 3. С. 66-69.

6. Михеева, О. В. Эксплуатационная надежность мелиоративных гидротехнических сооружений. Действия специалистов для предотвращения чрезвычайной ситуации / О. В. Михеева // Опорный образовательный центр: Учебное пособие: сборник кейсов за 2021 год по развитию цифровых компетенций, обучающихся по программам среднего профессионального и высшего образования. Том 3. – Казань: Автономная некоммерческая организация высшего образования "Университет Иннополис", 2021. – С. 93-96. – EDN AGDVKI.

7. Тинасилов, м.д. Мировой опыт управления водными ресурсами: инновация водообеспечения и водосбережения. url: [www.sawater-info.net](http://www.sawater-info.net)

8. Schuck E., Green G. (2002): Supply Based Water Pricing in a Conjunctive Use System: Implications for Resource and Energy Use // *Resource and Energy Econ.* Vol. 24. № 3. P. 175–192.
9. Chakravorty U., Magné B., Moreaux M. (2006): A Hotelling Model with A Ceiling On the Stock of Pollution// *Journal of Econ. Dynamics and Control.* Vol. 30. № 12. P. 2875–2904.
10. Chakravorty U., Umetsu Ch. (2003): Basinwide Water Management: A Spatial Model // *Journal of Environmental Econ. and Management.* Vol. 45. № 1. P. 1–23.
11. Ding Y., R. Song (2006): Effects on Non Renewable Resource Exploitation, a Dynamic Comparative Model // *Asian Social Science.* Vol. 2. № 12. P. 36–40.
12. Мухамедшин Э. Р., Корнюшин П. С. Методика оценки эксплуатационной надежности гидротехнических сооружений // *Технические и естественные науки: актуальные исследования и инновационные разработки: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 22 апреля 2020г.: Белгород: ООО Агентство перспективных научных исследований (АПНИ), 2020. С. 56-58. URL:*

#### **References.**

1. Abdrazakov, F. K. Inspection of hydraulic structures of the Akhmatov-Lavrovsky reservoir of the Krasnokutsk municipal district of the Saratov region when assessing their safety / F. K. Abdrazakov, O. V. Mikheeva // *Agricultural Scientific Journal.* – 2021. – No. 7. – P. 74-78. – DOI 10.28983/asj. y2021i7pp74-78. – EDN OGYLPI.
2. Mikheeva, O. V. On the issue of calculating damage as a result of an accident at a hydraulic structure / O. V. Mikheeva, S. S. Orlova // *Agricultural Scientific Journal.* – 2014. – No. 9. – P. 38-42. – EDN SPKFMJ.
3. Wave breakthrough factor in dam destruction / O. Goncharova, Y. Bunina, M. Gaidukova [et al.] // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Rostov-On-Don, October 20–22, 2020. – Rostov-On-Don, 2020. – P. 012099. – DOI 10.1088/1757-899X/1001/1/012099. – EDN BIZEYJ.*
4. Abdrazakov, F. K. Calculation of probable harm in the event of an accident of hydraulic structures of the reservoir on the Bolshoy ravine (Zerkalny pond) / F. K. Abdrazakov, O. V. Mikheeva, A. V. Kravchuk // *Agricultural Scientific Journal.* – 2022. – No. 9. – P. 81-85. – DOI 10.28983/asj. y2022i9pp81-85. – EDN ETZGOU.
5. Abdrazakov, F.K. Study of operational condition and assessment of probable harm in the destruction of the dam at the kazenny pond of dergachevsky district of the saratov region [Text] / Abdrazakov F.K., Mikheeva O.V. // *Agrarian scientific journal.* 2020. No. 3. P. 66-69.
6. Mikheeva, O. V. Operational reliability of reclamation hydraulic structures. Actions of specialists to prevent an emergency / O. V. Mikheeva // *Supporting educational center: Textbook: a collection of cases for 2021 on the development of digital competencies of students in secondary vocational and higher*

education programs. Volume 3. - Kazan: Autonomous non-profit organization of higher education "Innopolis University", 2021. - P. 93-96. – EDN AGDVKI.

7. Tinasilov, M.D. World experience in water resources management: innovation of water supply and water saving. url: [www.cawater-info.net](http://www.cawater-info.net)

8. Schuck E., Green G. (2002): Supply Based Water Pricing in a Conjunctive Use System: Implications for Resource and Energy Use // Resource and Energy Econ. Vol. 24. No. 3. P. 175–192.

9. Chakravorty U., Magné B., Moreaux M. (2006): A Hotelling Model with A Ceiling On the Stock of Pollution // Journal of Econ. Dynamics and Control. Vol. 30. No. 12. P. 2875–2904.

10. Chakravorty U., Umetsu Ch. (2003): Basinwide Water Management: A Spatial Model // Journal of Environmental Econ. and Management. Vol. 45. No. 1. P. 1–23.

11. Ding Y., R. Song (2006): Effects on Non Renewable Resource Exploitation, a Dynamic Comparative Model // Asian Social Science. Vol. 2. No. 12. P. 36–40.

12. Mukhamedshin E. R., Kornushin P. S. Method of assessing the operational reliability of hydraulic structures // Technical and natural sciences: current research and innovative developments: collection of scientific papers based on the materials of the International Scientific and Practical Conference on April 22, 2020.: Belgorod: LLC Agency for Advanced Scientific Research (APNI), 2020. pp. 56-58. URL.

Научная статья

УДК 626.01

***О.В. Михеева, Е.Н. Миркина***

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

**Аннотация.** В статье представлены основные принципы оценки состояния гидротехнических сооружений, рассмотрены критерии оценки безопасности и надежности гидротехнических сооружений.

**Ключевые слова:** гидротехнические сооружения, отказ, разрушение, надежность, безопасная работа.

***O.V. Mikheeva, E.N. Mirkina***

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## **ASSESSMENT OF THE CONDITION OF HYDRAULIC STRUCTURES**

**Annotation.** The article presents the basic principles for assessing the condition of hydraulic structures, and considers the criteria for assessing the safety and reliability of hydraulic structures.

**Keywords:** hydraulic structures, failure, destruction, reliability, safe operation.

***Введение.*** Огромные средства, направленные на мелиорацию земель, можно использовать с максимальной эффективностью только при условии, если будет организована правильная технически совершенная эксплуатация гидротехнических сооружений.

Гидротехнические сооружения представляют собой сложные технические системы, которые оказывают значительное влияние на формирование хозяйственного и культурного облика целого района, преобразуют их природные условия. Любое гидротехническое сооружение подвержено воздействиям различных факторов, снижающий его работоспособность и эксплуатационную надежность.

Самая рациональная компоновка гидроузла может оказаться малоэффективной, если гидроузел не будет эксплуатироваться на достаточно высоком уровне, только рациональная эксплуатация позволит максимально использовать все возможности, заложенные в проекте, учесть результаты обследования гидроузла, выполнить анализ аварийных ситуаций на



аналогичных водоподпорных гидроузлах, обеспечить безопасность и надежность гидротехнических сооружений (ГТС).

Поэтому с ростом размеров и числа гидротехнических сооружений своевременное выявление возможных отклонений от нормального режима эксплуатации гидротехнических сооружений приобретает, особую актуальность. В период эксплуатации необходимо своевременно предупредить возникновение повреждений, выявить отказы и их ликвидировать.

**Методика исследований.** Отказ или авария – это событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния сооружения. Под этим термином может пониматься такие разные понятия как разрушение и повреждение сооружения. Разрушение – это нарушение монолитности сооружения в результате превышения действующими напряжениями прочности материала, в результате которого возникает гидродинамическая авария, являющаяся причиной гибели и травмирования населения. В то время как повреждение – это событие, заключающееся в нарушении исправного состояния сооружения при сохранение его в работоспособном состоянии. Своевременная диагностика и ликвидация повреждения предотвратит наступление разрушения.

Надежность гидротехнических сооружений определяется их безопасностью, долговечностью и ремонтпригодностью.

Для гидротехнических сооружений устанавливаются два уровня критериев безопасности в виде количественных и качественных показателей состояния и условий эксплуатации ГТС. При специальном обосновании допускается устанавливать один уровень критериев безопасности, определяемых по количественным показателям при основном сочетании нагрузок [1-4].

Оперативную оценку эксплуатационного состояния сооружения и его безопасности следует осуществлять путем сравнения измеренных или вычисленных на основе измерений значений количественных контролируемых показателей, а также качественных показателей с соответствующими критериями безопасности.

Увеличение (уменьшение) фактического (измеренного на сооружении) значения одного или нескольких контролируемых показателей по отношению к соответствующим критериям безопасности 1-го уровня будет указывать на то, что состояние ГТС не отвечает требованиям действующих строительных норм и правил, правилам безопасной эксплуатации ГТС по условиям нормальной эксплуатации в проектном режиме.

Увеличение (уменьшение) фактического (измеренного на сооружении) значения одного или нескольких показателей по отношению к соответствующим критериям безопасности 2-го уровня говорит о наступлении состояния, при котором дальнейшая эксплуатация ГТС в проектном режиме является нарушением Федерального закона "О безопасности гидротехнических сооружений".

Измерительная система, а также контролируемые показатели состояния ГТС должны отвечать следующим условиям:

- измерение значений количественных показателей эксплуатационного состояния ГТС должно осуществляться приборами, имеющими минимальную погрешность;

- контролируемый показатель должен определяться с помощью статистической или расчетной прогнозных моделей [5-12].

Контроль и наблюдения за показателями состояния ГТС и условий его эксплуатации проводятся службами эксплуатации собственника ГТС, экспертной организацией в соответствии с заданными в проектной и эксплуатационной документации, а также в проекте мониторинга безопасности ГТС программой и периодичностью по всем объектам мониторинга, обоснованным в данных документах.

Периодически не реже одного раза в 5 лет обследование ГТС проводится комиссией, состоящей из представителей служб эксплуатации собственника, проектной и (или) экспертной организации, представителя территориального органа Госгортехнадзора России. При обследовании ГТС, руководствуясь проектной документацией, сопоставлением критериев безопасности показателей состояния ГТС с фактическими их значениями, правилами эксплуатации ГТС, фактическим состоянием сооружения после рассмотрения и обсуждения результатов обследования, комиссия дает оценку эксплуатационному состоянию ГТС, которая должна отражать его (ГТС) реальное состояние.

**Заключение.** Таким образом, комплексная оценка безопасности ГТС, наряду с оценкой эксплуатационного состояния на основе сравнения фактических значений контролируемых показателей состояния ГТС с соответствующими критериями безопасности, включает оценку уровня риска аварии, которая, как правило, дается в декларации безопасности ГТС.

#### **Список использованной литературы.**

1. Абдразаков, Ф. К. Обследование гидротехнических сооружений Ахмато-Лавровского водохранилища Краснокутского муниципального района Саратовской области при оценке их безопасности / Ф. К. Абдразаков, О. В. Михеева // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 7. – С. 74-78. – DOI 10.28983/asj. y2021i7pp74-78. – EDN OGYLPI.

2. Михеева, О. В. К вопросу о расчете ущерба в результате аварии на гидротехническом сооружении / О. В. Михеева, С. С. Орлова // Аграрный научный журнал. – 2014. – № 9. – С. 38-42. – EDN SPKFMJ.

3. Wave breakthrough factor in dam destruction / O. Goncharova, Y. Bunina, M. Gaidukova [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Rostov-On-Don, 20–22 октября 2020 года. – Rostov-On-Don, 2020. – P. 012099. – DOI 10.1088/1757-899X/1001/1/012099. – EDN BIZEYJ.

4. Абдразаков, Ф. К. Расчет вероятного вреда в случае аварии гидротехнических сооружений водохранилища на овраге "Большой" (пруд Зеркальный) / Ф. К. Абдразаков, О. В. Михеева, А. В. Кравчук // Аграрный

научный журнал. – 2022. – № 9. – С. 81-85. – DOI 10.28983/asj. y2022i9pp81-85. – EDN ETZGOU.

5. Абдразаков, Ф.К. Исследование эксплуатационного состояния и оценка вероятного вреда при разрушении плотины на пруду "казенный" дергачевского района саратовской области [Текст] / Абдразаков Ф.К., Михеева О.В. // Аграрный научный журнал. 2020. № 3. С. 66-69.

6. Михеева, О. В. Эксплуатационная надежность мелиоративных гидротехнических сооружений. Действия специалистов для предотвращения чрезвычайной ситуации / О. В. Михеева // Опорный образовательный центр: Учебное пособие: сборник кейсов за 2021 год по развитию цифровых компетенций, обучающихся по программам среднего профессионального и высшего образования. Том 3. – Казань: Автономная некоммерческая организация высшего образования "Университет Иннополис", 2021. – С. 93-96. – EDN AGDVKI.

7. Тинасилов, М.Д. Мировой опыт управления водными ресурсами: инновация водообеспечения и водосбережения. URL: [www.cawater-info.net](http://www.cawater-info.net)

8. Schuck E., Green G. (2002): Supply Based Water Pricing in a Conjunctive Use System: Implications for Resource and Energy Use // Resource and Energy Econ. Vol. 24. № 3. P. 175–192.

9. Chakravorty U., Magné B., Moreaux M. (2006): A Hotelling Model with A Ceiling On the Stock of Pollution// Journal of Econ. Dynamics and Control. Vol. 30. № 12. P. 2875–2904.

10. Chakravorty U., Umetsu Ch. (2003): Basinwide Water Management: A Spatial Model // Journal of Environmental Econ. and Management. Vol. 45. № 1. P. 1–23.

11. Ding Y., R. Song (2006): Effects on Non Renewable Resource Exploitation, a Dynamic Comparative Model // Asian Social Science. Vol. 2. № 12. P. 36–40.

12. Мухамедшин Э. Р., Корнюшин П. С. Методика оценки эксплуатационной надежности гидротехнических сооружений // Технические и естественные науки: актуальные исследования и инновационные разработки: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 22 апреля 2020г.: Белгород: ООО Агентство перспективных научных исследований (АПНИ), 2020. С. 56-58. URL:

### References.

1. Abdrazakov, F. K. Inspection of hydraulic structures of the Akhmatov-Lavrovsky reservoir of the Krasnokutsk municipal district of the Saratov region when assessing their safety / F. K. Abdrazakov, O. V. Mikheeva // Agricultural Scientific Journal. – 2021. – No. 7. – P. 74-78. – DOI 10.28983/asj. y2021i7pp74-78. – EDN OGYLPI.

2. Mikheeva, O. V. On the issue of calculating damage as a result of an accident at a hydraulic structure / O. V. Mikheeva, S. S. Orlova // Agricultural Scientific Journal. – 2014. – No. 9. – P. 38-42. – EDN SPKFMJ.

3. Wave breakthrough factor in dam destruction / O. Goncharova, Y. Bunina, M. Gaidukova [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Rostov-On-Don, October 20–22, 2020. – Rostov-On-Don, 2020. – P. 012099. – DOI 10.1088/1757-899X/1001/1/012099. – EDN BIZEYJ.
4. Abdrazakov, F. K. Calculation of probable harm in the event of an accident of hydraulic structures of the reservoir on the Bolshoy ravine (Zerkalny pond) / F. K. Abdrazakov, O. V. Mikheeva, A. V. Kravchuk // Agricultural Scientific Journal. – 2022. – No. 9. – P. 81-85. – DOI 10.28983/asj. y2022i9pp81-85. – EDN ETZGOU.
5. Abdrazakov, F.K. Study of operational condition and assessment of probable harm in the destruction of the dam at the kazenny pond of dergachevsky district of the saratov region [Text] / Abdrazakov F.K., Mikheeva O.V. // Agrarian scientific journal. 2020. No. 3. P. 66-69.
6. Mikheeva, O. V. Operational reliability of reclamation hydraulic structures. Actions of specialists to prevent an emergency / O. V. Mikheeva // Supporting educational center: Textbook: a collection of cases for 2021 on the development of digital competencies of students in secondary vocational and higher education programs. Volume 3. - Kazan: Autonomous non-profit organization of higher education "Innopolis University", 2021. - P. 93-96. – EDN AGDVKI.
7. Tinasilov, M.D. World experience in water resources management: innovation of water supply and water saving. url: [www.cawater-info.net](http://www.cawater-info.net)
8. Schuck E., Green G. (2002): Supply Based Water Pricing in a Conjunctive Use System: Implications for Resource and Energy Use // Resource and Energy Econ. Vol. 24. No. 3. P. 175–192.
9. Chakravorty U., Magné B., Moreaux M. (2006): A Hotelling Model with A Ceiling On the Stock of Pollution // Journal of Econ. Dynamics and Control. Vol. 30. No. 12. P. 2875–2904.
10. Chakravorty U., Umetsu Ch. (2003): Basinwide Water Management: A Spatial Model // Journal of Environmental Econ. and Management. Vol. 45. No. 1. P. 1–23.
11. Ding Y., R. Song (2006): Effects on Non Renewable Resource Exploitation, a Dynamic Comparative Model // Asian Social Science. Vol. 2. No. 12. P. 36–40.
12. Mukhamedshin E. R., Korniyushin P. S. Method of assessing the operational reliability of hydraulic structures // Technical and natural sciences: current research and innovative developments: collection of scientific papers based on the materials of the International Scientific and Practical Conference on April 22, 2020.: Belgorod: LLC Agency for Advanced Scientific Research (APNI), 2020. pp. 56-58. URL.

Научная статья

УДК 627.81

*С.С. Орлова, Т.А. Панкова, О.В. Михеева, Е.Н. Миркина*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## **АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРУДОВ И МАЛЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ КАК ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

**Аннотация.** В статье рассмотрено влияние прудов и малых водохранилищ на окружающие их природные условия, климат, ландшафты, животный и растительный мир; причины возникновения оползневых явлений в зоне размещения водоемов. Для снижения негативного воздействия на окружающую среду в зоне размещения пруда на реке Большой Узень Краснопартизанского района Саратовской области установили зону промачивания и определили продолжительность промачивания грунтов основания. Установили, что зона промачивания расширяется достаточно плавно с наибольшей интенсивностью на расстоянии 150-190 м от уреза воды на глубине 8-10 м, достигая 15 м слоя за 15,3 суток.

**Ключевые слова:** пруд, водохранилище, водоем, оползень, промачивание, грунт, эрозия.

*S.S. Orlova, T.A. Pankova, O.V. Mikheeva, E.N. Mirkina*

Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## **ANALYSIS OF THE STATE OF PONDS AND SMALL RESERVOIRS AS GEOECOLOGICAL SYSTEMS**

**Abstract.** The article considers the influence of ponds and small reservoirs on the surrounding natural conditions, climate, landscapes, fauna and flora; the causes of landslide phenomena in the area of reservoirs. To reduce the negative impact on the environment, a soaking zone was established in the area of the pond on the Bolshoy Uzen River in the Krasnopartizansky district of the Saratov region and the duration of soaking of the foundation soils was determined. It was found that the soaking zone expands smoothly enough with the greatest intensity at a distance of 150-190 m from the water's edge at a depth of 8-10 m, reaching 15 m of the layer in 15.3 days.

**Keywords:** pond, reservoir, reservoir, landslide, soaking, soil, erosion.

**Введение.** Пруд - это искусственный водоем для хранения воды с целью водоснабжения, орошения, разведения рыбы и водоплавающих птиц, а также для санитарных и спортивных нужд.

К наиболее важным особенностям водохранилищ и прудов относятся следующие:

- это антропогенные объекты, находящиеся под постоянным контролем человека, но в то же время на них также сильно влияют различные природные факторы, поэтому, как объекты постоянного использования, управления и изучения, они занимают промежуточное положение между "чисто природными" и "чисто техническими" образованиями, что дает право называть их геотехнические системы [1, с. 53];

- это объекты, которые в большинстве случаев оказывают значительное воздействие на окружающую среду, и часто приводят к изменениям природных и экономических условий на прилегающих территориях, что не всегда имеет благоприятные последствия, могут возникнуть и негативные, неблагоприятно влияющие последствия [2, с. 130];

- это объекты, которые характеризуются особыми внутриводными процессами, как гидрологическими, гидрофизико-химическими, так и гидробиологическими;

- это объекты с наибольшим количеством водохозяйственных комплексов, т.е. это водохранилища, которые наиболее интенсивно используются различными отраслями экономики;

- это природные и хозяйственные объекты, которые характеризуются чрезвычайно высоким динамизмом развития (эволюцией).

Проблема чистой воды - это то, что может объединить людей, отличающихся профессией, местом жительства, доходом, национальностью, возрастом и другими характеристиками [3, с. 105]. Абсолютно очевидно, что в современных условиях проблема рационального использования и охраны водных ресурсов приобрела первостепенное значение в связи со значительным антропогенным воздействием на них.

В последние годы экологическое состояние многих водоемов стало неблагоприятным. Одним из видов загрязнения водоемов является антропогенное воздействие. Это негативно сказывается на здоровье населения и приводит к гибели рыбы, водоплавающих птиц и других животных, усыханию и снижению продуктивности растений. Когда органические и минеральные вещества попадают в водоемы, содержащиеся в них азот и фосфор служат пищей для водорослей, которые разрастаются, перекрывают друг другу свет, происходит процесс массового отмирания и гниения. В этом случае может погибнуть вся экосистема водоема. Восстановление водоемов и возвращение их к жизни - непростая работа, а иногда и ювелирная. Водоем необходимо не только возродить, но и постоянно поддерживать его чистоту и экологию.

**Методика исследований.** Пруды и водохранилища оказывают влияние практически на все компоненты литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы, формирующие природную среду прилегающих территорий, то есть на геодинамические условия и рельеф, режим подземных вод, климат, почвы, растительность, животный мир и ландшафт в целом. Влияние водохранилищ, даже самых крупных, на климат распространяется на относительно

небольшую территорию, и это влияние неодинаково в разных природных поясах и зонах. В зоне недостаточного увлажнения этот эффект менее значителен, чем в зоне избыточного увлажнения, где он ощущается сильнее и распространяется на большие площади с менее резкими переходами. Масштаб изменения климата также зависит от рельефа, от параметров водоема, особенно от объема водной массы.

Создание водохранилищ часто приводит к значительным изменениям почвенного и растительного покрова прилегающей прибрежной зоны. Размер территории, на которой происходят изменения почвенного и растительного покрова, может быть, особенно в низинных водоемах [4, с. 57]. В зоне периодического подтопления формируются болотные и торфяно-илистые почвы с высокой степенью заболоченности и высоким содержанием азотистых форм железа. В зоне затопления грунтовые воды подходят близко к поверхности, здесь степень увлажнения почвы определяется не только глубиной залегания грунтовых вод, но и величиной их капиллярного подъема. В зоне умеренного подтопления преобладает процесс так называемого олюгенизации подзолистых почв, когда в них увеличивается содержание гумуса, соединений азота, фосфора, кальция и железа, в верхнем горизонте почв появляются охристые пятна и прожилки и, под воздействием грунтовых вод, имеющих нейтральную реакцию, кислотность в нижнем слое снижается. В зоне слабого подтопления повышается подвижность гуминовых веществ и железа, почва обнажается, на ее поверхности появляются рассеянные пятна и слои зелени. Постоянное затопление территории приводит к полному уничтожению ранее существовавшей наземной растительности, за исключением некоторых видов в районах неглубокого затопления. В зоне постоянного мелководного подтопления и на части территории зоны временного подтопления образуется полоса гидрофильных и гигрофильных ассоциаций. В районах умеренного и слабого подтопления водное и минеральное питание, как правило, улучшается, а прирост древесины иногда увеличивается на 50-70%. Создание водохранилищ вызывает значительные изменения не только во флоре, но и в фауне прилегающих территорий: затопляются территории с различными условиями жизни и обеспеченностью продовольствием [5, с. 37]. Эти изменения неодинаковы в разных географических районах.

Для восстановления малых рек, мелководных речушек, откачки их из крупных рек, прибрежных или водораздельных резервуаров с жидкостью, прудов используется создание чаш, которые обычно используются местными понижениями рельефа. Пруды - это небольшие водоемы в руслах рек. Водоохранилища пойменного типа, построенные на реках, уже относятся к водохранилищам (вместимостью 1 млн куб. м. и более). Видовые различия прудов и водохранилищ обусловлены стадией их эволюции - заилением, зарастанием, облесением берегов, возрастом эксплуатации [6, с. 49]. Пруды заполняют пойму рек, пойменные террасы. Вода, накапливающаяся в прибрежной зоне в результате фильтрации из пруда, уменьшает сток грунтовых вод внутри пруда и используется для насыщения почв зоны

аэрации. При мелководных берегах прудов и водохранилищ и наличии понижений в прибрежной зоне происходит заболачивание и затопление земель. Крутые берега размываются волной, что приводит к обрушениям, оползням и образованию мелководий.

Активизация оползневых явлений может произойти в результате следующих процессов:

- размыв берегов, развитие суффозионных процессов в основаниях склонов;
- снижение прочности горных пород при их увлажнении или растворении вяжущих веществ;
- развитие утяжеляющего давления в нижней части склонного к оползням склона или стабилизация оползня перед заполнением водохранилища;
- увеличение порового давления в массиве горных пород во время их затопления в результате повышения уровня грунтовых вод;
- процессы фильтрации и суффозии в прибрежных массивах;
- эрозия нижней прибрежной части склона или тела оползня со снижением их устойчивости.

Толчком к образованию оползневых явлений может стать увлажнение горных пород в результате повышения влажности воздуха в прибрежной зоне водоема во время выпадения осадков, а также при осаждении водяной пыли, образующейся при эксплуатации плотин.

Наличие оползней в местах строительства водохранилищ может привести не только к искривлению трубчатых водосбросов, разрушению плотин, выходу из строя аварийных каналов, но и к полному "выдавливанию" воды из водохранилищ из-за заполнения их ложей оползшими массами грунта [7, с. 37].

На участке нижнего течения, наиболее близком к сооружениям, эрозия становится преобладающим типом деформации русла реки. Зона эрозии, двигаясь вслед за зоной наносов, постепенно охватывает все большую протяженность ручья, оставляя выше по течению участок более устойчивого, стабилизированного русла, при взаимодействии которого с потоком не происходит существенных деформаций речного дна и значительного насыщения ручья наносами [8, с. 231]. Повышенная устойчивость русла реки в этой зоне обусловлена увеличением глубин из-за эрозии, снижением скорости течения и, как следствие, снижением подвижности донного материала по сравнению с условиями обитания в ненарушенном русле реки.

Характер распространения зоны эрозии зависит от уклона реки, геологического строения ее русла и т.д. При небольших уклонах рек, не очень высоких скоростях течения и больших скоплениях аллювия общая протяженность эрозии развивается относительно медленно. Следовательно, даже при больших глубинах эрозии русла реки снижение уровня воды из-за небольшой протяженности зоны эрозии и небольшого уклона реки оказывается очень незначительным.

Из-за сложного взаимодействия этих факторов необходимо найти



оптимальный вариант размещения прудов и водохранилищ. Для этого необходимо, прежде всего, установить зону промачивания и определить продолжительность промачивания грунтов основания.

Глубина промачивания грунтов основания зависит от глубины пруда  $H_0$ , удельного расхода  $q$ , мощности грунтов основания  $T$ , пористости  $n=0,2$

$$l = \frac{q \cdot T - H_0}{n} \quad (1)$$

Длительность промачивания грунтов зоны аэрации через все слои основания определяется по формуле

$$t = T + \frac{n}{k_\phi} \left[ l_2 - l_1 - H_0 \cdot \ln \left( \frac{H_0 + l_2}{H_0 + l_1} \right) \right], \quad (2)$$

где  $k_\phi$  – усредненный коэффициент фильтрации, м/сут.

Проведен анализ эксплуатационного состояния пруда на реке Большой Узень Краснопартизанского района Саратовской области. Пруд расположен на ровной местности; почвы, слагающие дно пруда, представляют собой перегнойные суглинки мощностью до 4 м, подстилаемые мелкозернистыми песками мощностью до 6 м; третий слой - порошкообразные пески мощностью до 5 м; площадь пруда площадь - 4,3 га; глубина - 2,2 м; грунтовые воды залегают на глубине 7,6 м.

По расчетным данным построены зависимости глубины и продолжительности промачивания грунтов основания от мощности слоев

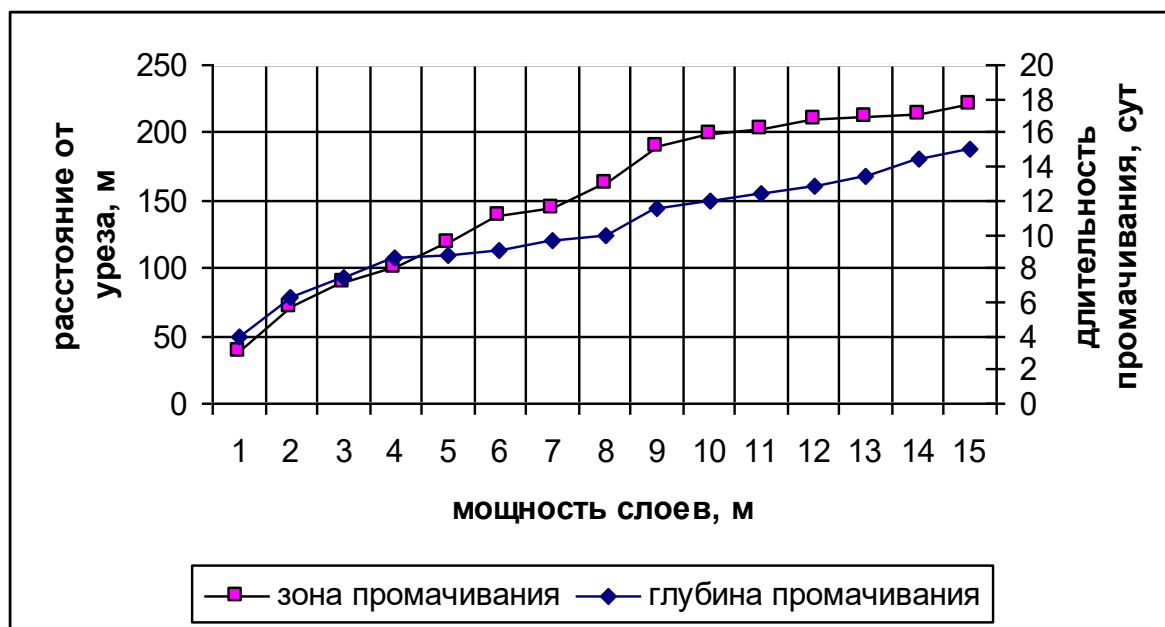


Рисунок 1. Зависимости глубины и длительности промачивания грунтов основания от мощности слоёв

Согласно графикам, зона промачивания расширяется достаточно плавно с наибольшей интенсивностью на расстоянии 150-190 м от уреза воды на глубине 8-10 м, достигая 15 м слоя за 15,3 суток.

После строительства прудов и небольших водохранилищ запас подземных вод в реках уменьшается под влиянием фильтрации воды из них. В то же время уровень грунтовых вод повышается от нуля на границах зоны распределения подпорных вод до величины превышения подпорного горизонта над уровнем грунтовых вод на краю пруда или водохранилища.

**Заключение.** Эксплуатация водохранилищ неизбежно приводит к переформированию берегов. Степень и масштаб такой обработки зависят от интенсивности волнового воздействия, морфологии берегового склона и свойств слагающих его горных пород. Зона переформирования увеличивается с увеличением крутизны склона и переходом от каменистых к некаменистым и неустойчивым породам под воздействием воды и температуры.

Процессы, которые могут происходить или протекают на территории, прилегающей к водохранилищу, подлежат обязательному мониторингу. Особое внимание следует уделять участкам, где такие процессы могут оказать негативное влияние на экологическую обстановку территории.

### **Список использованной литературы.**

1. Пруды и водохранилища как геотехническая система / Д. В. Турищев, Р. П. Скрипников, М. В. Пугачев [и др.] // Студенческий форум. – 2022. – № 28-1(207). – С. 52-55. – EDN HQLGMT.

2. Орлова, С. С. Пруды и водохранилища как геоэкологические системы / С. С. Орлова, Т. А. Панкова // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях: Материалы X Международной научно-практической конференции, Саратов, 16–17 мая 2023 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2023. – С. 129-132. – EDN LSIYCU.

3. Кульнев, В. В. Комплексный подход к регулированию качества воды слабопроточных водоемов (на примере Баландинского пруда Челябинского металлургического комбината) / В. В. Кульнев, О. В. Базарский, Ж. Ю. Кочетова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2023. – № 1. – С. 103-112. – DOI 10.17308/geo/1609-0683/2023/1/103-112. – EDN IUNLBQ.

4. Природоохранные гидротехнические сооружения: учебное пособие / Ф. К. Абдразаков, Т. А. Панкова, О. В. Михеева, С. С. Орлова. – г. Саратов: ООО Издательский центр "Наука", 2018. – 103 с. – ISBN 978-5-9999-2976-1. – EDN UNUNLP.

5. Конотоп, Н. К. К флоре искусственных водоемов верхней Волги / Н. К. Конотоп, Ю. С. Виноградова // Фиторазнообразии Восточной Европы. – 2023. – Т. 17, № 2. – С. 36-48. – DOI 10.24412/2072-8816-2023-17-2-36-48. – EDN SNUHFH.

6. Орлова, С. С. Анализ состояния прудов и малых водохранилищ в период эксплуатации / С. С. Орлова // Научная жизнь. – 2015. – № 4. – С. 47-54. – EDN UMJMAV.

7. Панкова, Т. А. К вопросу мониторинга безопасности гидротехнических сооружений Лебедевского водохранилища Краснокутского

района Саратовской области / Т. А. Панкова, О. В. Михеева, С. С. Орлова // Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2013. – № 2(2). – С. 35-42. – EDN QOIWBG.

8. Гидротехнические сооружения при обустройстве эрозионно нарушенных территорий / Е. Н. Миркина, О. В. Михеева, С. С. Орлова, Т. А. Панкова // Современные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: Материалы XIII Национальной конференции с международным участием, Саратов, 20–21 апреля 2023 года / Под редакцией Б.В. Фисенко. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2023. – С. 229-232. – EDN DXPYXB.

### References.

1. Ponds and reservoirs as a geotechnical system / D. V. Turishchev, R. P. Skripnikov, M. V. Pugachev [et al.] // Student Forum. – 2022. – № 28-1(207). – Pp. 52-55. – EDN HQLGMT.

2. Orlova, S. S. Ponds and reservoirs as geoecological systems / S. S. Orlova, T. A. Pankova // Innovations in environmental management and protection in emergency situations: Proceedings of the X International Scientific and Practical Conference, Saratov, May 16-17, 2023. – Saratov: Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, 2023. – pp. 129-132. – EDN LSIYCU.

3. Kulnev, V. V. An integrated approach to regulating the water quality of low-flow reservoirs (on the example of the Balandinsky pond of the Chelyabinsk Metallurgical Combine) / V. V. Kulnev, O. V. Bazarsky, Zh. Yu. Kochetova // Bulletin of the Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology. – 2023. – No. 1. – pp. 103-112. – DOI 10.17308/geo/1609-0683/2023/1/103-112. – EDN IUNLBQ.

4. Environmental protection hydraulic structures: a textbook / F. K. Abdrazakov, T. A. Pankova, O. V. Mikheeva, S. S. Orlova. – Saratov: Publishing Center "Nauka" LLC, 2018. – 103 p. – ISBN 978-5-9999-2976-1. – EDN UNUNLP.

5. Konotop, N. K. To the flora of artificial reservoirs of the Upper Volga / N. K. Konotop, Yu. S. Vinogradova // Phytodiversity of Eastern Europe. - 2023. – Vol. 17, No. 2. – pp. 36-48. – DOI 10.24412/2072-8816-2023-17-2-36-48. – EDN SNUHFH.

6. Orlova, S. S. Analysis of the state of ponds and small reservoirs during operation / S. S. Orlova // Scientific life. - 2015. – No. 4. – pp. 47-54. – EDN UMJMAB.

7. Pankova, T. A. On the issue of monitoring the safety of hydraulic structures of the Lebedevsky reservoir of the Krasnokutsky district of the Saratov region / T. A. Pankova, O. V. Mikheeva, S. S. Orlova // Technical regulation in transport construction. – 2013. – № 2(2). – Pp. 35-42. – EDN QOIWBG.

8. Hydraulic structures in the construction of erosively disturbed territories / E. N. Mirkina, O. V. Mikheeva, S. S. Orlova, T. A. Pankova // Modern problems and prospects for the development of construction, heat and gas supply and energy supply: Materials of the XIII National Conference with international participation, Saratov, April 20-21, 2023 / Edited by B.V. Fisenko. – Saratov: Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, 2023. – pp. 229-232. – EDN DXPYXB.

Научная статья

УДК 626/627

*Т.А. Панкова, А.В. Кравчук, С.С. Орлова, О.В. Михеева, Е.Н. Миркина*

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

## ПРОГНОЗ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ АВАРИИ НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ

**Аннотация.** В процессе эксплуатации гидротехнических сооружений должен осуществляться систематический контроль и наблюдения за их состоянием. Самым опасным разрушением гидротехнических сооружений является разрушение плотины, которое сопровождается следующими факторами: возникновение волны прорыва и зоны затопления, являющимися самыми опасными для людей. В настоящее время существует программа «Волна», позволяющая определять параметры волны прорыва, возникающие при аварии на гидротехнических сооружениях.

**Ключевые слова:** гидродинамическая авария, гидротехнические сооружения, волна прорыва, зона затопления, оценка.

*T.A. Pankova, A.V. Kravchuk, S.S. Orlova, O.V. Mikheeva, E.N. Mirkina*

Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

## FORECAST OF HYDRODYNAMIC ACCIDENT AT HYDRAULIC STRUCTURES

**Abstract.** During the operation of hydraulic structures, systematic monitoring and monitoring of their condition must be carried out. The most dangerous destruction of hydraulic structures is the destruction of a dam, which is accompanied by the following factors: the occurrence of a breakthrough waves and a flood zone, which are the most dangerous for people. Currently, there is a “Wave” program that allows you to determine the parameters of a breakthrough wave that occurs during an accident at hydraulic structures.

**Keywords:** hydrodynamic accident, hydraulic structures, breakthrough wave, flood zone, assessment.

**Введение.** Анализ риска аварий на опасном объекте, на гидротехнических сооружениях является составной частью управления его безопасностью при эксплуатации.

При наступлении гидродинамической аварии на любом гидротехническом сооружении, создается угроза возникновения чрезвычайной ситуации, которая создает угрозу жизни и здоровью людей, приводит к разрушению зданий, сооружений, оборудования и транспортных средств, а также наносит ущерб окружающей природной среде. Наиболее опасной гидродинамической аварией является разрушение плотины, на это разрушение действуют в основном два фактора: волна прорыва и зона затопления, каждый из этих факторов имеет свою характеристику и для людей представляет наибольшую опасность. Прорыв (разрушение) плотины может происходить из-за воздействия силы природы (землетрясения, урагана, обвала, оползня), как следствие конструктивных дефектов гидротехнического сооружения, нарушение правил эксплуатации, воздействия паводков, разрушения основания плотины, недостаточность водосброса, а в военное время разрушение может произойти в результате воздействия средств массового поражения. Разрушительная сила действия волны прорыва, которая возникает как результат аварии на плотине, заключается главным образом в движении большой массы воды, распространяющейся с высокой скоростью и таранного действия всего, что будет перемещаться вместе с водой (камни, доски, бревна, различные конструкции). Высота и скорость волны прорыва зависят в первую очередь от гидрологических и топографических условий реки. Например, для равнинных районов скорость волны прорыва колеблется от 3 до 25 км/ч, а для горных и предгорных мест имеет величину порядка 100 км/ч. Лесистые участки замедляют скорость и уменьшают высоту волны. Прорыв плотин приводит к затоплению местности и всего того, что на ней находится, поэтому строить жилые и производственные здания в этой зоне запрещено.

**Методика исследований.** Сформировавшаяся волна прорыва при гидродинамической аварии на гидротехнических сооружениях состоит из двух частей – зоны подъема уровней воды и зоны их спада. Начало волны – фронт волны, или лоб волны. Зона наибольшей высоты волны называется гребнем, а конец – хвостом. Поэтому в задачу расчета волны прорыва входит определение ее основных параметров на заданных участках русла реки: высоты волны  $H_v$ , максимальной глубины потока:

$$H_{\max} = H_v + h_b, \quad (1)$$

где  $h_b$  – бытовая глубина в реке, скорости движения и времени добегаания различных характерных точек волны (фронта, гребня, хвоста).

Время  $T$  прохождения волны прорыва через створ «0» определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{W_{\text{НПУ}} A}{3600 Q_{\text{нач}}}, \quad (3)$$

где  $W_{\text{НПУ}}$  – объем водохранилища при НПУ, м<sup>3</sup>;  $A$  – коэффициент неравномерности;  $Q_{\text{нач}}$  – начальный расход через пропан, м<sup>3</sup>/с.

Скорость добегаания гребня, фронта, хвоста волны до расчетного створа

определяется по формуле:

$$C = 0,9 \cdot 10^{0,3b/B} \left( \frac{b}{B} \right)^{1/4} H^{1/2} \quad (2)$$

где  $H$  – высота волны соответственно гребню, фронту и хвосту волны, м;  $b$  – ширина прорана по урезу воды в створе гидроузла при отметке НПУ;  $B$  – длина плотины, м.

Время добегания гребня, фронта, хвоста волны до расчетного створа будет определяться по формуле:

$$t_{\text{грп}} = \frac{L}{C} \quad (3)$$

где  $C$  – скорость движения гребня, фронта и хвоста волны, м<sup>3</sup>/с;  $L$  – расстояние до расчетного створа, м.

В соответствии с конструктивными особенностями гидротехнических сооружений водохранилища на р. Солянка Озинского района Саратовской области при условии его эксплуатации в проектном режиме можно прогнозировать несколько сценариев развития гидродинамических аварий, ведущих к прорыву напорного фронта, образованию волны прорыва и затоплению территории, расположенной в нижнем бьефе. Сценарии развития возможных аварий водохранилища на р. Солянка приводятся в таблице 1.

Анализируя перечень прогнозируемых 4-х сценариев развития аварий гидротехнических сооружений можно сделать следующие выводы:

С учетом наибольшей глубины (напора) воды в верхнем бьефе плотины при развитии гидродинамической аварии по сценарию №1, данный сценарий может повлечь наиболее тяжёлые последствия, в следствие невозможности предполоводной сработки (опорожнения) ёмкости водохранилища при ожидаемом высоком весеннем половодье и неготовности службы эксплуатации к устранению вышеперечисленных причин возможной аварии ГТС.

Наиболее вероятным представляется сценарий №3 по следующим причинам: неудовлетворительное состояние ледозащитного сооружения; предельно-допустимая способность водосбросного сооружения.

Маловероятен сценарий №2, обусловленный потерей устойчивости низового откоса земляной плотины, что подтверждается отсутствием каких-либо обрушений низового откоса за многолетний период эксплуатации плотины.

Также маловероятен сценарий № 4, связанный с фильтрацией воды через тело плотины, в сопряжениях элементов ГТС и по контакту с основанием плотины. Многолетний опыт эксплуатации и визуальные наблюдения подтверждают отсутствие фильтрации и выноса грунта.

Таблица 1. Сценарии развития возможных аварий водохранилища

№ сценария	Предпосылки и этапы развития аварий на ГТС
1	Прохождение паводков редкой повторяемости, выход из строя водосбросного сооружения, переполнение водохранилища, перелив воды через гребень плотины, размыв части гребня, разрушение откосов, образование прорана, затопление территории нижнего бьефа.
2	Неравномерные деформации грунтовой плотины, вследствие отклонения от режима эксплуатации – образование трещин на гребне, оползание участков откосов, образование промоин, провалов с образованием прорана - возникновение волны прорыва с опорожнением водохранилища, затопление территории в нижнем бьефе гидроузла.
3	Выход из строя водосбросного сооружения (выход из строя ледозащитного сооружения), переполнение водохранилища, перелив воды через гребень плотины, размыв части гребня и откосов с образованием прорана и зоны затопления.
4	Усиленная фильтрация через тело и основание плотины при старении материалов тела плотины и изменении их свойств под действием внешних факторов, появление локальных мест на низовом откосе сосредоточенной фильтрации воды, оползание или обрушение низового откоса плотины, образование прорана и волны прорыва с дальнейшим разрушением плотины.

В результате анализа сценариев развития возможных аварий на водохранилище р. Солянка было выявлено следующее: в связи с тем, что расчетные гидротехнические сооружения спроектированы с учетом невозможности пропуска паводка редкой повторяемости без перелива через гребень плотины, условия наибольшей глубины (напора) воды в верхнем бьефе возникнут и при наиболее вероятном сценарии № 3. Таким образом, при сценарии № 1 и сценарии № 3 возникают наиболее опасные явления перелива воды через гребень плотины. Поэтому дальнейшие расчеты ведем по наиболее тяжелому сценарию с образованием наиболее сильной волны прорыва и практически полном опорожнении водохранилища, и временном затоплении территорий, расположенных ниже ГТС.

Рассчитанная зона затопления в створе № 1 при развитии наиболее тяжелого сценария аварии представлена на рисунке 1. и в створе №8 на рисунке 2.

Анализ зоны затопления на водохранилище р. Солянка в створе № 1 показывает, что время добегания гребня волны составит 4 мин., максимальная высота 5 м., время затопления 778 мин.

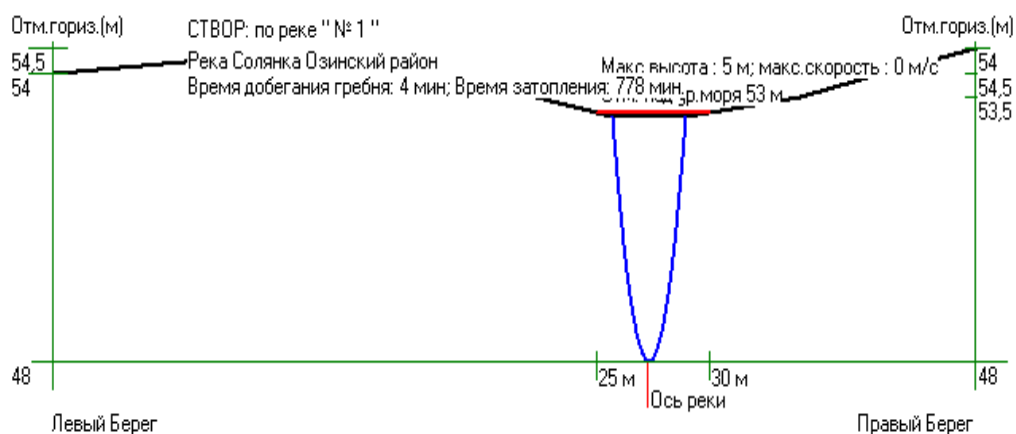


Рисунок 1. Зона затопления в створе № 1 при развитии наиболее тяжелого сценария аварии гидротехнического сооружения [2]

**Заключение.** Для обоснования необходимости предотвращения аварийных ситуаций, связанных с природными катаклизмами, или с человеческим фактором, необходимо проводить достоверную оценку возможных последствий, обусловленных распространением волны прорыва, которая может возникнуть при внезапном разрушении грунтовых сооружений, а определение общего реального ущерба необходимо для декларирования гидротехнических сооружений и обоснования экономической эффективности проведения работ по строительству, капитальному ремонту и реконструкции ГТС.

#### Список использованной литературы.

1. Мирцхулава Ц.Е. Надежность гидромелиоративных сооружений. М.: Издательство «Колос». 1968. 278 с.
2. Орлова С. С., Абдразаков Ф. К., Панкова Т. А. Оценка ущерба объектам сельскохозяйственного назначения от аварии на грунтовой плотине / С.С. Орлова, Ф.К. Абдразаков, Т.А. Панкова // Аграрный научный журнал. – № 6. – 2016. – С. 63–66.

#### References.

1. Mirtskhulava T.E. Reliability of irrigation and drainage structures. M.: Publishing house "Kolos". 1968. 278 p.
2. Orlova S.S., Abdrazakov F.K., Pankova T.A. Assessment of damage to agricultural objects from an accident on a soil dam / S.S. Orlova, F.K. Abdrazakov, T.A. Pankova // Agrarian scientific journal. – No. 6. – 2016. – P. 63–66.



---

---

Научное издание

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АПК: ТЕХНИЧЕСКИЕ И  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ**

**Материалы Региональной научно-технической конференции**

**Выпуск 2**

**Перепечатка материалов сборника  
II Региональной научно-технической конференции  
«Проблемы и перспективы развития АПК: технические и  
сельскохозяйственные науки»**

ISBN 978-5-7011-0856-9



Размещено 17.06.2024 г.

Объем данных: 7,3 Мбайт. Аналог печ. л. 16,62

Формат 60×84 1/16. Заказ №856/2024

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Саратовский государственный университет генетики,  
биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»

Тел.: 8(8452)26-27-83,

email: nir@vavilovsar.ru

410012, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина зд. 4, стр. 3.