



РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА И ЖИВОТНОВОДСТВА

**XI Международная
научно-практическая конференция**

**Посвященная 75-летию
ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ**

Сборник статей



Пенза 2026

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТАДЖИКСКИЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ШИРИНШОХ ШОТЕМУР
(РЕСПУБЛИКА ТАДЖИКИСТАН)
МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР
ПЕНЗЕНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ
ТЕХНОЛОГИИ
И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ
РАСТЕНИЕВОДСТВА
И ЖИВОТНОВОДСТВА**

**XI Международная
научно-практическая конференция
Посвященная 75-летию
ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ**

Сборник статей

18-19 сентября 2026 г.

**Пенза
ПГАУ
2026**

УДК 502/504(082)

ББК 20.1.43

Р 44

Под научной редакцией:

доктора технических наук, профессора *Ларюшина Н.П.*;

доктора технических наук, профессора *Кухарева О.Н.*

- Р44 Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства:** сборник статей XI Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ / Пензенский государственный аграрный университет [и др.]; под научной редакцией Ларюшина Н.П., Кухарева О.Н – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2026. – 235 с. – URL:https://mnisc.pgau.ru/file/doc/konferencii/2026/Сборник_МК-34-26.pdf. Текст: электронный.

ISBN 978-5-00196-461-2

В сборнике конференции представлены результаты исследований по ресурсосберегающим технологиям и техническим средствам для производства продукции растениеводства и животноводства. А также представлены вопросы ведения органического сельского хозяйства, как экологически-безопасное возделывание сельскохозяйственных культур. Материалы сборника будут полезны руководителям и специалистам, аспирантам и магистрантам.

The conference collection presents the results of research on resource-saving technologies and technical means for the production of crop and live-stock products. It also presents the issues of organic farming, such as the environmentally safe cultivation of agricultural crops. The materials of the collection will be useful for managers and specialists, postgraduates and undergraduates.

УДК 502/504(082)

ББК 20.1я43

ISBN 978-5-00196-461-2

© МНИЦ ПГАУ, 2026

**УПРАВЛЕНИЕ ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКИМИ СВЯЗЯМИ
АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ В УСЛОВИЯХ
САНКЦИОННЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ И ФОРМИРОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА**

И.А. Аксенов

*Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича
и Николая Григорьевича Столетовых,
г. Владимир, Россия*

В статье рассматриваются вопросы управления внешнеэкономическими связями агропромышленного комплекса Российской Федерации в условиях действия антироссийских экономических санкций и формирования стратегии технологического суверенитета национальной экономики. Обоснованы теоретические и практические аспекты применения экономических санкций в международной торговой практике, определены приоритеты санкционной политики России в отношении зарубежных партнёров, обеспечивающие конкурентоспособность отечественных производителей продукции АПК.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс; внешнеэкономические связи; экономические санкции; продовольственная безопасность; импортозамещение; технологический суверенитет; глобальные цепочки создания стоимости; ЕАЭС.

Работа подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет средств федерального бюджета по государственному заданию (наименование темы научного исследования «Разработка и реализация стратегии развития внешнеэкономических связей сельского хозяйства и агропромышленного комплекса Российской Федерации с учетом санкционных ограничений и новых приоритетов экономического сотрудничества с зарубежными странами»; код научной темы, присвоенной учредителем, - FZUN-2024-0007).

Внешеэкономическая стратегия российского АПК формировалась десятилетиями вокруг одной логики – встроиться в существующие мировые рынки на тех условиях, которые они предлагают. После 2022 года эта логика перестала работать, и дело здесь не только в санкциях как таковых. Проблема глубже: под ударом оказалась именно технологическая база отрасли – семеноводство, племенное дело, средства защиты растений, техника и запчасти к ней, то есть всё то, что нельзя заместить одним указом или программой поддержки за год-два. Поэтому управление внешнеэкономическими связями АПК сегодня – это уже не реакция на очередной пакет ограничений, а вопрос стратегического планирования на горизонте пяти-семи лет, увязанный с продовольственной и технологической безопасностью страны.

Если посмотреть на практику применения санкций последние годы, можно заметить несколько повторяющихся закономерностей. Санкционное давление почти никогда не вводится сразу в полном объёме – оно нарастает поэтапно: сначала точечные ограничения против отдельных компаний и физлиц, затем секторальные меры, а дальше – вторичные санкции, которые бьют уже по третьим странам, торгующим с Россией. При этом продовольствие – товар особый: его сложно ограничивать так же жёстко, как, скажем, технологии двойного назначения, потому что от продовольственных рынков напрямую зависит социальная стабильность стран-импортёров. Это и даёт России определённое пространство для манёвра в выстраивании альтернативных логистических и расчётных схем. А вот кумулятивный эффект длительных ограничений проявляется не столько в прямых потерях экспортной выручки – с этим научились справляться, – сколько в замедлении технологического обновления отрасли, и именно этот эффект недооценивают чаще всего.

Исходя из этого, приоритеты санкционной политики России стоит выстраивать не вокруг принципа «ответить симметрично», а вокруг защиты конкурентных позиций отечественных производителей АПК – и на внутреннем рынке, и на внешних. На практике это означает как минимум четыре вещи: сохранение преференциального режима торговли внутри ЕАЭС и с дружественными объединениями; смещение экспорта в сторону Азии, Африки и Латинской Америки; развитие собственной системы страхования экспортных контрактов и расчётов в национальных валютах; и создание резервных логистических коридоров, которые снижают зависимость от портовой и транспортной инфраструктуры недружественных государств.

Разработка методической базы долговременного встраивания российских предприятий АПК в глобальные цепочки создания стоимости (ГЦСС) требует уточнения самого понятия встраивания применительно к новым условиям. Если до 2022 года участие России в мировом агропромышленном комплексе преимущественно ограничивалось поставками сырьевой продукции (зерна, масличных культур, минеральных удобрений) при импорте технологий и готовой продукции с высокой добавленной стоимостью, то стратегическая задача текущего этапа состоит в постепенном перемещении отечественных производителей вверх по цепочке создания стоимости – к глубокой переработке сырья, производству готовых продуктов питания и экспорту технологических решений в дружественные страны.

Приведённая динамика показывает, что реконструкция ГЦСС в российском АПК носит неравномерный характер: наиболее быстрый прогресс достигнут в переориентации географии сбыта и переходе на расчёты в национальных валютах, тогда как замещение технологической компоненты – прежде всего в семеноводстве и племенном деле – сохраняет характер стратегического, а не тактического процесса и потребует не менее пяти-семи лет системной работы.

Таблица 1 – Индикаторы реконструкции участия России в глобальных цепочках создания стоимости АПК, 2021–2025 гг.

Показатель	2021	2022	2023	2025
Доля переработанной продукции в экспорте АПК, %	24,1	26,8	31,4	35–37
Доля дружественных стран в экспорте продукции АПК, %	58,3	71,2	79,6	82–85
Уровень самообеспеченности семенным материалом ключевых культур, %	48,0	51,5	58,2	63–65
Доля расчётов в национальных валютах во внешней торговле АПК, %	12,4	34,7	56,9	65–68

Составлено автором на основе данных Минсельхоза России и ФТС России.

В итоге получается, что управление внешнеэкономическими связями АПК сегодня держится на трёх опорах сразу, и ни одну нельзя выпустить из виду. Первая – адаптация к ограничениям через диверсификацию рынков и расчётных механизмов. Вторая – импортозамещение технологической базы, причём именно реальное, а не то, которое хорошо смотрится в отчётности, но не меняет зависимости по сути. Третья – постепенное встраивание отечественных предприятий в пересобираемые глобальные цепочки создания стоимости, с движением в сторону продукции с более высокой добавленной стоимостью. Что касается дальнейших исследований, здесь особенно не хватает количественных оценок того, как переориентация внешнеэкономических связей АПК сказывается на занятости и инвестиционной активности именно в аграрных регионах, а не в целом по стране.

Список использованных источников

1. Абашева, О.В. Обеспечение импортозамещения в регионе для решения проблемы продовольственной безопасности / О.В. Абашева, С.В. Сулаев // АПК: экономика, управление. – 2019. – № 1. – С. 4–14.
2. Головкина, С.И. Импортозамещение в РФ в контексте государственной стратегии и реализации в российском продовольственном комплексе / С.И. Головкина, Н.А. Козлова // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 5-2(82). – С. 644-649. – EDN YSQAMJ.
3. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия: утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. № 717. – URL: <http://government.ru/> (дата обращения: 20.06.2026).
4. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации : утв. Указом Президента Российской Федерации от 21 января 2020 г. № 20. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/> (дата обращения: 20.06.2026).

5. Лясников, Н.В. Развитие импортозамещения в условиях инновационной экономики в агропромышленном комплексе России / Н.В. Лясников, Ю.В. Лясникова [и др.] // Продовольственная политика и безопасность. – 2023. – Т. 10, № 4. – С. 591-612.

6. Мнацаканян, А.Г. Оценка уровня самообеспечения региона продовольствием / А.Г. Мнацаканян, М.Г. Побегайло // АПК: экономика, управление. – 2022. – № 3. – С. 74–82.

MANAGING FOREIGN ECONOMIC RELATIONS OF RUSSIA'S AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX UNDER SANCTIONS AND THE FORMATION OF TECHNOLOGICAL SOVEREIGNTY

I.A. Aksenov

*Alexander and Nikolay Stoletovs Vladimir State University,
Vladimir, Russia*

The article examines the management of foreign economic relations of the agro-industrial complex of the Russian Federation under anti-Russian economic sanctions and the formation of a technological sovereignty strategy. The theoretical and practical aspects of applying economic sanctions in international trade practice are substantiated, and priorities of Russia's sanctions policy toward foreign partners aimed at ensuring the competitiveness of domestic agro-industrial producers are defined. Directions of import substitution in the sectors most affected by secondary sanctions are analysed, and indicators for the reconstruction of global value chains (GVCs) with the participation of Russian companies are proposed.

Keywords: agro-industrial complex; foreign economic relations; economic sanctions; food security; import substitution; technological sovereignty; global value chains; EAEU.

УДК 632.93:632.4:582.734.4(470.325)

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНГИЦИДОВ ПРИ ЗАЩИТЕ ЛАПЧАТКИ БЕЛОЙ ОТ РЖАВЧИНЫ

О.Ю. Артемова, Е.В. Сумина, С.В. Белецкий

*Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных
и ароматических растений, Белгородский филиал,
г. Белгород, Россия*

В статье рассмотрены вопросы повышения эффективности мероприятий по защите лапчатки белой от ржавчины в почвенно-климатических условиях Белгородской области. Получены данные по биологической эффективности

фунгицидов Топаз, КЭ и Чистоцвет, КЭ в борьбе с *Phragmidium potentillae* (Pers.) P. Karst.

Ключевые слова: лапчатки белая, ржавчина, фунгициды, биологическая эффективность.

В настоящее время лекарственное растениеводство является довольно высокорентабельной отраслью. Лекарственное растительное сырье – это незаменимый источник полезных веществ, которые крайне необходимы для поддержания здоровья человека и продуктивности сельскохозяйственных животных.

Лекарственные травы представляют обширную группу травянистых растений, отдельные органы которых являются природным сырьём для получения лечебных и профилактических средств, используемых в медицине или ветеринарии. В последние годы набирает популярность такое ценное лекарственное растение, как лапчатки белая (*Potentilla alba* L.). Лечебные свойства этого растения многообразны. Сравнительно недавно лапчатка белая была предложена в качестве средства, способствующего устранению нарушений функции щитовидной железы [1].

Запасы лапчатки белой в природе крайне ограничены, небольшие популяции находятся в урочищах далеко друг от друга, урожайность корневищ низкая, что затрудняет заготовки лекарственного сырья. Лапчатка белая – это редкий вид, в ряде регионов России она внесена в Красную книгу.

Наиболее распространенным и вредоносным заболеванием лапчатки белой в почвенно-климатических условиях Белгородской области является ржавчина, вызываемая грибом *Phragmidium potentillae* (Pers.) P. Karst [2]. В зависимости от возраста плантации лапчатки белой пораженность растений данным патогеном может достигать 50 % и выше. Пораженные листья буреют и засыхают, у больных растений нарушаются физиолого-биохимические процессы. Заболевание не оказывает отрицательного влияния на рост корневищ лапчатки белой только при степени его развития менее 15%, при большей степени развития заболевания наблюдается снижение массы корневищ [3, 4, 5]. Так, при 30% степени развития ржавчины потери сырья лапчатки белой достигают 20% и выше. Поэтому для снижения потерь сырья лапчатки белой в условиях Белгородской области необходимо совершенствование мер борьбы с данным патогеном. Таким образом, исследования, направленные на повышение эффективности мероприятий по защите лапчатки белой от ржавчины, являются весьма актуальными.

Цель исследований – оценка биологической эффективности применения фунгицидов против ржавчины лапчатки белой в почвенно-климатических условиях Белгородской области.

Объект исследований – растения лапчатки второго года вегетации.

Исследования проведены в 2025 году на плантации лапчатки белой в Белгородском филиале ФГБНУ ВИЛАР в рамках выполнения НИР «Определение ресурсного потенциала дикорастущих видов лекарственных растений, разработка адаптивных агротехнологий и создание устойчивых сортов лекарственных культур» (FGUU-2025-0006)».

Повторность опыта трехкратная, размещение делянок систематическое. Учетная площадь опытной делянки - 10 м². Агротехника при выращивании лапчатки белой – общепринятая для условий Центрально-Черноземного региона.

Интенсивность поражения растений лапчатки белой ржавчиной оценивали визуально в баллах по следующей шкале: 0 – отсутствие признаков заболевания; 1 – поражено до 10% поверхности листьев; 2 – поражено до 25% поверхности листьев; 3 – поражено до 50% поверхности листьев; 4 – поражено более 50% поверхности листьев.

Эффективность химических обработок в большей степени зависит от своевременности их проведения и правильного выбора фунгицидов. Для защиты растений лапчатки белой от ржавчины применяли рабочие растворы фунгицидов: Топаз, КЭ и Чистоцвет, КЭ.

Топаз, КЭ – это высокоэффективный системный фунгицид на основе пенконазола, применяемый для профилактики и лечения растений от мучнистой росы, ржавчины и гнилей. Препарат отличается высокой скоростью действия, устойчивостью к смыванию дождем, длительным эффектом (не менее 14 дней), отсутствием фитотоксичности.

Чистоцвет, КЭ – системный фунгицид, предназначенный для лечения и профилактики комплекса болезней (мучнистая роса, ржавчина, пятнистость) цветочных и декоративных культур открытого и защищенного грунта. Активное вещество препарата в течение двух часов проникает в ткани растений, замедляет развитие инфекции, угнетает спороношение. Препарат сохраняет свое профилактическое и лечебное действие в течение 2 недель.

Почвенный покров опытного участка представлен чернозёмом типичным тяжелосуглинистого гранулометрического состава с содержанием гумуса в пахотном слое 5,5%.

Метеорологические условия весенне-летнего периода 2025 года в целом благоприятствовали распространению и развитию патогена на плантации лапчатки белой. Вегетационный период культуры отличался умеренно теплой и влажной погодой.

Схема полевого опыта включала два варианта обработки растений лапчатки белой фунгицидами, а также контроль (без обработок). Норма применения препаратов: Топаз, КЭ – 0,75 л/га (расход рабочей жидкости 600 л/га), Чистоцвет, КЭ – 3,0 мл/ 3 л воды (расход рабочей жидкости 3,0 л/100 м²).

Обработку растений лапчатки белой фунгицидами проводили в фазе весеннего отрастания. Через 14 дней обработку растений фунгицидами повторили.

В ходе выполнения полевого опыта проводились фенологические наблюдения за растениями лапчатки белой в соответствии с методикой проведения полевых опытов с лекарственными и эфирномасличными культурами (ВИЛАР, 2023). Отмечали даты прохождения основных фенофаз – начало весеннего отрастания, фаза бутонизации, цветения и созревания семян.

У лапчатки белой сроки прохождения основных фенофаз и их связь с метеорологическими условиями являются важным показателем, характеризующим

отношение растений к комплексу погодно-климатических, почвенных и агротехнических условий (табл. 1).

Таблица 1 – Фенологические наблюдения за растениями лапчатки белой, 2025 г.

Межфазный период	Календарные даты прохождения фенофаз	Продолжительность фенофазы, сут.
Начало весеннего отрастания - фаза бутонизации	12.04-21.04	10
Фаза бутонизации - начало цветения	21.04-27.04	7
Начало цветения – массовое цветение	27.04-12.05	16
Массовое цветение – созревание семян	12.05-10.06	30

Важным биотическим фактором, оказывающим отрицательное влияние на продуктивность лекарственных культур и качество получаемого сырья, является пораженность растений болезнями. В ходе исследований на делянках лапчатки белой проводили мониторинг появления и развития на растениях ржавчины. Гриб *Phragmidium potentillae* (Pers.) P. поражает листья лапчатки с нижней стороны, образуя многочисленные оранжевые подушечки (споронии грибов). При сильной степени развития ржавчины листья лапчатки белой закручиваются вверх и засыхают.

Наблюдения за развитием ржавчины на посадках лапчатки белой второго года вегетации показали, что первые признаки заболевания на растениях, обработанных фунгицидом Топаз, КЭ, появились на 8 дней позднее, чем на контроле и делянках с применением фунгицида Чистоцвет, КЭ.

Биологическая эффективность фунгицида отражает его способность подавлять развитие патогена. Она определяется процентом уменьшения поражённости растений. В основном биологическую эффективность фунгицидов рассчитывают по двум показателям: распространённости болезни и интенсивности её поражения.

Количество пораженных ржавчиной растений лапчатки в фазе цветения составило на контрольном варианте 40% при средней интенсивности поражения заболеванием, к фазе созревания распространённость болезни увеличилась до 72% (табл. 2).

Таблица 2 – Распространенность и интенсивность поражения ржавчины на растениях лапчатки белой, 2025 г

Вариант опыта	Распространенность болезни, %		Интенсивность поражения ржавчиной, балл	
	цветение	созревание	цветение	созревание
Контроль	40	72	2	2
Топаз, КЭ в дозе 0,75 л/га	8	16	1	1
Чистоцвет, КЭ в дозе 0,30 л/га	24	56	2	2

В варианте с использованием фунгицида Чистоцвет, КЭ распространенность заболевания на лапчатке белой в фазе цветения составила 24% при средней интенсивности поражения, в фазе созревания семян количество пораженных растений увеличилось до 56%. В варианте с применением фунгицида Топаз, КЭ были отмечены наилучшие показатели распространенности и интенсивности поражения ржавчины. Так, в фазе цветения лапчатки белой количество пораженных ржавчиной растений составило 8% при слабой интенсивности развития болезни, к моменту созревания семян распространенность болезни достигла лишь 16%.

Среднюю степень поражения растений болезнью на определённой территории или поле отражает такой интегральный показатель, как развитие болезни, выраженный в %.

Развитие ржавчины на растениях лапчатки белой в контрольном варианте в фазе цветения составило 22,7 %, в фазе созревания семян – 40%, в варианте с применением фунгицида Чистоцвет, КЭ – 15% и 34,7%, а в варианте с применением фунгицида Топаз, КЭ – 5,3% и 9,3% соответственно.

Биологическая эффективность фунгицида Топаз, КЭ на лапчатке белой в фазе созревания семян составляла 76,8%, фунгицида Чистоцвет, КЭ – 13,3%.

Таким образом, наибольший эффект в борьбе с ржавчиной на лапчатке белой получен при применении препарата Топаз, КЭ в дозе 0,75 л/га. В данном варианте к фазе созревания семян распространенность заболевания не превышала 16%, развитие заболевания – 9,3%, что ниже порога вредоносности. Снижение заболевания к моменту созревания семян составило 76,8%, что на 63,5% выше, чем при использовании фунгицида Чистоцвет, КЭ.

Список использованных источников

1. Биологические основы технологии возделывания лапчатки белой (*Potentilla alba* L.) / А. Н. Сидельников, Ф. М. Хазиева, Г. П. Пушкина, Л. М. Бушковская. – Москва : ООО "Информационно-издательский дом "Филинь", 2017. – 126 с. – ISBN 978-5-9216-2230-2. – EDN XOZYQX.

2. Болезни лапчатки белой / В. Ю. Масляков, Н. В. Мурадасилова, Л. М. Бушковская, Г. И. Климахин // Защита и карантин растений. – 2014. – № 4. – С. 53-54. – EDN QDOLXU.

3. Бушковская, Л. М. Применение регуляторов роста и микроудобрений при защите лапчатки белой от вредителей и болезней / Л. М. Бушковская, Г. П. Пушкина, А. Н. Сидельников // Инновационные технологии в АПК: теория и практика: сборник статей III Всероссийской научно-практической конференции, Пенза, 26–27 марта 2015 года. – Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2015. – С. 21-24. – EDN TYHETV.

4. Кушкина, Т. А. Регулирование вредоносности ржавчины на лапчатке белой в условиях Белгородской области / Т. А. Кушкина, О. Ю. Артемова, Е. В. Сумина // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК: Материалы VIII Международной студенческой научной конференции, Майский, 25–26 февраля 2026 года. – Майский: ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2026. – С. 55. – EDN BPNRPM.

5. Сидельников, Н. И. Особенности защиты лекарственных культур от вредных организмов / Н. И. Сидельников, Л. М. Бушковская, Г. П. Пушкина // Защита и карантин растений. – 2014. – № 11. – С. 20-22. – EDN SWEXIJ.

BIOLOGICAL EFFICIENCY OF FUNGICIDES IN PROTECTING POINTEIL FROM RUST

O. Yu. Artemova, E. V. Sumina, S. V. Beletsky

All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Belgorod Branch, Belgorod, Russia

This article examines ways to improve the effectiveness of measures to protect white cinquefoil from rust in the soil and climatic conditions of the Belgorod Region. Data on the biological efficacy of the fungicides Topaz, KE and Chistotsvet, KE against *Phragmidium potentillae* (Pers.) P. Karst.

Keywords: white cinquefoil, rust, fungicides, biological efficacy.

УДК 631.171

САМОРАЗВИТИЕ ИНЖЕНЕРА-МЕХАТРОНИКА КАК ФАКТОР ЭФФЕКТИВНОГО ВНЕДРЕНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АПК

Д.А. Ахтямов, Э.Ш. Ахметова

*Казанский государственный энергетический университет,
г. Казань, Россия*

В статье рассматривается взаимосвязь между уровнем профессионального саморазвития инженерных кадров в области мехатроники и робототехники и эффективностью внедрения ресурсосберегающих технологий в агропромышленном комплексе. Показано, что усложнение автоматизированных и

робототехнических систем, применяемых в растениеводстве и животноводстве, требует от специалистов непрерывного обновления компетенций. Проанализированы основные направления и формы саморазвития инженера, а также барьеры, препятствующие его реализации на производстве. Предложены организационные подходы к формированию системы непрерывного профессионального саморазвития инженерно-технических кадров АПК.

Ключевые слова: саморазвитие, мехатроника, робототехника, ресурсосберегающие технологии, автоматизация АПК, непрерывное образование, инженерные компетенции.

Современный агропромышленный комплекс активно внедряет робототехнику, системы точного земледелия и цифровое управление, что напрямую связано с задачами ресурсосбережения. Ключевая роль в эксплуатации и модернизации такого оборудования принадлежит инженеру-мехатронику, однако базовая вузовская подготовка быстро устаревает из-за стремительного обновления технологий. В этих условиях решающим фактором становится профессиональное саморазвитие – осознанная и непрерывная работа специалиста над своими компетенциями. Цель статьи – показать связь механизмов саморазвития с задачами автоматизации в АПК и предложить общие подходы к организации этого процесса для инженерных кадров.

Саморазвитие инженера-мехатроника обусловлено отраслевыми особенностями: разнообразием технологических платформ, быстрым обновлением ПО и элементной базы, а также необходимостью адаптировать типовые решения к конкретным агроусловиям. Кроме того, растёт роль межпрофессионального взаимодействия с агрономами, зоотехниками и экономистами, что требует развития коммуникативных навыков. В отличие от внешнего повышения квалификации, саморазвитие опирается на внутреннюю мотивацию и самостоятельное целеполагание. Оно становится не дополнительным, а системообразующим качеством, определяющим способность специалиста обеспечивать реальный ресурсосберегающий эффект. Без такого подхода даже современное оборудование не даст ожидаемой отдачи.

Основные направления саморазвития включают технико-технологическое (освоение новых контроллеров, языков программирования, машинного зрения), информационно-аналитическое (работа с большими данными и цифровыми платформами управления), организационно-управленческое (планирование, участие в проектах, основы экономики) и личностное (критическое мышление, обучаемость, рефлексия). Каждое из этих направлений усиливает способность инженера повышать точность и эффективность процессов. Особо значимо информационно-аналитическое развитие, поскольку оно определяет, насколько полно специалист использует цифровые инструменты для ресурсосбережения. В совокупности эти направления образуют целостную систему, обеспечивающую профессиональную состоятельность в условиях технологических изменений.

На практике саморазвитию мешают ограниченность времени в напряжённые сезоны, нехватка актуальных материалов по узкоспециализированному

оборудованию, удалённость хозяйств от образовательных центров и психологические барьеры (инерция мышления, страх перед новым). Преодоление этих препятствий требует сочетания личных усилий и организационной поддержки. Перспективными подходами являются дистанционные модульные курсы, внутри-производственные сообщества практики, проектное обучение и наставничество в магистратуре. Важно также формировать у студентов привычку к рефлексивному анализу своей деятельности ещё в вузе. Комплексное решение этих проблем позволит существенно повысить уровень компетенций инженеров на местах.

Ресурсосберегающий эффект автоматизированных систем зависит не столько от наличия техники, сколько от качества её настройки, обслуживания и адаптации к конкретным условиям. Высококвалифицированный инженер точнее регулирует параметры, быстрее устраняет неисправности и предлагает усовершенствования для экономии ресурсов. Поэтому инвестиции в саморазвитие кадров сопоставимы по значимости с вложениями в само оборудование. Такие вложения окупаются через снижение затрат энергии, топлива, удобрений и рабочего времени. В итоге саморазвитие становится самостоятельным резервом повышения эффективности агропромышленного производства.

Таким образом, саморазвитие инженера-мехатроника является необходимым условием для успешного внедрения и эксплуатации ресурсосберегающих робототехнических систем в растениеводстве и животноводстве. Технические, аналитические, управленческие и личностные компетенции в совокупности обеспечивают устойчивость специалиста к технологическим изменениям. Без такого подхода отрасль не сможет в полной мере использовать потенциал цифровизации и автоматизации. Системная работа над саморазвитием должна стать неотъемлемой частью инженерной культуры в сельском хозяйстве.

Список использованных источников

1. Герасимов В.В., Минина Л.С., Васильев А.В. Управление инновационным потенциалом производственных систем: учебное пособие. – Новосибирск: НГАСУ, 2003.

2. Махиянова А.В. Роль социальных сетей в создании и развитии профессиональной карьеры // Вестник экономики, права и социологии. 2023. № 3. С. 149-152.

3. Махиянова А.В., Гарипова Е.Н. Принятие управленческих решений в современной экономической среде // Московский экономический журнал. 2023. Т. 8. № 10.

4. Махиянова А.В. Социальный портрет населения: сравнительный анализ высокодоходных и низкодоходных групп // Дискуссия. 2016. № 9 (72). С. 61-65.

5. Sayfudinova N.Z., Timofeev R.A., Makhyanova A.V. Methodological basis of the regional systems socio-economic profile using survey method // Journal of Economics and Economic Education Research. 2016. Т. 17. № S2. С. 325-333.

SELF-DEVELOPMENT OF A MECHATRONICS ENGINEER AS A FACTOR OF EFFECTIVE IMPLEMENTATION OF RESOURCE-SAVING

AUTOMATED AND ROBOTIC SYSTEMS IN AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

D.A. Akhtyamov, E.Sh. Akhmetova

*Kazan State Power Engineering University,
Kazan, Russia*

The article examines the relationship between the level of professional self-development of engineering personnel in the field of mechatronics and robotics and the effectiveness of implementing resource-saving technologies in the agro-industrial complex. It is shown that the growing complexity of automated and robotic systems used in crop and livestock production requires specialists to continuously update their competencies. The main directions and forms of engineers' self-development are analyzed, along with barriers hindering its implementation in production. Organizational approaches to building a system of continuous professional self-development for engineering and technical personnel in the agro-industrial complex are proposed.

Keywords: self-development, mechatronics, robotics, resource-saving technologies, agricultural automation, continuing education, engineering competencies.

УДК 632.51

ВЛИЯНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА ЧЕЧЕВИЦЫ И НУТА

Д.Д. Бабушкин, Т.В. Асташова, А.А. Сафронов

*Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт
сорго и кукурузы,
г. Саратов, Россия*

В работе проанализирована продуктивность сортообразцов чечевицы и нута, включающих по восемь образцов в условиях двухфакторного полевого опыта. В качестве изучаемых гербицидов применялись препараты Ранголи-Прадо, ВРК (имазетапир, 100 г/л) и Родимич, ВР (имазамокс, 40 г/л).

Ключевые слова: нут, чечевица, гербицид, урожайность, масса.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований послужили сортообразцы чечевицы и нута (фактор А), а фактором В представлены гербицидные обработки: 1 вариант – контроль, 2 вариант – Ранголи-Прадо, ВРК, 3 вариант – Родимич, ВР. Полученные результаты подлежали статистическому об-счету через программу Agros 2.09.

Обсуждение результатов. Изучая урожайность образцов чечевицы можно выделить, что высокие показатели отмечались при обработке в 1 варианте

опыта (Ранголи-Прадо, ВРК), у большинства образцов за исключением образцов «ГУЧ» и «Пикантной», у которых значение составило: «ГУЧ» – 0,72 т/га, что ниже на не значительные 0,03 т/га при обработке Родимич, ВР, а у Пикантной показатель отмечался в 1,05 т/га во 2 варианте обработки, что выше чем в 1 варианте опыта на 0,11 т/га.

При обработке во 2 варианте опыта у всех образцов чечевицы за исключением «Синяя линия», отмечены самые высокие показатели массы 1000 семян, которые варьировали от 34 до 144 грамма. У образца «Синяя линия» самое высокое значение данного показателя отмечался в контрольном варианте, что составило 32 грамма.

Стоит отметить, что урожайность в контрольном варианте у таких образцов как «Изумруд», «Мечта», «Синяя линия», «КДЦ Рэдкот», отмечалась выше чем в обработке с Родимич, ВР (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние гербицидных обработок на урожайность образцов чечевицы

Вариант опыта	Название образца	Урожайность, т/га	Масса 1000 семян, гр.
Контроль	Даная	0,31	64
	Изумруд	0,65	72
	Пикантная	0,86	34
	Мечта	0,63	56
	ГУЧ	0,64	62
	Восточная	0,63	44
	Синяя линия	0,65	32
	КДЦ Рэдкот	0,71	30
Вариант 1 Ранголи-Прадо, ВРК	Даная	0,68	64
	Изумруд	0,77	68
	Пикантная	0,94	34
	Мечта	0,76	66
	ГУЧ	0,72	64
	Восточная	0,85	48
	Синяя линия	1,42	26
	КДЦ Рэдкот	1,65	28
Вариант 2 Родимич, ВР	Даная	0,62	66
	Изумруд	0,55	72
	Пикантная	1,05	34
	Мечта	0,56	66
	ГУЧ	0,75	144
	Восточная	0,63	110
	Синяя линия	0,39	26

Вариант опыта	Название образца	Урожайность, т/га	Масса 1000 семян, гр.
	КДЦ Рэдкот	0,51	34
F факт _(A)		1641,952*	4626,134*
HCP _{0,05(A)}		0,010	0,937
F факт _(B)		7597,183*	3103,161*
HCP _{0,05(B)}		0,006	0,574
F факт _(AB)		1557,530*	1137,967*
HCP _{0,05 (AB)}		0,018	1,624

Примечание: * достоверно превосходит F теор.

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа показали, что урожайность чечевицы в значительной степени определяется тремя компонентами. Генетический фактор (A) и применение гербицидов (B) обеспечивают 23,5% и 31,1% дисперсии соответственно. При этом доминирующее влияние оказывает эффект взаимодействия генотипа и химической обработки, на долю которого приходится 44,6% общей вариабельности показателей урожайности.

Анализ массы 1000 семян образцов чечевицы в рамках двухфакторного эксперимента показал, что определяющим фактором изменчивости является генотип (59,1 %). Доля влияния гербицидной обработки (фактор B) составила 11,3 %, тогда как на долю взаимодействия факторов A и B пришлось 29,1 % (рисунок 1).

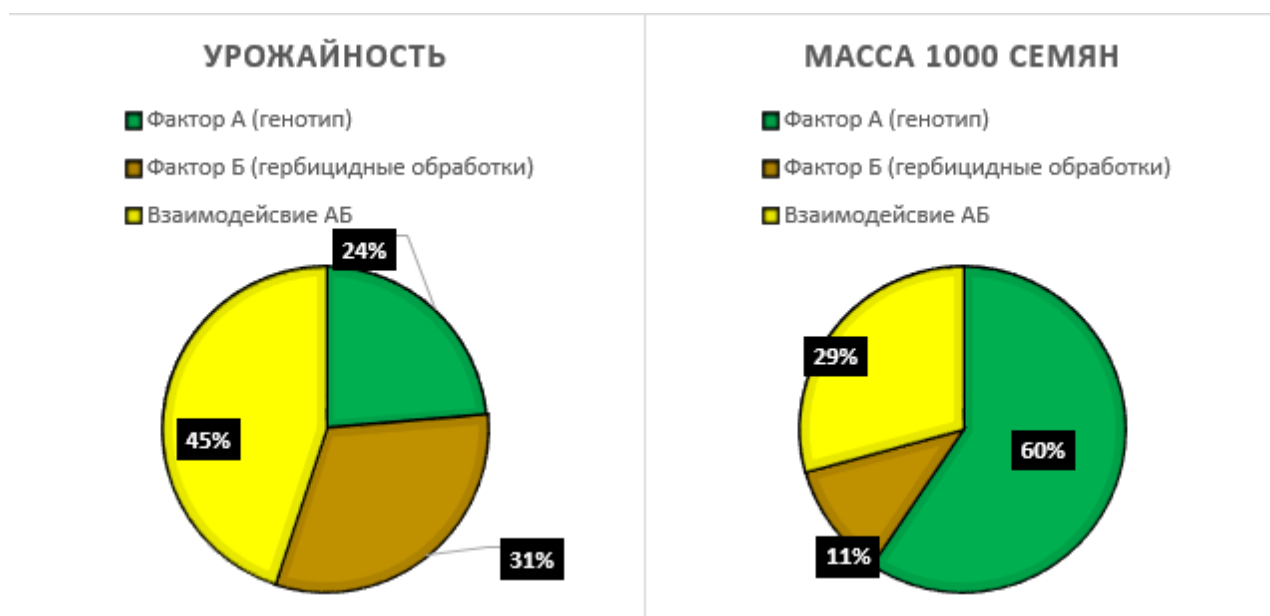


Рисунок 1 – Доля влияния изучаемых факторов на урожайность чечевицы

Наименьшая урожайность нута была зафиксирована во втором варианте опыта (обработка препаратом «Родимич, ВР») и составила 0,41–1,2 т/га. В рамках этого варианта максимальные показатели продемонстрировал сорт «Бенефис», а минимальные – «Черный жемчуг».

При использовании препарата «Ранголи-Тиран, ВРК» наиболее продуктивными оказались те же два образца, превзойдя как контрольные показатели, так и результаты второго варианта: «Черный жемчуг»: урожайность 1,45 т/га (масса 1000 семян – 140 г). Прирост составил 0,2 т/га относительно контроля и 1,04 т/га относительно второго варианта; «Бенефис»: урожайность 1,75 т/га (масса 1000 семян – 328 г). Прирост составил 0,38 т/га относительно контроля и 0,55 т/га относительно второго варианта (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние гербицидных обработок на урожайность образцов нута

Вариант опыта	Название образца	Урожайность, т/га	Масса 1000 семян, гр.
Контроль	Черный жемчуг	1,25	166
	Бонус	1,55	296
	Бенефис	1,37	340
	Тамерлан	1,65	250
	Рентон	1,78	256
	Медвежий	0,83	306
	Янтарь	1,32	232
	Л9	1,81	254
Вариант 1 Ранголи-Прадо, ВРК	Черный жемчуг	1,45	140
	Бонус	1,39	262
	Бенефис	1,75	328
	Тамерлан	1,35	290
	Рентон	1,71	276
	Медвежий	0,66	278
	Янтарь	1,24	258
	Л9	1,25	269
Вариант 2 Родимич, ВР	Черный жемчуг	0,41	126
	Бонус	0,80	223
	Бенефис	1,20	390
	Тамерлан	1,12	360
	Рентон	1,08	300
	Медвежий	0,75	348
	Янтарь	0,66	356
	Л9	0,68	318
F факт _(A)		2737,001*	5825,475*
НСР _{0,05(A)}		0,014	2,240
F факт _(B)		12356,581*	2292,211*
НСР _{0,05(B)}		0,008	1,372
F факт _(AB)		737,846	670,979*
НСР _{0,05 (AB)}		0,024	3,880

В контрольном варианте урожайность варьировала от 0,83 до 1,81 т/га, максимальная отмечена у образца «Л9», а минимальная у «Медвежий». Стоит отметить, что в контроле урожайность у большинства образцов отмечалась выше чем с обработками, за исключением образцов «Бенефис» и «Черный жемчуг».

Анализ урожайности нута выявил, что генетические факторы (А) объясняют 35,0% вариации, тогда как применение гербицидов (В) – 45,2%. Взаимодействие генотипа и гербицидной обработки составило 18,9% от общей вариативности.

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа массы 1000 семян образцов нута показали, что определяющим фактором является генотип (73,3%). Доля влияния гербицидной обработки (фактор В) оказалась существенно ниже – 8,2%, в то время как на долю взаимодействия факторов А и В пришлось 16,9% общей изменчивости признака (рисунок 2).

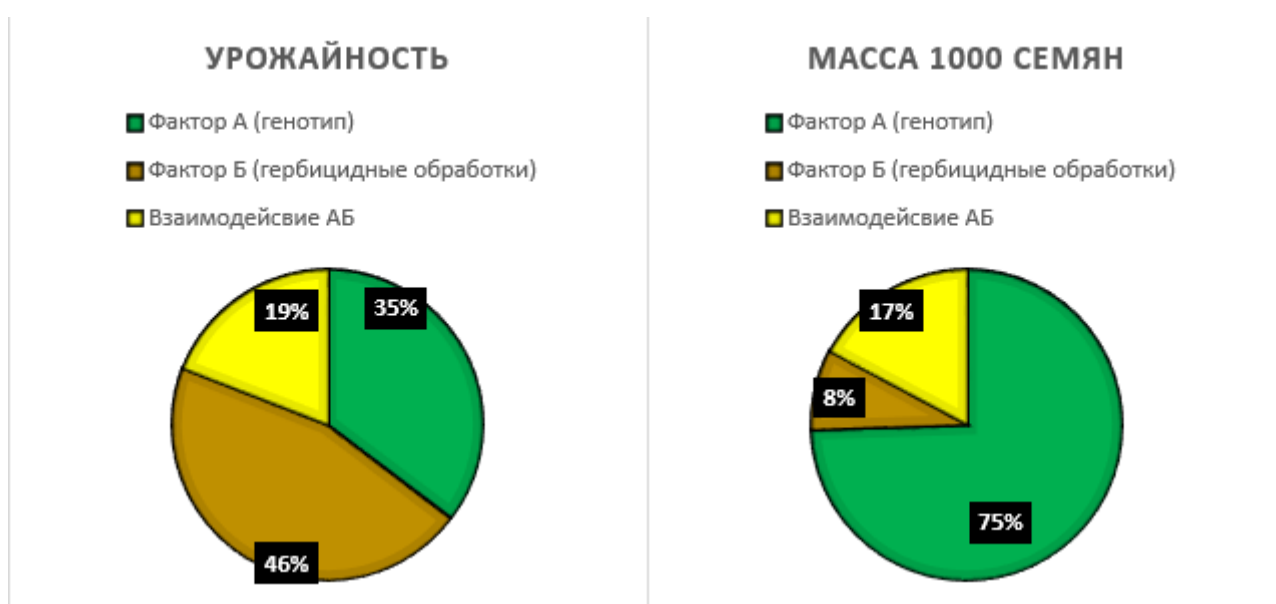


Рисунок 2 – Доля влияния изучаемых факторов на урожайность нута

Список использованных источников

1. Влияние регуляторов роста на проявления токсического действия гербицидов на растения / А. С. Лукаткин, А. С. Семенова, А. А. Лукаткин // *Агрохимия*. – 2016. – №. 1. – С. 73-95.
2. Карамнова, Н. В. Управление технологиями в отраслях растениеводства / Н. В. Карамнова, В. М. Белоусов // *Управление технологиями*. – 2018. – С. 78-193.
3. Чечевица-отечественный источник растительного белка для мясопереработки / Л. В. Антипова, И. Н. Толпыгина, А. А. Мищенко // *Мясной ряд*. – 2016. – №. 3. – С. 50-52.

THE EFFECT OF HERBICIDE APPLICATION ON THE YIELD OF LENTIL AND CHICKPEA GRAIN

D.D. Babushkin, T.V. Astashova, A.A. Safronov

*Russian Research and Design-Technological Institute of Sorghum and Corn,
Saratov, Russia*

The paper analyzes the productivity of lentil and chickpea variety samples, including eight samples each, under the conditions of a two-factor field experiment. The herbicides studied were Rangoli-Prado, VRC (imazethapyr, 100 g/l) and Rodimich, VR (imazamox, 40 g/l).

Keywords: chickpea, lentil, herbicide, yield, weight.

УДК 631.81:631.41

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ РОССИИ КАК ФАКТОР СОХРАНЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

Е.В. Батракова

*Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина,
г. Краснодар, Россия*

В статье рассматриваются важность применения удобрений как основного агротехнического приема интенсификации земледелия, позволяющего поддерживать необходимый уровень обеспеченности растений азотом, фосфором, калием и другими элементами. Отмечено, что увеличение объемов внесения удобрений формирует более сложную научно-практическую задачу, связанную с определением рационального уровня их использования. Рассматривается не максимизация количества вносимых веществ, а соответствие системы питания фактическому состоянию почвы, потребности культуры и планируемому уровню урожайности

Ключевые слова: сельское хозяйство, земледелие, минеральные удобрения, эффективность, урожайность.

Необходимость обеспечения повышения урожайности сельскохозяйственных культур в условиях достижения стратегических целей [1] развития сферы растениеводства, характеризуется интенсификацией использования земельных ресурсов. Одним из основных агротехнических приемов интенсификации земледелия остается применение удобрений, позволяющее поддерживать необходимый уровень обеспеченности растений азотом, фосфором, калием и другими элементами. Вместе с тем увеличение объемов внесения удобрений формирует

более сложную научно-практическую задачу, связанную с определением рационального уровня их использования.

Соответственно, эффективность системы удобрения, с нашей точки зрения, целесообразно рассматривать не столько с позиции достижения максимальной урожайности, сколько с точки зрения сохранения агрохимических свойств почвы, воспроизводства ее плодородия и ограничения экологической нагрузки на сельскохозяйственные земли.

Актуальность данного направления подтверждается устойчивым ростом использования минеральных удобрений в российском растениеводстве (рисунок 1) [2]. В 2024–2025 гг. после достижения максимального уровня наблюдается определенная стабилизация объемов приобретения на уровне 5,7–5,8 млн т действующего вещества. При этом расчетная потребность сельскохозяйственного производства в минеральных удобрениях также последовательно возрастала.

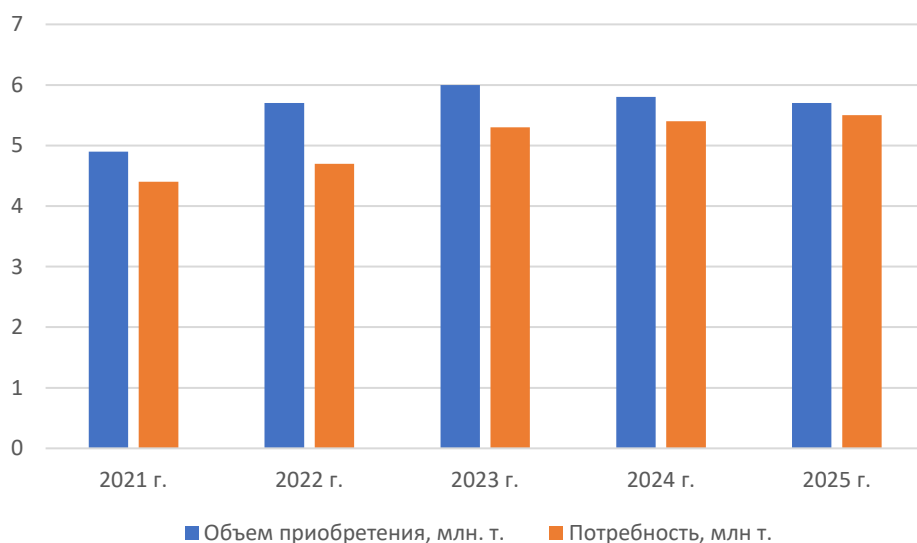


Рисунок 1 – Динамика приобретения минеральных удобрений организациями АПК России

Отметим, что абсолютный объем используемых удобрений не дает полного представления ни об эффективности их применения, ни о характере воздействия на плодородие почв. Для этого необходимо учитывать площадь сельскохозяйственных угодий, структуру посевов, особенности возделываемых культур и количество удобрений, приходящееся непосредственно на единицу посевной площади. Поэтому более информативным показателем интенсивности является количество внесенных удобрений в расчете на 1 га посевов. Наиболее высокий показатель отмечался при выращивании картофеля – 519 кг/га. Под сахарную свеклу вносилось 304 кг/га, под овощные культуры 242 кг/га, рапс – 134 кг/га, зерновые – 82 кг/га, лен-долгунец – 57 кг/га.

Территориально использование минеральных удобрений распределено неравномерно (рисунок 2). Наиболее высокие показатели характерны для регионов с развитым растениеводством и высокой концентрацией интенсивных сельскохозяйственных культур. В 2025 г. первое место занимал Краснодарский край, где было использовано около 330 тыс. т минеральных удобрений, или 9% общероссийского

объема. В Ростовской области объем составлял около 290 тыс. т (8%), в Ставропольском крае и Курской области – по 210 тыс. т (по 6%) [3].

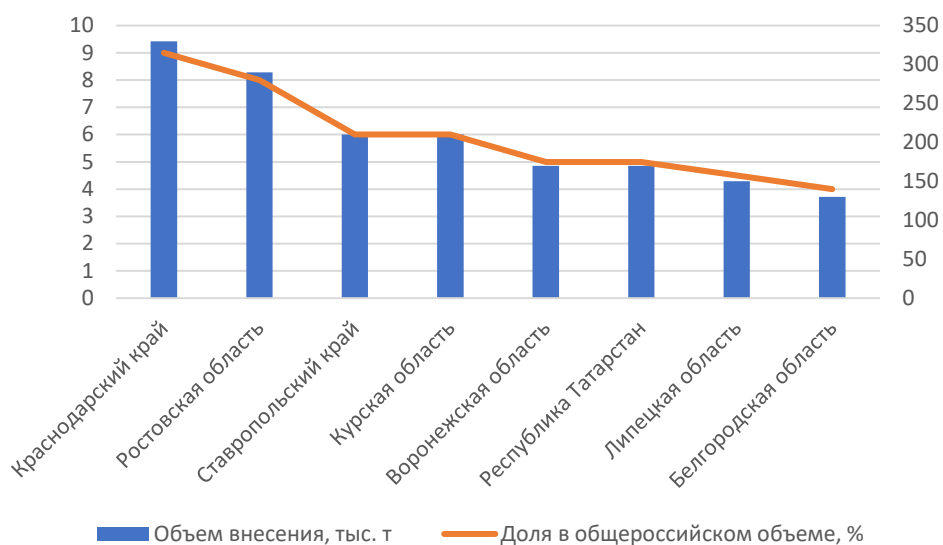


Таблица 2 – Регионы России с наибольшим объемом внесения минеральных удобрений в 2025 г.

Структура приобретения минеральных удобрений организациями АПК России в 2025 г. приведена на рисунке 3. Рост количества используемых удобрений сам по себе не следует отождествлять с повышением плодородия почвы. Минеральное питание прежде всего обеспечивает потребности выращиваемой культуры и компенсирует часть элементов, отчуждаемых с основной и побочной продукцией. Плодородие является более комплексной характеристикой и определяется содержанием органического вещества, реакцией почвенной среды, обеспеченностью подвижными формами фосфора и калия, содержанием макро- и микроэлементов, физическими и биологическими свойствами почвы.

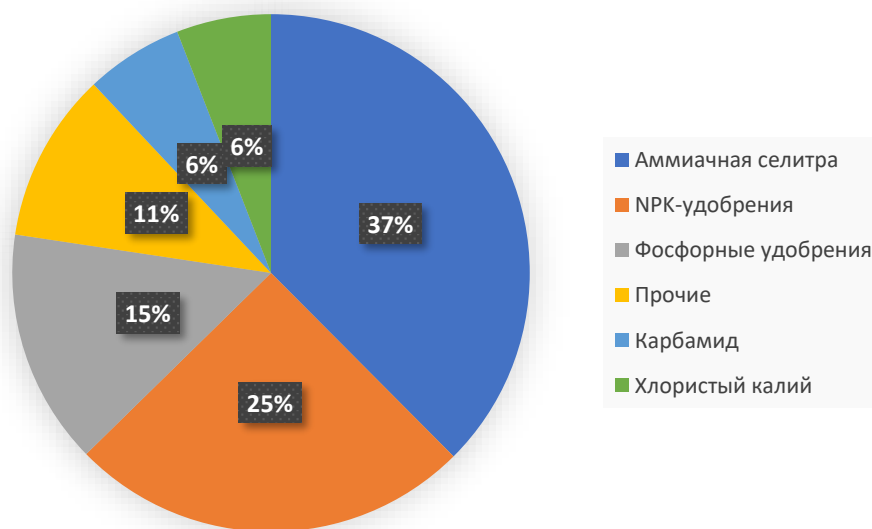


Рисунок 3 – Структура приобретения минеральных удобрений организациями АПК России в 2025 г., %

В связи с этим в качестве основного принципа рационального удобрения, нами предлагается рассматривать не максимизацию количества вносимых веществ, а соответствие системы питания фактическому состоянию почвы, потребности культуры и планируемому уровню урожайности [4, 5]. Такое положение позволяет перейти от количественного понимания интенсификации земледелия к адаптивному управлению плодородием. В основе такого подхода находится обратная связь между состоянием почвы и системой питания растений. Результаты каждого производственного цикла становятся исходными данными для последующего. Тем самым формируется не разовая система внесения удобрений, а непрерывный процесс управления почвенным плодородием.

Список использованных источников

1 Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2036 года. - Министерство экономического развития Российской Федерации. – 2018. – 28 ноября. – 47 с. / <https://www.economy.gov.ru/material/file/a5f3add5deab665b344b47a8786dc902/prognoz2036.pdf>.

2 Федеральная служба государственной статистики. - Статистика. / <https://rosstat.gov.ru>.

3 Богачев, А. И. Российский рынок минеральных удобрений: особенности функционирования в новых реалиях и метаморфозы развития / А. И. Богачев, Л. Н. Дорофеева // Вестник аграрной науки. – 2022. – № 3(96). – С. 78-92.

4 Климентова, Э. А. Рациональное использование земельных ресурсов как фактор повышения устойчивости сельского хозяйства / Э. А. Климентова, А. А. Дубовицкий, О. Ю. Смылова // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2023. – Т. 16, № 1(76). – С. 143-155. –

5 Аварский, Н. Д. Основные направления реализации потенциала рынка удобрений в России / Н. Д. Аварский, В. В. Таран, Х. Н. Гасанова // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2021. – № 4(73). – С. 61-74.

INTENSIFICATION OF FERTILIZER USE IN CROP PRODUCTION IN RUSSIA AS A FACTOR IN MAINTAINING SOIL FERTILITY

E.V. Batrakova

*Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin,
Krasnodar, Russia*

The article examines the importance of using fertilizers as the main agrotechnical method of intensifying farming, which makes it possible to maintain the required level of nitrogen, phosphorus, potassium, and other elements in plants. It has been noted that increasing the volume of fertilizer application creates a more complex scientific and practical problem related to determining the rational level of its use. The focus is not on maximizing the amount of applied substances, but on ensuring that the nutrient

system matches the actual condition of the soil, the crop's needs, and the planned yield level.

Keywords: agriculture, farming, mineral fertilizers, efficiency, yield.

УДК 577.175.13

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБРАБОТКИ ИНДОЛИЛУКСУСНОЙ КИСЛОТОЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ВТОРИЧНЫХ МЕТАБОЛИТОВ В СЫРЬЕ РОДИОЛЫ РОЗОВОЙ

С.А. Бондарев, Г.В. Адамов, Т.А. Кроль, Д.Н. Балеев

*Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных
и ароматических растений,
г. Москва, Россия*

Обработка фитогормонами рассматривается как один из потенциальных приёмов возделывания, повышающих устойчивость растений к стрессу и накопление вторичных метаболитов. Известно, что индолилуксусная кислота (ИУК) может регулировать накопление одной из групп вторичных метаболитов – фенольных соединений, к которым относятся основные действующие вещества родиолы розовой, салидрозид и розавин. Обработки концентрациями 1-20 мкг/мл ИУК привели к росту содержания розавина в 1,5 – 2,4 раза. Наиболее эффективна была обработка концентрацией 10 мкг/мл ИУК. Содержание салидрозида возросло, но сильно варьировало между растениями, вне зависимости от экспериментальных групп.

Ключевые слова: салидрозид, индолилуксусная кислота, фитогормоны, *Rhodiola rosea*, корневище.

Введение

Родиола розовая (*Rhodiola rosea* L.) это многолетнее травянистое лекарственное растение семейства *Crassulaceae*. В течение последних десятилетий возрастает спрос на сырьё родиолы – корневище с корнями. Основным источником корневищ остаются медленно возобновляющиеся естественные популяции, в которых заготовка привела к снижению обилия или исчезновению растений и, в целом, переходу родиолы розовой в статус редкого вида в ряде стран и регионов. Кроме того, наличие примесей других видов, неподходящие условия сушки и хранения, приводят к неоднородности качества естественного сырья и препаратов на его основе [1].

Для преодоления этих проблем ведутся работы по биотехнологическому получению действующих веществ, а также по интродукции, созданию сортов и выращиванию в открытом грунте с использованием различных приёмов. Применение фитогормонов рассматривают как один из актуальных приёмов обработки,

оказывающих комплексный эффект на растения. Фитогормоны представляют собой низкомолекулярные органические сигнальные вещества, с помощью которых осуществляется взаимодействие клеток, органов и тканей растения [2]. Известны следующие основные группы фитогормонов: ауксины, гиббереллины, цитокинины, абсцизовая кислота и этилен [3]. Наиболее распространенный природный ауксин это производная индола – индолилуксусная кислота (ИУК), участвующая в реакции на стресс, а также регулирующая рост и развитие растений, в том числе в качестве ответа на действие факторов среды [2, 3, 4].

Экзогенная обработка растений ИУК может повышать эффективность выращивания растений за счёт оптимизации использования воды и питательных веществ [5]. При обработке сельскохозяйственных культур ИУК оказывала положительное влияние на всхожесть харгаля, укоренение кукурузы и риса, цветение арбуза, завязывание плодов у апельсина, урожайность киноа [5].

Выявлено, что применение ИУК может влиять на содержание вторичных метаболитов, в том числе – фенольных соединений [5, 6]. Однако влияние ИУК на содержание фенольных соединений, в том числе салидрозида и розавина, в корневищах и корнях родиолы ранее не изучалось. В связи с этим, целью нашего исследования являлось изучение влияния различных концентраций ИУК на накопление салидрозида и розавина в корневищах и корнях родиолы розовой.

Материалы и методы

Исследования проводили в 2025 году на опытном поле ФГБНУ ВИЛАР. Объектом исследования являлись корневище и корни родиолы розовой.

Растения были высажены по схеме 25х60 см. Опыт закладывался в шестикратной повторности. Контрольные растения не обрабатывали, опытные группы обрабатывали раствором 1, 10 и 20 мкг/мл ИУК в период массового цветения. Сбор образцов проводили в первую декаду октября. Корневище с корнями промывали водой, лиофильно высушивали (FreeZone 2.5 L, Labconco, США) в течение 3 суток и хранили при - 20°C. Для проведения анализа корневища с корнями высушенные образцы измельчали с помощью ступки и пестика, затем на вибрационной мельнице (ММ 400, Retsch, Германия). 100 мг измельчённого корневища экстрагировали 10 мл 70% этанола в ультразвуковой ванне (ПСБ-2835-05, ПСБ-Галс, Россия) в течение 30 минут.

Количественное определение розавина и салидрозида в спиртовых экстрактах проводили методом ВЭЖХ-УФ. Для работы использовали моноблочный хроматограф Prominence-I LC 2030C 3D (Shimadzu, Япония), хроматографическую колонку Kinetex 2,6 µm Polar C18 100Å, 250×4,6 mm (Phenomenex, США). В качестве элюента А использовали очищенную воду с добавлением муравьиной кислоты (Merck, США) 0,2% (v/v), подвижная фаза В – ацетонитрил марки supragradient HPLC grade (Scharlau, Испания) с добавлением муравьиной кислоты 0,2 % (v/v). Температура термостата колонки составляла 40 °С, скорость потока подвижной фазы – 1,5 мл/мин. Соотношение компонентов подвижной фазы во времени изменялось согласно программе: 0 -7 мин – 4% В, 8 мин – 12% В, 12 мин – 25% В, 12,1-12,5 мин – 100% В, 13-14 мин – 4% В. Объём ввода пробы 2,5 мкл, растворы хранили в устройстве автосемплера при 8 °С. Пик салидрозида

детектировали при длине волны 280 нм, розавина – при 254 нм. Для идентификации и построения калибровочной кривой использовали стандартные образцы салидрозида и розавина ($\geq 98\%$, Shanghai Acme Biochemical Technology CO., LTD).

Результаты и обсуждение

Образцы корневищ обработанных растений отобрали после завершения вегетации – в один из двух сезонных пиков накопления салидрозида и розавина – основных действующих веществ родиолы розовой, отвечающих за адаптогенную и нейропротекторную активность её экстрактов. Проведенный хроматографический анализ показал, что наблюдается тенденция увеличения содержания салидрозида и розавина после внекорневых обработок различными концентрациями ИУК (Таблица 1).

Таблица 1 – Влияние ИУК на накопление салидрозида и розавина в корневищах и корнях родиолы розовой (данные представлены в виде среднего значения $\pm$ стандартная ошибка)

Вариант	Салидрозид, мг/г сухой массы корневища	Розавин, мг/г сухой массы корневища
Контроль – без обработки	0,46 $\pm$ 0,08	4,70 $\pm$ 0,49
ИУК, 1 мкг/мл	3,38 $\pm$ 1,81	6,96 $\pm$ 0,94
ИУК, 10 мкг/мл	3,38 $\pm$ 2,38	11,32 $\pm$ 2,00
ИУК, 20 мкг/мл	2,02 $\pm$ 1,95	8,52 $\pm$ 2,85

Дисперсионный анализ показывает что обработка индолилуксусной кислотой повлияла на содержание розавина ($p < 0,05$). Все концентрации привели к росту содержания розавина. Наиболее эффективна была обработка концентрацией 10 мкг/мл ИУК, вызвавшая рост содержания в 2,4 раза по сравнению с контролем ($p < 0,05$). Содержание салидрозида после обработки 1 и 10 мкг/мл ИУК в 7,3 раза превысило контроль, после обработки 20 мкг/мл в 4,4 раза. Но в то же время содержание салидрозида сильно варьировало между растениями ($CV=184\%$), вне зависимости от экспериментальных групп.

Действие ИУК на вторичный метаболизм изучено мало. В имеющихся исследованиях, как и в данной работе, было зафиксировано стимулирующее действие ИУК на накопление фенольных соединений. Так, Park с соавторами показали, что обработка проростков гречихи низкими концентрациями, от 0,1 до 1,0 мг/л ИУК, привела к более высоким или сопоставимым уровням общих фенольных соединений, чем у контрольных проростков, и увеличила выработку рутина. При выращивании лука репчатого. концентрация 50 мкг/мл ИУК повышала массу лукович, а более высокие концентрации, от 100 до 250 мкг/мл, увеличивали содержание фенольных соединений [5]. Наиболее высокие концентрации 10 и 20 мг/мл ИУК повышали накопление фенольных соединений у мяты

круглолистной. Причём сильнее всего содержание фенольных соединений возрастало в подземной части растений [6].

Заключение

Таким образом, внекорневая обработка ИУК повышает накопление салидрозида и розавина в корневищах с корнями родиолы розовой. Наиболее высокое содержание действующих веществ отмечено при концентрации 10 мкг/мл. Из-за ограниченного объема выборки и высокой вариабельности данных по салидрозиду необходимы дальнейшие исследования.

Список использованных источников

1. Brinckmann J. A., Cunningham A. B., Harter D. E. V. Running out of time to smell the roseroots: Reviewing threats and trade in wild *Rhodiola rosea* L //Journal of ethnopharmacology. – 2021. – Т. 269. – С. 113710.
2. Чумикина Л. В. и др. Фитогормоны и абиотические стрессы (обзор) //Химия растительного сырья. – 2021. – №. 4. – С. 5-30.
3. Ali J. et al. Harnessing phytohormones: advancing plant growth and defence strategies for sustainable agriculture //Physiologia plantarum. – 2024. – Т. 176. – №. 3. – С. e14307.
4. Thilakarathne A. S., Liu F., Zou Z. Plant signaling hormones and transcription factors: key regulators of plant responses to growth, development, and stress //Plants. – 2025. – Т. 14. – №. 7. – С. 1070.
5. Solano C. et al. Effect of the exogenous application of different concentrations of indole-3-acetic acid as a growth regulator on onion (*Allium cepa* L.) cultivation //Agronomy. – 2023. – Т. 13. – №. 9. – С. 2204.
6. Kecis H. et al. Different indole-3-acetic acid and 6 benzyl amino purine concentrations affect biomass, phenolic profile, and bioactivity in *Mentha rotundifolia* L. H. Kecis et al //Journal of Food Measurement and Characterization. – 2023. – Т. 17. – №. 5. – С. 4551-4564.

THE EFFECTIVENESS OF TREATMENT WITH 3-INDOLEACETIC ACID TO INCREASE THE CONTENT OF SECONDARY METABOLITES IN RAW MATERIAL OF RHODOLIA ROSEA

S.A. Bondarev, G.V. Adamov, T.A. Krol, D.N. Baleev

*All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants,
Moscow, Russia*

Foliar treatment with phytohormones is considered one of the potential cultivation techniques that increase plants' resistance to stress and the accumulation of secondary metabolites. It is known that 3-Indoleacetic acid (IAA) can regulate the accumulation of one group of secondary metabolites – phenolic compounds, which include the main active substances of *Rhodiola rosea*, salidroside and rosavin. Treatments with IAA concentrations of 1–20 µg/mL led to a 1.5–2.4-fold increase in rosavin content. The treatment with a medium concentration of 10 µg/mL IAA was the most effective.

The salidroside content increased, but it varied greatly between plants, regardless of the experimental groups.

Key words: salidroside, 3-Indoleacetic acid, phytohormones, *Rhodiola rosea*, rhizome.

УДК 634.1.03

ИЗУЧЕНИЕ ВОПРОСА РАЗМНОЖЕНИЯ КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ ДЛЯ ГРУШИ

Е.А. Бочкарев

*Научно-исследовательский институт садоводства
и лекарственных растений «Жигулевские сады»,
г. Самара, Россия*

В статье представлен обзор основных способов размножения клоновых подвоев для груши (айва), показаны их преимущества и недостатки. Указаны подвойные формы с высокой способностью к вегетативному размножению зелеными и одревесневшими черенками, а также отводками в маточнике. Приводится краткая характеристика районированных клоновых подвоев для груши КА 53 и КА 92.

Ключевые слова: айва, клоновый подвой, груша, маточник, черенки.

В основных регионах промышленного садоводства груши при производстве посадочного материала используют клоновые подвой, созданные на основе айвы обыкновенной. Айвовые клоновые подвой ускоряют вступление деревьев в плодоношение, обеспечивают однородность насаждений по высоте и габитусу кроны, повышают продуктивность, способствуют улучшению привлекательности и товарно-потребительских качеств плодов. В связи с этим, важное значение для производства имеет изучение способности айвы к вегетативному размножению различными способами.

Зеленое черенкование, сущность которого заключается в укоренении молодых зеленых побегов, широко применяется в питомниководстве. Зеленое черенкование, как способ вегетативного размножения растений, обладает рядом важных преимуществ: дает возможность получения большого количества черенков с малой площади маточника, обеспечивает физиологическую целостность и генетическую однородность растений, способствует оздоровлению посадочного материала, обеспечивает высокий коэффициент размножения и т.д. С другой стороны, существенным недостатком зеленого черенкования у трудноукореняемых растений является длительный период корнеобразования, слабое развитие корневой системы, плохая приживаемость при пересадке.

В отличие от зеленого черенкования, при размножении одревесневшими черенками для укоренения используют черенки, нарезаемые из хорошо вызревших однолетних побегов в период покоя. Заготовка таких черенков может выполняться в течение более продолжительного периода времени, что исключает напряжение и концентрацию трудовых затрат на данную операцию. Кроме того, за один сезон могут быть получены крепкие однолетние саженцы, имеющие высокую степень приживаемости в поле. К недостаткам способа, как и в случае с зеленым черенкованием, можно отнести плохую укореняемость некоторых пород и необходимость создания оптимальных условий среды, главным образом, температуры и высокой относительной влажности воздуха.

У айвы обыкновенной степень укореняемости черенков может значительно различаться. Например, в исследованиях Е.А. Долматова и О.Н. Борисовой (2016) укореняемость зеленых черенков варьировала от 66,0 до 88,8%. По этому показателю ими были выделены перспективные подвойные формы 32А-1-9, 32А-1-24, 32А-1-26, 32А-1-29 и др. При этом авторы отмечают, что одревесневшие черенки этих подвоев не укореняются [1]. В результате опытов И.В. Зацепиной (2023) было установлено, что в условиях теплицы с паротуманной установкой укореняемость зеленых черенков айвы ВА 29, Северная, № 21 и Прованская без обработки стимулятором корнеобразования составляла 31,7...51,7 %, а с обработкой индолил-3-масляной кислотой – 50,0...66,7 % [2]. Более поздние исследования этого автора показали, что укореняемость зеленых черенков айвы можно повысить до 71,8...76,9 % за счет обработки срезов современными регуляторами роста растений [3]. Также была выявлена способность форм айвы ВА 29 и Северная к размножению одревесневшими черенками как при использовании регулятора роста, так и без него [4].

Некоторые формы айвы обладают способностью к размножению отводками в маточнике. На это, в частности, указывал еще Г.В. Трусевич (1964), проводя исследования с айвой типа А [5]. Изучение клоновых подвоев для груши в отводковом маточнике в Крыму показало, что высокой побегообразовательной способностью и укореняемостью отводков обладает айва ВА 29, ИС 2-10, 5-5К, МА и, особенно, формы местной селекции КА 53, КА 86 и КА 92 [6]. В условиях Республики Беларусь по комплексу хозяйственно-ценных признаков, в т. ч. высокой побегообразовательной способности, укореняемости и выходу стандартных подвоев были выделены формы айвы 2-31 и S1 [7].

Таким образом, вегетативное размножение айвы в качестве клоновых подвоев может производиться, в зависимости от ее биологических особенностей, различными способами. Поскольку использование айвовых подвоев в создании промышленных насаждений груши в условиях Среднего Поволжья представляет несомненный интерес для производства, является целесообразным подбор адаптивных сортов и проведение их комплексного изучения, одним из направлений которого является вопрос наиболее эффективного способа размножения. В настоящее время в реестре селекционных достижений, допущенных к использованию в нашем регионе в качестве клоновых подвоев для груши, находятся только две формы айвы: КА 53 и КА 92 селекции ФГБУН «Никитский ботанический сад – ННЦ РАН» (выведены В.В. Танкевич и А.Н. Татариновым), которые представляют собой клоны отобранных по хозяйственно-ценным признакам

сеянцев [8]. Эти подвои, согласно литературным данным, могут вегетативно размножаться как зеленым черенкованием, так и отводками в маточнике. Оба подвоя относятся к среднерослым. У КА 53 куст прямостоячий, побеги средние, ветвящиеся, средней толщины, прямые, округлые, коричневые, опушенные. Почки прижатые, средние, конические, гладкие. Листья средние, продолговатые, короткозаостренные, зеленые, слабо гофрированные, матовые, имеют среднюю глянецовитость на верхней стороне листа. Пластинка листа вогнутая, слабоопушенная. У КА 92 куст раскидистый, побеги средние, ветвящиеся, средней толщины, прямые, округлые, оранжево-коричневые, опушенные. Почки средние, слегка отогнутые. Листья средние, продолговатые, яйцевидные, короткозаостренные, светло-зеленые, слабогофрированные. Пластинка листа вогнутая, слабоопушенная. Для обеих форм характерны высокие зимостойкость, засухоустойчивость, жароустойчивость, укореняемость, устойчивость к вредителям и болезням. Совместимость с сортами при окулировке составляет 94-95% [6,8]. Данные подвои, а также ряд других форм находятся на изучении в ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады», что позволяет в ближайшем будущем дать рекомендации производству по их использованию в интенсивном садоводстве.

Список использованных источников

1. Долматов Е.А., Борисова О.Н. Оценка способности новых подвойных форм айвы обыкновенной селекции ВНИИСПК к размножению зелеными черенками // Современное садоводство. – 2016. – № 1. – С. 72-76. EDN: VQCAVT.
2. Зацепина И. В. Выращивание и изучение сортов, форм груши и айвы в условиях искусственного тумана // Бюллетень МОИП. Отд. биол. – 2023. – Т. 198. – Вып. 1. – С. 29-36. EDN: KSEFHY.
3. Зацепина И. В. Укоренение форм груши и айвы при помощи регулятора роста растений рибав-экстра // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2025. – Т. 10. – № 1. – С. 10-16. EDN: XVKNVP.
4. Зацепина И. В. Воздействие регулятора роста растений янтарной кислоты на одревесневшие черенки форм груши и айвы // Наука и образование. – 2023. – Т. 6. – № 1. EDN: TMPCGD.
5. Трусевич Г.В. Подвои плодовых пород. – М.: Изд-во «Колос», 1964. – 495 с.
6. Танкевич В.В., Сотник А.И. Изучение клоновых подвоев для груши в отводочном маточнике в Крыму // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2020. – № 23(186). – С. 5-13. EDN: EQPVOC.
7. Самусь В.А., Шкробова М.А., Левшунов В.А. Хозяйственно-биологическая характеристика местных и интродуцированных форм айвы (*Cydonia oblonga*) в качестве клоновых подвоев для груши в маточнике // Плодоводство. – 2019. – Т. 31. – С. 55-61.
8. Реестр селекционных достижений. [Электронный ресурс] (URL: <https://gossortrf.ru/registry/>) (дата обращения 08.09.2026 г.).

STUDYING THE ISSUE OF PROPAGATING CLONAL ROOTSTOCKS FOR PEAR

E.A. Bochkarev

*Scientific Research Institute of Horticulture and Medicinal
Plants “Zhigulevskie Sady”,
Samara, Russia*

The article provides an overview of the main methods of propagating pear clonal rootstocks (quince) and highlights their advantages and disadvantages. The rootstock forms with a high capacity for vegetative propagation using green and woody cuttings, as well as by layering in the mother plantation, are identified. A brief description of the zoned pear clonal rootstocks KA 53 and KA 92 is provided.

Keywords: quince, clonal rootstock, pear, mother plantation, cuttings.

УДК 338.24:004.8

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В МАЛОМ И СРЕДНЕМ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВЕ

А.А. Бредихин, В.И. Найденков

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
г. Саратов, Россия*

В статье рассматривается роль искусственного интеллекта в деятельности малых и средних предприятий. Описаны направления применения искусственного интеллекта и меры поддержки со стороны государства.

Ключевые слова: алгоритм, искусственный интеллект, малый и средний бизнес, нейросеть, чат-бот, экономика.

В условиях цифровой трансформации экономики технологии искусственного интеллекта (ИИ) перестали быть прерогативой крупных корпораций с многомиллионными бюджетами. Сегодня ИИ все активнее проникает в сектор малого и среднего предпринимательства (МСП), предлагая инструменты для автоматизации рутинных процессов, персонализации клиентского сервиса, прогнозирования спроса и оптимизации издержек [1]. Актуальность обусловлена тем, что именно МСП составляет основу современной экономики большинства стран (в России – около 20% ВВП и более 15 млн занятых), но при этом традиционно испытывает дефицит ресурсов: временных, кадровых и финансовых. Внедрение ИИ позволяет нивелировать этот разрыв, повышая конкурентоспособность небольших компаний без пропорционального роста сотрудников [2]. Кроме того, в условиях санкционного давления и ухода западных вендоров отечественные

решения на базе ИИ становятся фактором технологического суверенитета для малого бизнеса [3].

На сегодняшний день степень проникновения ИИ в сектор МСП остается неравномерной. Согласно исследованиям, около 35-40% малых и средних предприятий в развитых странах хотя бы раз пробовали использовать инструменты на базе искусственного интеллекта, в России этот показатель ниже – порядка 18-22%, но демонстрирует ежегодный рост на 5–7%. Наиболее часто применяют:

- чат-боты и голосовых помощников. Особенно популярно в интернет-магазинах, доставке, салонах красоты. Например, бот отвечает на типовые вопросы «как оформить заказ» или «сколько стоит доставка». Это стоит от 5–10 тысяч в месяц, что дешевле, чем нанимать отдельного оператора на полставки [4];

- аналитику и прогноз продаж. Например, сервисы на базе ИИ для управления товарными остатками, динамическое ценообразование. В розничной торговле и общепите применение искусственного интеллекта позволяет снизить списания на 15–25%;

- генерацию контента и SEO-оптимизацию – малые агентства, интернет-магазины и блогеры используют нейросети для создания описаний товаров, постов в соцсетях и рекламных макетов, сокращая время на рутинный копирайтинг в 3–5 раз;

- автоматизацию бухгалтерии – ИИ-распознавание первичных документов, автоматическая разноска платежей, проверка контрагентов по открытым источникам. Для микробизнеса это экономия 5-10 часов в неделю [5].

Еще есть позитивный тренд – появились российские сервисы, которыми можно пользоваться без программистов. Плюс государство через «Сколково» и центры «Мой бизнес» дает субсидии на покупку такого программного обеспечения.

Несмотря на очевидные выгоды, большинство предпринимателей МСП сталкиваются с типовыми барьерами:

- *высокий порог входа и неочевидный ROI*. Стоимость кастомных решений начинается от 300–500 тыс. рублей, а экономический эффект наступает через 3-6 месяцев. При ограниченном бюджете предприниматель предпочитает вложить финансовые средства в закупку товара или рекламу, а не в «черный ящик» ИИ;

- *дефицит компетенций*. Владелец МСП не всегда понимает, какие задачи можно автоматизировать, а главное – как ставить техническое задание для разработчика [6]. К тому же отсутствуют навыки работы даже с готовыми облачными сервисами (настройка промптов, дообучение модели);

- *проблемы с данными*. ИИ требует качественных размеченных данных. У малого бизнеса либо их мало, либо они хаотичны (рукописные заявки, разрозненные Excel-файлы, отсутствие единой CRM). «Мусор на входе – мусор на выходе»: модель дает неверные прогнозы, дискредитируя идею автоматизации;

- *страх потери контроля и безопасности*. Многие ИИ-сервисы работают в облаке, что вызывает опасения об утечке клиентских баз и коммерческой информации. Также есть риск зависимости от зарубежного вендора (отключение API, повышение тарифов);

- *отсутствие понятных кейсов в отрасли.* Типовой ответ: «в нашем бизнесе (грузовая перевозка / стоматология / цветочный магазин) ИИ не применяется, потому что у нас все индивидуально». Это заблуждение, но оно распространено.

Чтобы малый и средний бизнес получал устойчивую отдачу, требуется системный подход, как на уровне отдельных компаний, так и на уровне экосистемы. В этой связи на уровне предпринимателя или компании, необходимо:

1) начинать с «боли» и малого бюджета. Выбрать одну узкую операцию, которая отнимает много времени и имеет четкий измеримый результат (например, ответы на типовые вопросы в WhatsApp или распознавание чеков поставщиков). Использовать бесплатные или условно-бесплатные SaaS-решения: многие сервисы имеют тарифы до 3000 рублей в месяц;

2) параллельно наводить порядок в данных. В течение 1–2 месяцев структурировать клиентскую базу, договоры, складские остатки в единой CRM/ERP. Без этого даже дорогая ИИ-система не даст точности. Можно начать с простых решений: таблицы Google с подключением дополнений на базе искусственного интеллекта;

3) обучить команду минимуму промпт-инжиниринга. Достаточно 2–4 часов практики с ChatGPT или Kandinsky, чтобы сотрудники поняли возможности и ограничения нейросетей. Лучше выделить одного «цифрового чемпиона» внутри компании, который тестирует инструменты и транслирует успехи;

4) строить гибридную схему: ИИ + человек. Автоматизировать рутину (сбор первичных данных, генерация черновиков договоров), но финальные решения оставлять за человеком. Это снижает риск ошибок и успокаивает персонал [7].

На уровне отраслевой и государственной поддержки:

- *типовые отраслевые решения по подписке.* Государству и институтам развития стоит профинансировать создание отраслевых «пакетов ИИ» для МСП. Распространять их через центры «Мой бизнес» по фиксированной низкой цене;

- *короткие бесплатные курсы.* Не нудные лекции, а скринкасты по 20 минут: «как настроить автоответчик-нейросеть за 15 минут» или «как сделать аналитику продаж с ИИ». Разместить на Госуслугах и в соцсетях;

- *создать «песочницы» для безопасного тестирования.* Региональные технопарки и центры цифровой трансформации предоставляют МСП облачный доступ к ИИ-сервисам с обезличенными данными на 1–2 месяца бесплатно. Предприниматель может убедиться в пользе до подписки;

- *налоговые льготы.* Если компания покупает ИИ-сервисы, давать возможность применять понижающий коэффициент при расчете налога на прибыль, как для научных разработок. И еще можно запустить «ИИ-факторинг»: банки дают кредит под меньший процент, если бизнес использует проверенную ИИ-модель для прогноза долгов.

Технологии искусственного интеллекта уже сегодня способны кардинально повысить эффективность малого и среднего бизнеса, однако основным препятствием остается не сложность алгоритмов, а дефицит практических знаний и страх первоначальных инвестиций [8]. Ключевой рецепт –

инкрементальное внедрение: старт с одной простой задачи, использование дешевых облачных сервисов и гибридный контроль со стороны человека. При этом для массового масштабирования успешных кейсов необходима поддержка государства и институтов развития в виде типовых отраслевых решений, образовательных программ и «песочниц». Малый бизнес, который начнет системно применять ИИ уже в ближайшие 12-18 месяцев, получит устойчивое преимущество в виде снижения издержек на 20-30% и повышения скорости принятия решений. Остальные рискуют остаться в прошлом экономическом укладе.

Список использованных источников

1. Казанкина, О. А. Моделирование кредитного риска с применением программного продукта VStat в банковском маркетинге / О. А. Казанкина, И. М. Кублин, Н. И. Быканова // Практический маркетинг. – 2023. – № 4(310). – С. 22-28. – EDN KJLYOY.
2. Куликова, Ю. А. Развитие маркетинговых коммуникаций целевой аудитории / Ю. А. Куликова, Е. В. Ергалиева // Социальные науки. – 2021. – № 1(32). – С. 30-39. – EDN OTLVEJ.
3. Бурмистрова, И. К. Актуализация проблемы моделирования управления инновационным развитием на современном этапе функционирования экономики / И. К. Бурмистрова, И. М. Кублин // Актуальные проблемы экономики и менеджмента. – 2015. – № 1(5). – С. 10-15. – EDN UDBREJ.
4. Устойчивое развитие экономики России в меняющемся мире: приоритеты и механизмы обеспечения: монография / Л. В. Санкова, Е. В. Янченко, Л. А. Отставнова [и др.]. – Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2026. – 155 с. – ISBN 978-5-4497-5621-3. – DOI 10.23682/162490. – EDN VDDLTI.
5. Отраслевые особенности цифровой трансформации основных видов экономической деятельности в Российской Федерации / И. М. Кублин, В. И. Найденов, А. Р. Пугаева, А. А. Воронов // Экономика устойчивого развития. – 2023. – № 3(55). – С. 41-45. – EDN STRTQO.
6. Ruban, M. F. Comparative Analysis of modern Russian and foreign quality management systems / M. F. Ruban // Current trends in history, culture, science and technology: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, 04–05 июня 2025 года. – Saratov: KUBIK Publishing House LLC, 2025. – P. 258-263. – EDN IOBYRS.
7. Кабаргина, А. А. Особенности формирования инновационного маркетинга на предприятии / А. А. Кабаргина, И. М. Кублин, А. А. Воронов // Экономика устойчивого развития. – 2021. – № 1(45). – С. 56-60. – EDN KUWTIH.
8. Найденов, В. И. Малый бизнес в экономике страны: развитие в условиях новых вызовов / В. И. Найденов, Д. Р. Акчурина, Р. С. Плеханов // Актуальные вопросы устойчивого развития государства, общества и экономики: сборник научных статей Всероссийской научно-практической конференции, Курск, 02–03 ноября 2022 года. – Курск: Курская академия государственной и муниципальной службы, 2022. – С. 277-281. – EDN OQVOFR.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES

A.A. Bredikhin, V.I. Naidenkov

*Yuri Gagarin State Technical University of Saratov,
Saratov, Russia*

This article examines the role of artificial intelligence in the operations of small and medium-sized enterprises. It outlines areas of artificial intelligence application and state support measures.

Keywords: algorithm, artificial intelligence, small and medium-sized business, neural network, chatbot, economy.

УДК 664.8.037.1

ХОЛОДИЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ И СОЗДАНИЕ БЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ ИЗБЕЖАНИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НА НЕЙ ДЕФЕКТОВ

А.С. Галка¹

*Донской государственный технический университет,
г. Ростов-на-Дону, Россия*

В статье рассмотрены основные методы предварительного и полноценного охлаждения плодоовощной продукции. Подчеркивается важность соблюдения температурно-влажностного режима во избежание возникновения дефектов на продуктах.

Ключевые слова: плод, продукция, охлаждение, холод, процесс, дефект.

В 2025 году российские аграрии зафиксировали прирост урожайности плодово-ягодной продукции на 7%, относительно прошлого сезона. Валовый объем сбора всех хозяйств достиг примерно 3,9 миллионов тонн. Подобная положительная динамика объясняется массовым внедрением инновационных технологий в агропромышленную структуру. Вместе с тем, текущие экономические условия подталкивают производителей продуктов питания к поиску альтернативных методов создания пищевой продукции, способной конкурировать с импортными аналогами. Помимо фруктов и овощей в свежем виде, потребители создают высокий спрос на соки с добавлением натуральных ягод и фруктов. Снабжение населения такой продукцией в различных условиях, включая аномальную

¹ Научный руководитель: **В.В. Романов**

летнюю жару, требует разработки новых устройств для кратковременного охлаждения сырья перед переработкой. Поскольку основные производственные мощности сосредоточены в южных и центральных областях страны, а конечный покупатель нередко находится на значительном удалении, возникает потребность в организации логистических цепочек с непрерывным контролем температурного режима. Корректное управление охлаждающими процессами позволяет сохранить качество растительной продукции и продлить срок ее хранения после уборки.

Для создания благоприятных условий, увеличивающих продолжительность сохранности сельскохозяйственной продукции, применяются холодильные камеры или установки шоковой заморозки. Данные агрегаты снижают интенсивность дыхания плодов и замедляют процессы их старения - за счет охлаждения и хранения при низких температурах. Оперативное охлаждение собранного урожая является одним из ключевых факторов, влияющих на его лежкость.

Холодильная обработка выступает одним из ключевых методов, позволяющих сохранить качество ягод, плодов и овощей. Однако ее преимущества используются, к сожалению, не в полной мере, особенно на стартовом этапе - предварительном охлаждении, которое за счёт резкого снижения температуры уменьшает потери от порчи и усушки. Такое охлаждение ослабляет интенсивность биохимических реакций, сдерживает значительную потерю массы продукта и тормозит размножение фитопатогенов. Установлено, что сутки хранения растительных клеток плодов при $+25^{\circ}\text{C}$ соответствуют двум суткам при $+15^{\circ}\text{C}$, четырём суткам - при $+10^{\circ}\text{C}$, восьми - при $+4^{\circ}\text{C}$, и наконец шестнадцати - при $+0^{\circ}\text{C}$.

Для предварительного охлаждения продукции применяются такие методы, как:

- обдув воздушным потоком;
- обдув, создаваемый перепадом давления;
- жидкостное охлаждение ледяной водой посредством орошения или погружения;
- снегование;
- вакуумное охлаждение в специальных установках;
- комбинированное охлаждение.

После предварительного охлаждения идет быстрое, полноценное охлаждение продукции. Фрукты и овощи, подвергнутые быстрому охлаждению, сохраняют хорошую устойчивость к патогенам гораздо длительное время, а размножение микроорганизмов тормозится. Как следствие этому, уменьшаются убытки из-за перезревания, испарения влаги и физиологических нарушений, а период хранения в холоде удлиняется: для яблок, груш и винограда примерно на 1–2 месяца, для косточковых – на 2–3 недели, а для овощей – от одной до шести недель. Среди методов полноценного охлаждения выделяют: вакуумный способ (самый быстрый), гидроохлаждение, снегование и воздушный способ охлаждения. Однако, чаще всего на практике применяют воздушное охлаждение, так как это самый удобный и практичный метод. [1]

При этом, холод часто становится причиной физиологических повреждений продукции. Дефекты на ней возникают в случае, если фрукты и овощи лежат длительное время при температуре ниже критической отметки, но без заморозки. И также при резких температурных колебаниях появляются повреждения разной степени, в зависимости от срока воздействия и свойств самого продукта. По восприимчивости к переохлаждению, продукция делится на три категории:

- Низкий уровень восприимчивости. Продукция сохраняет пользу 1–2 недели без возникновения дефектов.
- Средний уровень восприимчивости. Продукция портится через 4–7 дней.
- Высокий уровень восприимчивости. При переохлаждении, продукты теряют свое качество и полезные свойства уже через несколько часов.

Признаками восприимчивости продукта проявляются через деформацию поверхностей, например, отслоением кожицы, или изменением структуры и цвета, ускоренным гниением, появлением посторонних вкусов и запахов.

Внутри плодов и овощей протекают биохимические, физические, физиологические и микробиологические процессы, которые меняют их качество и приводят к потерям. Данные процессы взаимосвязаны между собой, а их интенсивность и направленность зависят от особенностей свежей продукции, как живых растительных организмов.

Одной из главных особенностей плодов и овощей при хранении, в отличие от их состояния на материнском растении – есть отсутствие поступления воды и питательных веществ. Из-за этого, процессы жизнедеятельности в свежей продукции идут исключительно за счет запасов, которые были накоплены во время процесса вегетации, что приводит к доминированию распада над синтезом.

Идеальными условиями считаются, если плоды охлаждаются до рекомендуемой температуры в течение суток после съема. Отсутствие быстрого охлаждения сразу после сбора приводит к увяданию из-за потери влаги, что заметно по морщинистости и дряблости мякоти. В итоге продукт теряет вкус и привлекательный вид. Потеря контроля температурно-влажностного режима внутри охлаждаемого помещения может сказаться очень печальным образом на продукции (демонстрация на рисунке 1).



Рисунок 1 – Последствия отсутствия контроля температурно-влажностного режима внутри охлаждаемого помещения, где хранился продукт [2]

Холод считается хорошим и очень эффективным средством против развития микроорганизмов в скоропортящихся продуктах. Транспортировка предварительно охлажденной продукции обеспечивает стабильный температурно-влажностный режим, сокращая порчу на 4-10%, увеличивая выход стандартной продукции по прибытии в место назначения - на 10-20%. Хочется отметить, что в развитых странах более 50% плодоовощной продукции охлаждается заранее.

Исследование Калифорнийского университета предлагает хранить плодоовощную продукцию «по правилу 7\8». Оно гласит о том, что 7\8 избыточной температуры продукции, которая закладывается в охлаждаемое помещение, должна быть отведена за время, необходимое для отвода 1\8 температуры. Для проведения данного эксперимента, продукты охлаждались медленно, определяя половину времени, чтобы потом было удобнее получить 7\8, что равно трем периодам 1\2. Соблюдение данного «правила» существенно замедляет порчу продукции и удлиняет срок ее хранения.

Однако скорость охлаждения продуктов зависит еще и от типа упаковки в промышленных коммерческих системах, при использовании «правила 7\8». Недостаточно учитывать лишь холодильную мощность, важно принимать во внимание воздухообмен через продукт и упаковку. Поэтому для соблюдения данного правила, проектируют вентиляционные системы с заранее точным подбором вентиляторов, независимо от вида упаковки и объема продукции. [3]

Список использованных источников

1. Бабакин Б.С., Воронин М.И. «Энергосберегающие холодильные технологии транспортировки, хранения и дозаривания фруктов» - г. Москва, изд. «ДеЛи плюс», 2013г., 191с. ISBN: 978-5-905170-37-9.

2. Головкин Н.А., Чижов Г.Б. «Холодильная технология пищевых продуктов» - г. Москва: Госторгиздат, 1963г. – 240с.

3. Шишкина Н.С. «Совершенствование технологии хранения плодоовощной продукции» - г. Москва: ВНИХИ, 2015г., - с.327-335. DOI: 10.17816/RF98970.

CHILLING TREATMENT OF FRUIT AND VEGETABLE PRODUCTS AND CREATING FAVORABLE CONDITIONS TO AVOID THE DEVELOPMENT OF DEFECTS ON THEM

A.S. Galka¹

*Don State Technical University,
Rostov-on-Don, Russia*

The article examines the main methods of preliminary and full cooling of fruit and vegetable products. The importance of maintaining the temperature and humidity regime to prevent defects in products is emphasized.

Keywords: fruit, product, cooling, cold, process, defect.

¹ Scientific Supervisor: **V.V. Romanov**

ХОЛОДИЛЬНЫЕ СКЛАДЫ И ХРАНИЛИЩА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ СЫРА

А.С. Галка¹

*Донской государственный технический университет,
г. Ростов-на-Дону, Россия*

В статье рассмотрены разные виды помещений для хранения сыра. Описаны требуемые условия температуры и влажности для его созревания. Рассмотрены также типовые проекты холодильных складов и правильное размещение сыра в подобных хранилищах.

Ключевые слова: продукт, сыр, холод, хранилище, воздух, проект, каркас.

Сыр является молочным продуктом, и имеет, соответственно, ключевое значение в агропромышленной отрасли. Он является важнейшим источником белка, кальция, витаминов. Всё это делает его полезным и очень важным элементом приема пищи людей. Для поддержания качества сыра, требуется хранить его в охлаждаемом помещении, которое предотвращает рост бактерий и ухудшение вкусовых качеств. Для хранения сыра чаще всего создают холодильные склады, разработанные по типовым проектам, которые адаптируются под молочные отрасли. А для перемещения и осуществления логистических цепочек, или, например, экспорта сыра, применяют авторефрижераторы. В них продукт перемещается на специальной фуре, внутри которой находится холодильная система, которая поддерживает требуемую температуру, во избежание нарушения консистенции и текстуры сыра, что важно для его потребительских качеств. [1]

Зачастую, особые требования к хранению сыров, такие как точное поддержание температуры, влажности, состава воздуха – заставляют создавать индивидуальные проектные решения для эксплуатации холодильной установки с максимальной энергоэффективностью. Стандартные проекты холодильных складов для сыра предусматривают помещения большой площадью, с контролируемым микроклиматом и оптимальной температурой. Их можно разделить на два типа:

1) Краткосрочные хранилища. Температурный режим в них поддерживается в диапазоне от +2 до +9 градусов по Цельсию, при влажности от 75% до 85%, что очень подходит для свежих и мягких сыров.

2) Долгосрочные хранилища. В таких складах температура составляет от 0 до +4 градусов по Цельсию, а влажность, соответственно - 85%-95%, что необходимо для выдержки твердых или полутвердых сортов сыра. [2]

Холод также требуется и для складов созревания сыра. Сам по себе данный процесс является очень сложным. В процессе созревания сыра участвуют микроорганизмы, ферменты и физические изменения продукта. От стабильности

¹ Научный руководитель: **В.В. Романов**

температуры, влажности воздуха и хорошего воздухообмена будет зависеть вкус, аромат сыра, его текстура и внешний вид.

Благодаря поддержанию требуемой температуры в холодильных камерах созревания сыра, скорость биохимических реакций внутри продукта соответствует нормам (не образуется плесень, не останавливается созревание сыра). А если поддерживается стабильная влажность воздуха в охлаждаемом среднетемпературном холодильном помещении в корректных диапазонах, то влага с поверхности продукции испаряется вовремя, формируется корка и необходимая микрофлора. Например, недостаток влаги приводит к пересыханию сыра, а ее большое количество – к развитию плесени.

Кроме того, постоянный приток свежего воздуха в охлаждаемом помещении и своевременное удаление отработанного необходимо для поддержания нужного уровня кислорода и удаления избыточной влаги. А недостаточная или, наоборот, переизбыточная циркуляция воздуха, может вызвать пересушивание или застой воздуха.

Все же в основном, холодильные машины применяются для хранения готовых сыров. В таких помещениях, холодильная система обеспечивает, в первую очередь, стабильный микроклимат. Нередко применяются и камеры шоковой заморозки, которые проектируются с учетом товарного соседства. [3]

Использование типовых проектов холодильных складов предоставляет ряд преимуществ: возможность размещения сыра в различных локациях, гибкость планировки, оснащение необходимым оборудованием. Визуально продемонстрирован общий вид типового проекта холодильного склада для хранения сыров на рисунке 1.



Рисунок 1 – Типовой проект холодильного склада для хранения сыра

Строительство подобных складов упрощается благодаря применению современных технологий, что значительно сокращает сроки работ. После строительства, идут следом пуско-наладочные процессы холодильного оборудования, согласование которых не требуется, но для их выполнения необходимы

высококвалифицированные кадры и дополнительные вложения. Проектирование типовых складов для хранения сыров часто базируется на технологии быстровозводимых зданий с металлическим каркасом. Каркас заполняется сэндвич-панелями с сильной теплоизоляцией, а крыша монтируется из термопанелей на металлическом каркасе. Полы таких зданий являются бетонными, с морозостойким покрытием, а фундамент выполняется в виде «плавающей» плиты с гидроизоляцией и теплоизоляцией.

Продукция размещается на стеллажах, рассчитанных под паллеты. А для крупных партий сыра может применяться автоматизированное паллетное хранение. Контроль климата и температуры может осуществляться автоматически, и практически во всех современных проектах так и есть - с помощью специальной системы мониторинга и аварийных оповещений при отклонении температуры в помещении или влажности от установленных и заданных значений.

Хотя типовые проекты удобны и доступны для всех, все же их оптимальное применение – небольшие хозяйства. Крупным производителям сыра рекомендуется разрабатывать индивидуальные проекты, учитывающие технологические особенности, объемы, ассортимент и логистику. Для крупных распределительных центров, где хранится и затем транспортируется сыр – ключевыми факторами являются прогнозируемый товарооборот и сезонные колебания спроса. [4]

Список использованных источников

1. Буянова И.В. «Разработка и исследование технологии замораживания и низкотемпературного хранения твердых сыров» - автореферат, г. Кемерово, 42с., - 2006г.
2. Усов А.В. «Исследование и разработка технологии низкотемпературного хранения сыров» - автореферат, г. Кемерово, 18с., - 1998г.
3. Горев С.М. «Автоматика холодильных установок и аппаратура контроля» - изд.: КамчатГТУ, г. Петропавловск-Камчатский, - 2008г., 116с.
4. Головкин Н.А., Чижов Г.Б. «Холодильная технология пищевых продуктов» - г. Москва: Госторгиздат, 1963г. – 240с.

REFRIGERATED WAREHOUSES AND STORAGE FACILITIES FOR CHEESE

A.S. Galka¹

*Don State Technical University,
Rostov-on-Don, Russia*

The article examines various types of premises for storing cheese. The required temperature and humidity conditions for its maturation are described. Standard designs

¹ Scientific Supervisor: **V.V. Romanov**

of refrigerated warehouses and the proper placement of cheese in such storage facilities are also considered.

Keywords: product, cheese, cold, storage, air, project, frame.

УДК 621.983: 631

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФИТИНГОВ ГИДРОСИСТЕМ СЕЛЬХОЗМАШИН ХОЛОДНЫМ ВЫДАВЛИВАНИЕМ

Ю.С. Галкин, С.С. Яковлев

*Тульский государственный университет,
г. Тула, Россия*

Рассмотрен технологический подход к изготовлению соединительной арматуры гидросистем тракторов и комбайнов методом холодного объёмного выдавливания взамен традиционной обработки резанием из шестигранного и круглого проката. Приведён анализ конструктивных особенностей типовых фитингов, обоснован выбор марок стали и схемы формообразования.

Ключевые слова: обработка металлов, холодное выдавливание, фитинги, гидропривод, сельскохозяйственная техника, штамповая оснастка.

Гидропривод современной сельскохозяйственной машины содержит от нескольких десятков до нескольких сотен точек соединения трубопроводов и рукавов высокого давления, каждая такая точка выполняется через фитинг - переходник, тройник, угольник, ниппель с врезным кольцом или конусным уплотнением [1-4]. Рабочие давления в гидросистемах тракторов и комбайнов достигают 20-32 МПа, а пиковые нагрузки при срабатывании распределителей могут превышать номинал в полтора-два раза. При этом соединения работают в условиях вибрации, запылённости, перепадов температур и загрязнённости рабочей жидкости.

Традиционно фитинги изготавливают точением из шестигранного проката с последующим фрезерованием, сверлением и нарезанием резьбы. Такая технология проста в освоении, но имеет два принципиальных недостатка. Во-первых, до 50–65 процентов металла уходит в стружку, поскольку из шестигранника большого сечения вытачивается тонкая горловина и внутренний канал. Во-вторых, при точении перерезаются волокна металла, и в зоне перехода от корпуса к резьбовому хвостовику формируется концентратор напряжений, где чаще всего и возникают усталостные трещины при вибрационных нагрузках.

Холодное объёмное выдавливание [5-7] устраняет оба недостатка. Металл не удаляется, а перераспределяется, что позволяет получить заготовку с припуском всего в несколько десятых миллиметра под последующую обработку резьбы и уплотнительных поверхностей. Волокна при этом огибают контур детали, повторяя направление главных растягивающих напряжений в эксплуатации, а само

холодное деформирование повышает предел текучести и твёрдость материала за счёт наклёпа.

Для холодного выдавливания подходят низкоуглеродистые и среднеуглеродистые стали с хорошей пластичностью в отожжённом состоянии. Наиболее употребительны стали 10, 15, 20 и 35 по отечественной классификации.

Сталь 20 является разумным компромиссом: она достаточно пластична, чтобы выдержать степень деформации в 60-75 % без разрушения, и после наклёпа обеспечивает предел текучести на уровне 400-450 МПа, чего хватает для рабочих давлений гидравлики. Сталь 35 применяют для тяжёлых фитингов больших проходов, где важнее прочность резьбы, но она требует более тщательного отжига и увеличивает нагрузку на инструмент примерно на 20-25%.

Технологический маршрут для прямого ниппеля строится следующим образом. Из калиброванного прутка отрезают мерную заготовку на прессе-автомате или пилой, при этом соотношение длины к диаметру выбирают не более двух с половиной, чтобы избежать потери устойчивости при осадке. Заготовку осаживают в закрытой матрице для получения шестигранника под ключ и одновременного формирования цилиндрических выступов под хвостовики. На следующем переходе выполняется обратное выдавливание внутренней полости с одной стороны и прямое выдавливание резьбового хвостовика с другой. Завершающий переход - калибровка конусной уплотнительной поверхности и пробивка перемычки в центральном канале, если конструкция допускает сквозное отверстие.

Для угловых переходников используют комбинированную схему: сначала выдавливают тело с одним хвостовиком, затем в поворотном штампе формируют второй хвостовик под углом 90 градусов через боковое выдавливание. Внутренние каналы под углом получить выдавливанием невозможно, поэтому их сверлят на завершающей стадии, однако объём удаляемого металла при этом в несколько раз меньше, чем при точении из шестигранника.

Штуцер для рукава высокого давления интересен тем, что его обжимная часть представляет собой тонкостенную трубку с наружными кольцевыми канавками. Такую трубку получают обратным выдавливанием пуансоном с последующим редуцированием стенки, а канавки накатывают роликами. Толщина стенки в 1,2–1,5 мм при высоте до 40 мм требует особенно точного центрирования пуансона, иначе разнотолщинность приводит к утяжке одной стороны и трещинам.

Опыт освоения технологии позволяет сформулировать несколько замечаний. Отклонение объёма заготовки более чем на 1,5 процента при закрытой схеме приводит либо к незаполнению, либо к перегрузке пресса, что требует точной отрезки и выборочного взвешивания. Смазку на переходах с обратным выдавливанием желательно дополнять точечным нанесением масла на торец пуансона, поскольку именно там наиболее вероятны схватывание и налипание. При сверлении каналов в выдавленных деталях следует учитывать наклёп и снижать подачу, иначе возможен увод сверла по уплотнённой зоне.

В итоге, холодное объёмное выдавливание является эффективной технологией изготовления массовых фитингов гидросистем сельскохозяйственных машин. Она обеспечивает повышение коэффициента использования металла до 2х раз, значительное сокращение механической обработки и улучшение эксплуатационных характеристик деталей за счёт благоприятной макроструктуры и упрочнения наклёпом.

Список использованных источников

1. Березкина К. Ф. Управление развитием машинно-тракторного парка / К.Ф. Березкина // Техника и оборудование для села. - №6. - 2010. - с. 37-41
2. Савицкая Г.В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия. – М.: ИНФРА-М, 2018. с. 336
3. Капустин, В. П. Сельскохозяйственные машины : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 "Агроинженерия" / В. П. Капустин, Ю. Е. Глазков. - Москва : ИНФРА-М, 2015. -280 с
4. Шило, И. Н. Современное оборудование и машины для послеуборочной обработки зерна : справочник / И. Н. Шило, Е. М. Михайловский ; Минсельхозпрод РБ, УО "БГАТУ". - Минск : БГАТУ, 2011. - 508 с.
5. Пасынков А.А., Галкин Ю.С. Анализ изменения сил при обратном горячем выдавливании с активными силами трения // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024. Вып. 5. С. 428-431.
6. Галкин Ю.С., Яковлев С.С. Обзор технологических преимуществ и особенностей процесса холодного выдавливания деталей типа оболочка из прутковых заготовок // Проблемы развития предприятий: теория и практика: сборник статей XIII Международной научно-практической конференции Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2026. С. 201-204.
7. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении: Учеб. пособие / В. В. Бабук, В. А. Шкред, Г. П. Кривко, Л. И. Медведев; Под. ред. В. В. Бабука .Высш. шк., 1987, с. 255.

MANUFACTURING OF HYDRAULIC SYSTEM FITTINGS FOR AGRICULTURAL MACHINES USING COLD PROTRUSION

Y.S. Galkin, S.S. Yakovlev

*Tula State University,
Tula, Russia*

The technological approach to manufacturing connecting fittings for hydraulic systems of tractors and combines using the method of cold bulk extrusion instead of traditional cutting processing from hexagonal and round rolled products is considered. An analysis of the design features of typical fittings is provided, and the choice of steel grades and shaping scheme is substantiated.

Keywords: metalworking, cold extrusion, fittings, hydraulic drive, agricultural machinery, die-casting equipment.

АНАЛИЗ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИЭ В МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

И.Ж. Гимранова, М.Ш. Гарифуллин

*Казанский государственный энергетический университет,
г. Казань, Россия*

В данной работе рассмотрены предпосылки и мероприятия по повышению энергоэффективности предприятий. Выделены основные виды мероприятий и приведены примеры по их реализации. Более углубленно рассматривается применение возобновляемых источников энергии для повышения энергоэффективности предприятий с анализом данных международного агентства IRENA.

Ключевые слова: энергоэффективность, электроснабжение, электроэнергия, возобновляемая энергетика.

На данный момент вопрос повышения энергоэффективности предприятий любой отрасли народного хозяйства занимает достаточно важное место как у владельцев предприятий, так и у государства.

Любое крупное предприятие подразумевает под собой непрерывность производства продукции – это ставит задачу обеспечения надежности электроснабжения приборов, станков и другого технологического оборудования. Достаточно часто многие технологичные предприятия являются потребителями первой категории, что подразумевает под собой обеспечение электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, и перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания. Также важно отметить, что для особой группы электроприемников первой категории должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания [1]. В качестве третьего независимого источника питания можно предусмотреть использование дизельной генераторной установки, локальных источников возобновляемой энергии (солнечные панели, ветрогенераторы, биогазовые установки).

Обеспечение надежного и качественного электроснабжения потребителей закреплено в статье 38 Федерального закона №35-ФЗ (ред. от 25.10.2024) «Об электроэнергетике», где регламентировано обеспечение поставок электрической энергии потребителям электрической энергии (в пределах своей ответственности) [2].

С целью повышения эффективности предприятий Правительством Российской Федерации в Федеральном законе от 23.11.2009 №261-ФЗ (ред. от 23.07.2025) «Об энергосбережении и о повышении энергетической

эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» регламентированы следующие аспекты:

- запрет на оборот энергорасточительных товаров;
- ограничения на оборот ламп накаливания;
- маркировка товаров по энергоэффективности;
- требования по переходу на расчеты за энергоресурсы по приборам учета;
- требования по энергоэффективности к новым зданиям, строениям, сооружениям;
- требования к содержанию общего имущества многоквартирных домов;
- рекомендации к садоводческим, огородническим и дачным объединениям граждан и т.д. [3].

Также необходимо выделить государственную программу Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики», которая дополнительно регламентирует вопросы надежности обеспечения страны топливно-энергетическими ресурсами, повышение эффективности их использования и снижения антропогенного воздействия топливно-энергетического комплекса на окружающую среду [4].

Для повышения энергоэффективности сельскохозяйственных предприятий Эрком А.Ф., Судаченко В.Н. рассмотрены мероприятия по энергосбережению и повышению энергоэффективности таких производств. Авторами отмечается, что для повышения энергоэффективности предприятия можно выделить три вида мероприятий: организационно-экономические, технические и структурно-энергетические [5]. Действительно, данные виды мероприятий четко разделяют направления работы руководства предприятия.

Таблица 1

Вид мероприятия	Деятельность в рамках вида мероприятия	Особенность вида мероприятия
Организационно-экономические	Обучение персонала энергосбережению; плановые осмотры оборудования и прочего имущества; проведение энергоаудита.	Минимальные затраты ресурсов
Технические	Замена устаревшего неэффективного оборудования; внедрение систем автоматизированного управления	Существенные вложения предприятия; большой срок окупаемости
Структурно-энергетические	Вовлечение вторичных энергоресурсов, возобновляемых источников энергии	Сложность вычисления экономической эффективности

Для применения возобновляемых источников энергии стоит обратиться к данным Международного агентства по ВИЭ IRENA. Согласно этим данным, с 2010 г. по 2021 г. полные стоимости единицы производимой энергии с использованием ВИЭ (LCOE), включая капитальные затраты, резко упали благодаря непрерывному совершенствованию технологий, конкурентным цепочкам поставок и наработке опыта производителями оборудования.

LCOE электрической энергии, произведенной на промышленных фотоэлектрических СЭС, снизилась на 88% с 0,417 до 0,048 \$/кВт·ч, поскольку средний КИУМ вырос с 14 до 17%, а удельные капитальные вложения (с учетом монтажных работ) снизились с 4 808 до 857 \$/кВт; на башенных (концентрационных) СЭС, снизилась на 68% с 0,358 до 0,114 \$/кВт·ч (увеличение КИУМ с 30 до 80%, снижение удельных капитальных затрат с 9 422 до 9 091 \$/кВт).

На морских и наземных ВЭС LCOE производства электрической энергии снизилась соответственно на 60% (с 0,188 до 0,075 \$/кВт·ч) и 68% (с 0,102 до 0,033 \$/кВт·ч). При этом средние КИУМ выросли с 38 до 39 % и с 27 до 39%, а удельные капитальные затраты (с учетом монтажных работ) снизились с 4 876 до 2 858 \$/кВт и с 2 042 до 1 325 \$/кВт, соответственно [6].

Данное исследование говорит о том, что 167 ГВт новых введенных мощностей ВИЭ в 2021 году имеет более низкую стоимость производства электроэнергии. Таким образом, использование ВИЭ позволяет сэкономить приблизительно 55 миллиардов долларов от суммарных затрат на производство электроэнергии в 2022 году. Но необходимо учитывать, что стоимость проектов, введенных в 2021 году, скорректируется в 2022 году.

Важно отметить, что привлекательность ВИЭ будет обеспечиваться постоянным ростом цен на природный газ и уголь. В частности, возникающие сложности с доступом к дешевым природным ресурсам у европейских стран вынуждает осуществлять переход на возобновляемую энергетику ускоренными темпами.

Список использованных источников

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). - 7-е изд. - Москва: Минэнерго России, 2002. - 330 с.
2. Федеральный закон от 26.03.2003 №35-ФЗ (ред. от 25.10.2024) «Об электроэнергетике»
3. Федеральный закон от 23.11.2009 №261-ФЗ (ред. от 23.07.2025) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»
4. Государственная программа Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики» в редакции от 30.03.2018 №371
5. Эрк А. Ф., Судаченко В. Н. Методы энергосбережения и повышения энергоэффективности сельскохозяйственного производства // АгроЭкоИнженерия. 2015. №87. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-energoberezheniya-i-povysheniya-energoeffektivnosti-selskohozyaystvennogo-proizvodstva> (дата обращения: 06.09.2026).

6. IRENA: Renewable Power Generation Costs in 2021 // <https://www.irena.org/publications/2022/Jul/RenewablePower-Generation-Costs-in-2021>

ANALYSIS OF MEASURES TO IMPROVE ENERGY EFFICIENCY AND THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE GLOBAL ENERGY SECTOR

I.J. Gimranova, M.S. Garifullin

*Kazan State Power Engineering University,
Kazan, Russia*

In this paper, the prerequisites and measures for improving the energy efficiency of enterprises are considered. The main types of measures are highlighted and examples of their implementation are given. The use of renewable energy sources to improve the energy efficiency of enterprises is considered in more detail with the analysis of data from the international agency IRENA.

Keywords: energy efficiency, electricity supply, electricity, renewable energy.

УДК 633.853

ПРОИЗВОДСТВО РАПСА В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

О.Д. Голубицкая, М.С. Шейхова

*Донской государственный аграрный университет,
п. Персиановский, Россия*

Статья посвящена исследованию организационно-экономического механизма производства рапса для пищевой промышленности и разработке направлений его совершенствования на примере юга России, в фокусе Ростовской области. Представлена комплексная оценка современного состояния отрасли, включая динамику посевных площадей. Полученные выводы и рекомендации могут быть использованы для формирования эффективной отраслевой политики в других аграрных регионах Российской Федерации, ориентированных на развитие глубокой переработки масличных культур.

Ключевые слова: организационно-экономический механизм, производство рапса, пищевая промышленность, Ростовская область, импортозамещение.

Современные вызовы, стоящие перед российским агропромышленным сектором в контексте обеспечения продовольственной независимости и замещения импорта, диктуют необходимость кардинальных изменений в структуре

растениеводства. Особую значимость приобретает развитие рентабельных культур с высокой добавленной стоимостью, к которым, безусловно, относится рапс. Его потенциал для пищевой промышленности используется недостаточно, особенно в ключевых аграрных регионах, что обусловлено несогласованностью экономических связей между участниками рынка.

Производство рапса в регионе носит ярко выраженный циклический характер, тесно коррелирующий с конъюнктурой мировых цен на растительные масла и внутренними агроклиматическими рисками. Динамика ключевых показателей демонстрирует следующую картину. Посевные площади под культурой за анализируемый период колебались в диапазоне от 125 до 210 тыс. га, с ярко выраженным пиком в 2022-2023 гг., обусловленным рекордными мировыми ценами. При этом доля озимого рапса, как более урожайного, но и более рискованного, составляет в среднем 65-75% от общих площадей. Урожайность является критически неустойчивым показателем: в благоприятные по погодным условиям годы (особенно для озимых посевов) она достигает 25-28 ц/га, в то время как в годы с экстремальными зимними оттепелями или летними засухами может падать до 12-15 ц/га. Такой разброс напрямую определяет и колебания валового сбора: от 250-300 тыс. тонн в успешные годы до 150-180 тыс. тонн – в неблагоприятные. Место рапса в структуре посевов масличных культур региона остается подчиненным. Он стабильно занимает второе место после безусловного лидера – подсолнечника, на долю которого приходится более 80% всех площадей масличных. Доля рапса варьируется от 8% до 15%, что свидетельствует о его роли как важной, но тактической, нишевой культуры в севообороте, часто используемой для диверсификации рисков и улучшения агрофона под последующие зерновые.

География производства рапса в области характеризуется высокой степенью концентрации. К устойчивым районам-лидерам, обеспечивающим более 60% валового сбора, относятся: Восточная зона (Сальский, Пролетарский, Песчанокоспский районы): Лидерство основано на обширных площадях пашни и применении интенсивных технологий крупными агрохолдингами; Южная зона (Кагальницкий, Зерноградский, Егорлыкский районы): Высокая культура земледелия и благоприятные почвенные условия; Центральная зона (Целинский, Веселовский районы): Развитое семеноводство и логистическая доступность; Зоны с потенциалом роста выявлены в северо-западных и северных районах области (Миллеровский, Тарасовский, Каменский районы), где площади под рапсом минимальны, но существуют резервы пашни и накоплен опыт возделывания других масличных. Основным сдерживающим фактором здесь является более высокая вероятность гибели озимых посевов и менее развитая инфраструктура для хранения и логистики специализированной культуры.

Исследование выявило комплекс взаимосвязанных проблем, препятствующих переходу к производству высокомаржинального пищевого рапса, среди которых:

– разобщенность цепочки создания стоимости: Отсутствие устойчивых вертикальных связей между производителями и пищевыми переработчиками. Сельхозпроизводители выращивают рапс как универсальное сырье, не ориентируясь на конкретные требования пищевого сегмента (низкое содержание эруковой кислоты и глюкозинолатов). Переработчики, в свою очередь, не имеют

гарантированных долгосрочных поставок качественного сырья и вынуждены закупать на спотовом рынке или импортировать;

– высокие агротехнологические и логистические риски: Озимый рапс критически зависим от погодных условий зимнего периода. Отсутствие эффективных и доступных систем страхования именно под эту культуру делает ее выращивание высокорискованным для средних и малых хозяйств. Отдельная проблема – дефицит специализированных мощностей для очистки, сушки и безопасного хранения масличных семян, что приводит к потерям качества уже после уборки;

– ценовой диспаритет и волатильность: Отсутствие форвардных контрактов с фиксированной ценой приводит к тому, что все ценовые риски ложатся на производителя. В период уборки цены часто оказываются под давлением из-за необходимости быстрой реализации и отсутствия альтернативных каналов сбыта. Маржа производителя крайне нестабильна.

– высокая входная стоимость качественных ресурсов: Стоимость семян гибридов пищевого направления, специализированных средств защиты и внесения микроэлементов для рапса на 25-40% выше, чем для фуражного. Для многих хозяйств это является непреодолимым барьером.

Критическим выводом является то, что для малых и средних производителей, которые не могут влиять на первые два фактора в силу масштаба, производство рапса становится экономически нестабильным и высокорискованным, что толкает их к более простым, но и менее требовательным культурам, таким как подсолнечник.

Для повышения эффективности отрасли необходимо укрепление взаимодействия между производителями и переработчиками, совершенствование мер государственной поддержки и создание условий для производства высококачественного пищевого рапса с высокой добавленной стоимостью.

Список использованных источников

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28.07.2022 № 1632-р «Об утверждении программы "Цифровая экономика Российской Федерации"». – URL: <https://digital.gov.ru/>

2. Стратегия социально-экономического развития Ростовской области на период до 2030 года (утверждена Постановлением Правительства Ростовской области). – URL: <https://www.donland.ru/>

3. Стратегия социально-экономического развития Ростовской области на период до 2030 года (утверждена Постановлением Правительства Ростовской области). – URL: <https://www.donland.ru/>

4. Баккуев Э.С., Сарбашева Е.М. Исследование устойчивого развития агропромышленного комплекса // Актуальные проблемы аграрной науки: прикладные и исследовательские аспекты. / Материалы III Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. – Нальчик – 2023. – С. 269-272.

5. Климентова Э. А., Дубовицкий А. А., Солопов В. А., Борzych О. В. Факторы и условия обеспечения устойчивого развития сельского хозяйства //

RAPESEED PRODUCTION IN THE ROSTOV REGION: PROBLEMS AND DEVELOPMENT PROSPECTS

O.D. Golubitskaya, M.S. Sheykhova

*Don State Agrarian University,
Persianovsky settlement, Russia*

This article examines the organizational and economic mechanisms of rapeseed production for the food industry and explores areas for improvement, using southern Russia as an example, focusing on the Rostov Region. A comprehensive assessment of the current state of the industry, including changes in crop acreage, is presented. The findings and recommendations can be used to formulate effective industry policies in other agricultural regions of the Russian Federation focused on developing deep processing of oilseeds.

Keywords: organizational and economic mechanism, rapeseed production, food industry, Rostov region, import substitution.

УДК 621.983: 631

ФОРМООБРАЗОВАНИЕ НОЖЕЙ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ ИЗ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК МЕТОДОМ ПРОКАТКИ

И.В. Гребенщиков, С.С. Яковлев

*Тульский государственный университет,
г. Тула, Россия*

Рассмотрена технология получения ножей измельчающего барабана кормоуборочного комбайна из двухслойной заготовки, в которой вязкая основа сочетается с износостойким режущим слоем. Показано, что совместная горячая прокатка пакета обеспечивает прочное соединение слоёв и одновременно формирует профиль режущей части, что позволяет исключить наплавку и часть операций механической обработки.

Ключевые слова: биметалл, совместная прокатка, ножи измельчителя, кормоуборочный комбайн, износостойкость, самозатачивание, сельскохозяйственный режущий инструмент.

Ножи измельчающего барабана относятся к наиболее нагруженным и быстро изнашивающимся деталям кормоуборочного комбайна [1-3]. В процессе работы режущая кромка контактирует с растительной массой, содержащей абразивные частицы почвы, а также испытывает ударные нагрузки при попадании твёрдых включений. Износ кромки приводит к росту энергозатрат на измельчение, ухудшению качества резки и необходимости частой переточки или замены комплекта ножей. По данным эксплуатирующих хозяйств, за сезон один комплект может перетачиваться до 10 раз, а ресурс серийных ножей из монолитной стали типа 65Г нередко ограничивается 1-2 сезонами.

Такие изделия в большей части производят методами обработки металлов давлением [4-7]. Традиционный путь повышения стойкости заключается в поверхностной закалке или нанесении износостойкой наплавки на режущую часть. Наплавка эффективна, но связана с высокой трудоёмкостью, значительными остаточными напряжениями, риском образования трещин и потерей дорогих легированных материалов на последующую механическую обработку. Более рациональным решением является изготовление ножа из биметаллической заготовки, в которой слой твёрдой стали занимает только зону режущей кромки, а остальная часть выполнена из недорогой вязкой стали. Такой нож обладает способностью к самозатачиванию: мягкая основа изнашивается быстрее твёрдого слоя, и кромка сохраняет остроту без переточки.

Основной проблемой при этом становится получение надёжного соединения слоёв. Настоящая работа посвящена технологии, в которой соединение слоёв и формирование профиля ножа совмещены в едином процессе горячей прокатки.

Подготовка пакета включает механическую зачистку контактных поверхностей до металлического блеска, сборку слоёв и герметизацию кромок пакета сваркой, чтобы исключить окисление контакта при нагреве. Нагрев пакета проводится до температуры порядка 1050-1150 °С, что для выбранной пары сталей находится в интервале, где оба материала обладают близким сопротивлением деформации. Близость сопротивлений принципиально важна, так как при большом различии более мягкий слой течёт быстрее, пакет искривляется, а твёрдый слой испытывает растяжение и растрескивается.

Прокатка проводится в калиброванных валках, ручей которых задаёт клиновидный профиль будущего ножа. Первые проходы выполняются с суммарным обжатием не менее 45-55 %, поскольку именно на этой стадии происходит разрушение оксидных плёнок, сближение поверхностей и начало диффузионного взаимодействия. Последующие проходы с меньшим обжатием используются для доводки геометрии. При этом твёрдый слой располагается со стороны, соответствующей будущей режущей грани, и в клиновидной части ручья он подвергался большей вытяжке, чем в теле ножа. Суммарная вытяжка в зоне кромки достигает трёх-четырёх, в зоне крепления не превышала полутора-двух.

После прокатки полоса подвергается порезке на мерные длины, вырубке крепёжных отверстий, термической обработке и минимальной заточке. Термообработка выбирается компромиссной: закалка от температуры, приемлемой для

обоих слоёв, и отпуск, при котором основа приобретает твёрдость около 42-46 HRC, а режущий слой сохраняет твёрдость не ниже 60 HRC.

Экономический эффект технологии складывается из нескольких составляющих. Расход дорогой инструментальной стали снижается примерно в 3-4 раза по сравнению с монолитным ножом из той же стали и заметно ниже, чем при наплавке, поскольку износостойкий материал закладывается только в требуемое сечение и почти не идёт в стружку. Исключаются операции наплавки и последующего шлифования наплавленного слоя, которые в единичном и мелкосерийном производстве составляют значительную долю трудоёмкости. Формирование клиновидного профиля непосредственно в валках устраняет фрезерование или строгание скоса, оставляя лишь окончательную заточку.

Совместная горячая прокатка биметаллических пакетов представляет собой эффективный способ изготовления ножей измельчителей кормоуборочных комбайнов, объединяющий получение прочного соединения слоёв и формообразование режущего профиля в одном технологическом переделе. Полученные ножи обладают эффектом самозатачивания, повышенным ресурсом и меньшей материалоемкостью, а технология в целом отличается сокращённым числом операций и хорошей воспроизводимостью, что делает её перспективной для серийного производства.

Список использованных источников

1. Березкина К. Ф. Управление развитием машинно-тракторного парка / К.Ф. Березкина // Техника и оборудование для села. - №6. - 2010. - с. 37-41
2. Савицкая Г.В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия. – М.: ИНФРА-М, 2018. с. 336
3. Капустин, В. П. Сельскохозяйственные машины: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 "Агроинженерия" / В. П. Капустин, Ю. Е. Глазков. - Москва: ИНФРА-М, 2015. -280 с
4. Пасынков А.А., Галкин Ю.С. Анализ изменения сил при обратном горячем выдавливании с активными силами трения // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024. Вып. 5. С. 428-431.
5. Кухарь, В. Д. Получение оболочек с внешними рифлями волочением трубчатых заготовок / В. Д. Кухарь, С. С. Яковлев, А. А. Шишкина // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2025. № 3. С. 174-178.
6. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении: Учеб. пособие / В. В. Бабук, В. А. Шкред, Г. П. Кривко, Л. И. Медведев; Под. ред. В. В. Бабука .Высш. шк., 1987, с. 255.
7. Яковлев, С. С. Анализ температуры инструмента при продольном гофрировании обжимом / С. С. Яковлев, А. А. Шишкина // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 10. – С. 623-625. – EDN SKBGKF.

FORMING THE CUTTERS OF FORAGE HARVESTERS FROM BIMETALLIC BILLET FORMS USING THE ROLLING METHOD

I.V. Grebenshchikov, S.S. Yakovlev

*Tula State University,
Tula, Russia*

The technology for producing the cutters of the milling drum of a forage harvester from a two-layer billet is considered; in this billet, a viscous base is combined with a wear-resistant cutting layer. It has been shown that joint hot rolling of the package ensures a strong bond between the layers and simultaneously forms the profile of the cutting part, which makes it possible to eliminate surfacing and some mechanical processing operations.

Keywords: bimetal, joint rolling, shredder knives, forage harvester, wear resistance, self-sharpening, agricultural cutting tool.

УДК 621.983: 631

УТИЛИЗАЦИЯ МЕТАЛЛООТХОДОВ СЕЛЬХОЗПРЕДПРИЯТИЙ ЧЕРЕЗ ПЕРЕРАБОТКУ В ЗАГОТОВКИ МЕТОДОМ ШТАМПОВКИ

Я.В. Грибачев, С.С. Яковлев

*Тульский государственный университет,
г. Тула, Россия*

Рассмотрена возможность вторичного использования металлических отходов, образующихся при эксплуатации и ремонте сельскохозяйственной техники, без переплава, за счёт прямой переработки в заготовки методами горячей и полугорячей объёмной штамповки и выдавливания. Описаны состав и особенности таких отходов, схема их сортировки и подготовки, технологические режимы формообразования и ожидаемый экономический эффект по сравнению со сдачей металлолома на переплав.

Ключевые слова: металлоотходы, сельскохозяйственная техника, вторичное сырьё, объёмная штамповка, выдавливание, заготовка, ресурсосбережение.

Сельскохозяйственное предприятие среднего масштаба ежегодно списывает и заменяет значительное количество металлических деталей: изношенные рабочие органы почвообрабатывающих машин, зубья борон, лемеха, лапы культиваторов, ножи косилок и измельчителей, звенья транспортёров, пальцы, валики, оси, крепёж, обрезки полос и профилей после ремонтных работ [1-2]. По усреднённым данным, на одно хозяйство с парком в двадцать-тридцать единиц техники приходится от пяти до пятнадцати тонн металлоотходов в год. Традиционный путь их утилизации – сдача на переплав. При этом хозяйство получает за

тонну сумму, в несколько раз меньшую стоимости готового проката, а затем закупает новые детали или заготовки по полной цене.

Между тем значительная доля этих отходов представляет собой конструкционные и легированные стали хорошего качества с известным химическим составом, часто уже прошедшие термообработку. Переплав в этом случае уничтожает готовую металлургическую ценность материала, а затраты энергии на выплавку, разливку и прокатку многократно превышают затраты на пластическое формообразование. Отсюда и возникает идея прямой переработки: сортировка, порезка, нагрев и штамповка отходов [3-4] в заготовки для тех же или близких деталей без стадии плавления.

Процесс целесообразно разбить на несколько последовательных стадий, каждая из которых решает свою задачу.

Первая стадия – сортировка. Отходы разделяются по видам деталей и, соответственно, по предполагаемым маркам стали. На практике для этого достаточно визуальной идентификации: лемеха и лапы идут в одну группу, валы и оси – в другую, крепёж – в третью. Если требуется подтверждение марки, применяют искровую пробу или портативный анализатор, но в большинстве случаев маркировка деталей известна из документации на технику. Чугун и цветные металлы отделяются и направляются на обычную сдачу.

Вторая стадия – очистка. Наиболее простой вариант – сухая дробемётная или дробеструйная обработка, снимающая грунт, ржавчину и старую окалину. Для небольших объёмов допустима очистка в галтовочном барабане с металлической дробью. Химическое травление в условиях хозяйства нежелательно из-за проблем с утилизацией растворов.

Третья стадия – раскрой. Изношенные детали режут на мерные фрагменты, масса и форма которых соответствуют требуемой заготовке. Применяют ленточнопильные станки, гидравлические ножницы или плазменную резку. Важно, чтобы объём каждого фрагмента был выдержан с точностью порядка трёх–пяти процентов, иначе штамповка даст либо незаполнение полости, либо чрезмерный облой.

Четвёртая стадия – нагрев. Для среднеуглеродистых и низколегированных сталей температура горячей штамповки лежит в диапазоне от тысячи ста до тысячи двухсот градусов. Для мелких заготовок хорошо подходит индукционный нагрев: он быстрый, даёт минимальную окалину и легко встраивается в поточную линию. Для крупных фрагментов используют камерные печи. Полугорячая штамповка при семистах–девятистах градусах даёт более точную заготовку с меньшим угаром, но требует более высоких усилий и стойкого инструмента.

Пятая стадия – собственно формообразование. Здесь возможны два принципиально разных подхода, рассмотренных ниже.

Шестая стадия - обрезка облоя, охлаждение и, при необходимости, термообработка. Поскольку исходный материал уже имеет требуемый состав, режимы закалки и отпуска берутся из стандартных справочных данных для данной марки.

Первый подход – штамповка в открытых штампах на кривошипных горячештамповочных прессах или молотах. Второй подход - выдавливание в закрытых штампах: прямое, обратное или комбинированное.

Очевидно, что для одного хозяйства оснащение собственной штамповочной линией окупается медленно. Разумнее организовать переработку на базе районной ремонтно-технической станции или кооперативно на несколько хозяйств, куда свозится сортированный лом, а обратно поставляются заготовки. При объёме в пятьдесят–сто тонн в год такой участок с одним прессом усилием десять–шестнадцать мегаНьютонов, индукционной установкой и дробемётной камерой окупается за два–три года.

Металлические отходы сельскохозяйственных предприятий по маркам сталей и характеру износа представляют собой ценное вторичное сырьё, большая часть которого может быть переработана в заготовки без переплава. Горячая объёмная штамповка и выдавливание позволяют получать из фрагментов изношенных деталей заготовки с механическими свойствами, не уступающими свойствам заготовок из свежего проката. Основные технологические трудности связаны с нестандартной формой исходных фрагментов и необходимостью их точного раскроя; они эффективно решаются с помощью компьютерного моделирования процессов формообразования, которое позволяет отработать штамп и переходы без дорогостоящих натуральных проб. Экономический эффект от переработки в заготовки в несколько раз превышает выручку от сдачи лома, а энергозатраты снижаются многократно. Наиболее рациональной организационной формой является централизованный участок переработки на базе ремонтного предприятия, обслуживающего группу хозяйств.

Список использованных источников

1. Березкина К. Ф. Управление развитием машинно-тракторного парка / К.Ф. Березкина // Техника и оборудование для села. - №6. - 2010. - с. 37-41
2. Савицкая Г.В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия. – М.: ИНФРА-М, 2018. с. 336
3. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении: Учеб. пособие / В. В. Бабук, В. А. Шкред, Г. П. Кривко, Л. И. Медведев; Под. ред. В. В. Бабука. Высш. шк., 1987, с. 255.
4. Справочник технолога - машиностроителя. / Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. М.: Машиностроение, 1985. Т.1. 656 с., 496 с.

UTILIZATION OF METAL WASTE FROM AGRICULTURAL ENTERPRISES THROUGH PROCESSING INTO BILLET BLANKS USING THE STAMPING METHOD

Y.V. Gribachev, S.S. Yakovlev

*Tula State University,
Tula, Russia*

The possibility of secondary use of metal waste generated during the operation and repair of agricultural machinery, without remelting, through direct processing into blanks using hot and semi-hot bulk stamping and extrusion methods, has been considered. The composition and characteristics of such waste are described, along with the

scheme for sorting and preparing it, the technological modes of forming, and the expected economic effect compared to sending scrap metal for remelting.

Keywords: metal waste, agricultural machinery, secondary raw materials, bulk stamping, extrusion, workpiece, resource conservation.

УДК 631.816.11:635.657

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ПОВЫШЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА НУТА

М.В. Канцев^{1,2}, А.В. Летучий², А.Н. Асташов¹

*¹Российский научно-исследовательский и проектно-технологический
институт сорго и кукурузы,
г. Саратов, Россия*

*²Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова,
г. Саратов, Россия*

В статье представлены данные о влиянии различных видов и доз удобрений на урожайность зерна нута, возделываемых в засушливых условиях Саратовской области. Полевые опыты закладывались и проводились в 2024 г. Применение соломы озимой пшеницы и ее сочетаний с сидеритами в качестве удобрения на темно-каштановой почве является важным источником пополнения в них питательных веществ. Их запашка способствует повышению плодородия почвы, так как разложение органического вещества этих удобрений происходило, в значительной степени, до начала вегетации культуры и в почву поступали продукты их минерализации.

Ключевые слова: нут, удобрение, урожайность.

Введение. В условиях Поволжья повышение плодородия почвы в настоящее время возможно за счет широкого внедрения местных природных ресурсов, к ним относятся избытки соломы, которая ежегодно образуется при выращивании зерновых культур [1]. Солома улучшает питательный, водный, тепловой и воздушный режимы почв. Все это способствует получению более высоких урожаев с хорошим качеством продукции. Широкое внедрение данной системы удобрений получила при применении берегающих агротехнологий, в которых измельченная солома является обязательным компонентом [2].

Нут – ценная зернобобовая культура. Его широко используют для продовольственных целей, а также в качестве сырья для консервной и пищевой промышленности. Зерно нута употребляют в пищу в вареном и жареном виде, при изготовлении консервов, которые отличаются высокой питательностью и хорошими вкусовыми качествами, в детском и диетическом питании [3]. В связи с

этим, целью наших исследований было оценить влияние органических удобрений на урожайность и качество продукции нута в условиях Саратовского Левобережья.

Задачи исследования:

1. Определить действие на урожайность зерна нута
2. Установить влияние видов удобрений на крупность и биохимический состав зерна нута

Материал и методы

Полевые исследования проводились на опытном поле УНПО «Поволжье» Энгельсского района Саратовской области в 2024 году. Изучаемым объектом являлся сорт нута Бонус (Патент № 52283, дата регистрации 21 апреля 2009г) [4]. Площадь делянки 200 м², повторность опытов – четырехкратная, расположение делянок – рендомизированное. Предшественником являлась озимая пшеница.

Полевой опыт сопровождался наблюдениям и исследованиями в соответствии с общепринятыми методическими указаниями [5,6]. Учет и измерение параметров растений в заложенном опыте проводился согласно общепринятых методик [7,8,9].

Варианты полевого опыта:

1. Контроль (без удобрений)
2. Солома, 5 т/га
3. Солома, 5 т/га + сидераты (Горох)
4. Навоз, 20 т/га
5. Навоз, 20 т/га + сидераты (Горох)
6. Навоз, 20 т/га + N15P30

Результаты исследования.

Самая высокая урожайность нута получена на третьем варианте, где солома применялась совместно с бобовым сидератом и составила 2,0 т/га.

Наибольшая урожайность получена при совместном внесении навоза с зеленой биомассой пожнивных бобовых сидератов, а также по навозно – минеральному удобрению, где урожайность составила соответственно 1,91 и 1,89 т/га, а прибавка равнялась 51,6 и 50,0% (таблица 1)

Таблица 1 – Влияние удобрений на урожайность зерна нута

Варианты опыта	Урожайность, т/га	Прибавка урожая	
		т/га	%
1. Контроль	1,26	–	–
2. Солома, 5 т/га	1,62	0,36	28,6
3. Солома, 5 т/га + сидераты	2,00	0,74	58,7
4. Навоз, 20 т/га	1,59	0,33	26,2
5. Навоз, 20 т/га + сидераты	1,91	0,65	51,6
6. Навоз, 20 т/га + N15P30	1,89	0,63	50,0

Лучшее качество зерна отмечено на вариантах, где солома применялась совместно с пожнивными бобовыми сидератами (таблица 2).

Таблица 2 – Действие удобрений на качество зерна нута

Варианты опыта	Содержание, %		Масса 1000 зерен, г	Содержание нитратов, мг/кг зерна
	белка	жира		
1. Контроль	21,1	3,8	312	38
2. Солома, 5 т/га - фон 1	21,7	4,2	315	36
3. Фон 1 + сидераты	23,0	4,6	320	35
4. Навоз, 20 т/га - фон 2	21,8	4,1	314	36
5. Фон 2 + сидераты	22,6	4,5	318	35
6. Фон 2 + N15P30	22,8	4,6	319	36

При содержании белка на контроле 21,1%, на удобренных вариантах его содержание менялось от 21,7 до 23%.

Аналогичная зависимость отмечалась и по содержанию жира с колебаниями на удобренных делянках от 4,1 до 4,6% при наличии на контроле 3,8%.

Изучаемая система удобрений способствует снижению нитратов в зерне нута. При содержании на контроле - 38 мг/кг зерна, на удобренных вариантах их содержание изменялось от 35 до 36 мг/кг зерна, что ниже ПДК государственных стандартов.

Заключение

1. Применение соломы озимой пшеницы и ее сочетаний с сидератами в качестве удобрения на темно-каштановой почве является важным источником пополнения в них питательных веществ. Их запашка способствует повышению плодородия почвы, так как разложение органического вещества этих удобрений происходило, в значительной степени, до начала вегетации культуры и в почву поступали продукты их минерализации. Все виды, дозы и сочетания удобрений обеспечивали значительное повышение урожайности нута по сравнению с контролем. Урожайность на удобренных вариантах изменялась от 1,59 до 2,00 т/га, при урожайности на контроле 1,26 т/га.

2. В результате наших исследований установлено, что солома и ее совместное применение с сидератами оказывает положительное влияние на качество зерна нута в год действия удобрений. На делянках с применением значительно возросло содержание белка, жира в зерне нута. Лучшее качество зерна отмечено на вариантах, где солома применялась совместно с пожнивными сидератами.

Список использованных источников

1. Влияние многолетнего внесения соломы и зеленого удобрения на урожайность зерновых культур в зернопаровом севообороте / И. Б. Сорокин, Н. Ю. Николаева, Е. А. Валетова, Ю. В. Чудинова // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2021. – № 3(60). – С. 65-72. – DOI 10.31677/2072-6724-2021-60-3-65-72. – EDN DNYYYWH.

2. Научное обеспечение агропромышленного производства: материалы Международной научно-практической конференции, Курск, 29–31 января 2014 года. Том Часть 2. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. профессора И.И. Иванова, 2014. – 328 с. – ISBN 978-5-7369-0746-5. – EDN UJLGWB.

3. Применение современных стимуляторов роста при возделывании зернобобовых культур: гороха, нута, сои / В. Г. Васин, А. В. Васин, О. Вершинина [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018. – Т. 20, № 2-2(82). – С. 339-350. – EDN YLHPSP.

4. Госсорткомиссия (Электронная ссылка)
https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/bonus-nut-9051935/?sphrase_id=1802212

5. Агрофизические и агрохимические методы исследования почв: методические указания. – Краснодар : ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2025. – 86 с. – EDN IGEFCB.

6. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований / Б. А. Доспехов. – Москва: Издательство "Колос", 1965. – 423 с. – EDN ZJUDUR.

7. Международный классификатор СЭВ рода Cicer L. – Л.: 1980. – 18 с.

8. Методические указания по изучению коллекции зерновых бобовых культур. – Л., 1975. – 60 с.

9. Каталог мировой коллекции ВИР / Российская академия сельскохозяйственных наук, Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н.И. Вавилова (ГНЦ РФ ВИР). Том Вып. 817. – Санкт-Петербург : Государственный научный центр РФ Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова (ГНЦ РФ ВИР), 2014. – 37 с. – EDN VSJIT.

STUDYING THE IMPACT OF ORGANIC FERTILIZERS ON INCREASING CHICKPEA YIELD AND GRAIN QUALITY

M.V. Kantsev^{1,2}, A.V. Letuchiy², A.N. Astashov¹

¹*Russian Research and Design Technological Institute of Sorghum and Corn, Saratov, Russia*

²*N.I. Vavilov Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering, Saratov, Russia*

This article presents data on the impact of various types and doses of fertilizers on chickpea grain yields grown in the arid conditions of the Saratov Region. Field trials were planned and conducted in 2024. The use of winter wheat straw and its combination with siderites as a fertilizer on dark chestnut soils is an important source of nutrient replenishment. Plowing them into the soil improves soil fertility, as the decomposition

of the organic matter in these fertilizers occurs, to a large extent, before the crop begins to grow, releasing their mineralization products into the soil.

Keywords: chickpea, fertilizer, yield.

УДК 631.11

ОСОБЕННОСТИ КОНТРОЛЯ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ КОРНЕПЛОДНЫХ КУЛЬТУР

М.А. Косенко

*Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства,
д. Верея, Россия*

В статье рассмотрено исследование сортов редьки европейской. По урожайности наибольший гетерозисный эффект достигается при скрещивании морфологически и биологически различных и географически отдаленных сортов. Корнеплоды летней редьки содержат 4,1 – 4,5% сахаров. По показателю сухого вещества лучшим 11 так же был сорт Офелия. Витамина С в сорта образцах сохранилось от 14,5 до 16,0 мг/100 г.

Ключевые слова: корнеплод, контроль, гетерозис, характеристика, показатели.

Предметом исследований были особенности генетического контроля самонесовместимости и хозяйственных признаков редьки европейской. Схема создания двухлинейных F1 гибридов редьки европейской на основе самонесовместимости, включает ряд этапов.

Гибридные семена получают скрещиванием специально подобранных родительских линий с высокой общей и специфической комбинационной способностью [1, с.31]. Гетерозис проявляется лишь в первом поколении и резко затухает в последующих [5, с.119].

Степень гетерозиса увеличивается с уменьшением генетического сходства между двумя родителями [2, с.38]. Эффект гетерозиса определяется взаимодействием генотип – среда.

По урожайности наибольший гетерозисный эффект достигается при скрещивании морфологически и биологически различных и географически отдаленных сортов [6, с.37]. Сорта для зимних и пленочных теплиц, должны иметь невысокую, компактную листовую розетку, дружное формирование корнеплодов при пониженной освещенности, быть скороспелыми и устойчивыми к бактериозу и черной ножке.

Эффективный способ защиты растений от грибковых болезней – создание устойчивых сортов и гибридов, адаптированных к выращиванию в местных условиях [4, с.37].

Для индустриальной технологии семеноводства нужна селекция семенных растений на дружность цветения и созревания семян, неосыпаемость и легкую обмолачиваемость плодов, высокую семенную продуктивность, выравненность по массе и энергии прорастания [8, с.54]. Успех селекции зависит от закономерностей наследования признаков растений и сортовых популяции [3, с.29].

При использовании индекса отношение длины к диаметру в качестве показателя формы корнеплода обнаружилось, что F1 гибриды имеют промежуточную форму корнеплода. Учитываются сразу два параметра: длина и диаметр, но как величина относительная индекс не дает истинных размеров корнеплода, не вскрывается механизм наследования формы корнеплода.

Гетерозис зависит от генов, контролирующих составные элементы урожая, что позволяет подбирать пары для получения гетерозисных гибридов по принципу комплементарных доминантных генов. Этот принцип подбора пар широко применяется в мировой селекции для получения высокопродуктивных F1 гибридов [7, с.31].

Аналогично получают высокопродуктивное гетерозисное F1 гибридов в результате скрещивания растений с круглым и длинным корнеплодом (редис Салатный х редька Салатная китайская). Гибриды F1 образуют корнеплоды промежуточной формы, но значительно превосходят по массе родительские формы. Механизм высокой продуктивности корнеплода состоит в суммарном эффекте наследования двух независимых признаков, определяющих структуру продуктивного органа. В F1 доминирует длина длинно – корнеплодного родителя, а диаметр – круглого.

Анализ наследования популяционных признаков свидетельствует о том, что наблюдается эффект положительного сверхдоминирования. Однако встречаются эффекты положительного и отрицательного доминирования, промежуточного наследования и даже отрицательного сверхдоминирования. Эти результаты подтверждают необходимость оценки выделяемых источников по комбинационной способности.

В результате селекционного процесса были созданы инбредные линии редьки европейской зимней, отличающиеся высокой однородностью, выравненностью корнеплода и строгой самонесовместимостью. Данные линии были включены в процесс создания гетерозисных гибридов.

Исследование сортов редьки указывает, что это растение характеризуется разнообразными изменениями почти всех частей растений, особенно корня, а у хвостатой редьки – плода. Все изменения можно делить на две группы: происходящие через внешнее влияние и зависящие от внутренних свойств растений, особенно их приспособлений.

Данные хозяйственно-ценных признаков редьки европейской представлены в таблице.

Таблица 1 – Хозяйственно-ценные признаки редьки европейской летней

Сорт	Масса корнеплода, г	Урожайность, кг/м ²	Товарность, %	Доля корнеплодов в массе растений, %
Деликатес	44,00	4,40	81,95	50,60
Сириус	52,50	5,25	91,90	67,55
Офелия	45,50	4,55	90,95	62,85
Майская	37,50	3,75	70,15	37,55

Проведенный анализ показал, что корнеплоды летней редьки содержат 4,1 – 4,5% сахаров. По показателю сухого вещества лучшим 11 так же был сорт Офелия. Витамина С в сорта образцах содержалось от 14,5 до 16,0 мг/100 г. В результате было выявлено, что новый сорт редьки европейской летней Офелия во многом превосходит по показателям сорт Майская, он более однородный по форме с компактной листовой розеткой.

Выращивание нового сорта редьки европейской обеспечило рентабельность 150,7 %. Сорт Майская окупался ниже на 37,3%. Дополнительная прибыль к контролю у сорта Офелия составила 28 руб. на м².

Список использованных источников

1. Косенко, М.А. Выявление эффекта гетерозиса в селекции редьки / М.А. Косенко. - Текст: непосредственный // Вестник Донского государственного аграрного университета. - 2015. - № 1-1 (15). - С. 29-34.
2. Косенко М.А., Ховрин А.Н. Рекси - новый среднеспелый сорт моркови столовой // Картофель и овощи. - 2021. - №7. - С. 38-40.
3. Косенко Т.Г. Методические указания для выполнения курсовых работ по организации производства и предпринимательству в АПК студентами агрономических специальностей п. Персиановский, 2014.
4. Косенко Т.Г. Эффективность агропромышленного производства: учебное пособие для студентов агрономических специальностей. п. Персиановский, 2007.
5. Леунов В.И. Столовые корнеплоды в России Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства. Москва, 2011– 272 с.
6. Миронов А.А. Оценка комбинационной способности линий редьки черной (*Raphanus sativus* L.) / А.А. Миронов, А.А. Ушанов, А.А. Чернова // Картофель и овощи. - 2022. - №3. - С. 37-40.
7. Михеев Ю.Г. Селекция редечных культур в Приморье / Ю.Г. Михеев // Картофель и овощи. - 2012. - №8. - С. 30-31.
8. Федорова М.И. Методологические основы селекции и семеноводства овощных корнеплодных растений / М.И. Федорова, А.В. Солдатенко, В.А. Степанов и др. // Овощи России. - 2018. - № (3). - С. 52-55.

FEATURES OF CONTROL OF ECONOMIC CHARACTERISTICS OF ROOT CROPS

M.A. Kosenko

*All-Russian Research Institute of Vegetable Growing,
D. Vereya, Russia*

The article discusses the study of European radish varieties. The highest heterosis effect is achieved by crossing morphologically and biologically different and geographically distant varieties. Summer radish roots contain 4.1-4.5% sugar. The best variety in terms of dry matter content was Ophelia. The samples contained 14.5-16.0 mg/100 g of vitamin C.

Keywords: root crop, control, heterosis, characteristics, indicators.

УДК 631.11

ОЦЕНКА ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Т.Г. Косенко

*Донской государственный аграрный университет,
п. Персиановский, Россия*

Дана характеристика использования производственных ресурсов как одной из основных технологических операций. Обоснована необходимость роста эффективности производства и рационального землепользования. Важен уровень ресурсообеспеченности и принципы организации эффективного использования ресурсов предприятий. Существенным резервом дальнейшего повышения эффективности использования закрепленных земель является улучшение качества продукции.

Ключевые слова: Производственные ресурсы, землепользование, эффективность, оценка, ресурсопользование.

Производство всех видов продукции сельского хозяйства непосредственно зависит от состояния растениеводства [5, с.113]. Сельскохозяйственная продукция является специфическим видом сырья. И поставщики, и потребители связаны долговременной совместной деятельностью.

На выбор наиболее рентабельных культур большое влияние оказывают природно-климатические факторы, развитие транспортной связи, наличие в регионе перерабатывающих предприятий, ориентированных на переработку тех или иных полевых культур [4, с.31].

При принятии решения о развитии предпринимательства в растениеводстве в первую очередь следует оценить плодородность земель, их истощенность, возможность приобретения необходимых объемов удобрений, а также возможность государственной поддержки в деле воспроизводства пахотных земель в регионе [8, с.249].

АО «Краснокутское» Веселовского района Ростовской области имеет производственное направление зерновое. Доля зерна в структуре товарной продукции составляет 69,4%.

В качестве основных показателей для оценки используют: урожайность основных сельскохозяйственных культур с 1га; продуктивность земли по видам угодий, исчисленная по выходу валовой продукции растениеводства в кадастровых ценах с 1га, руб.; окупаемость затрат (отношение стоимости валовой продукции в кадастровых ценах к затратам на ее производство, руб.).

Как особое средство производства в сельском хозяйстве, земля должна использоваться эффективно [2, с.10]. Уровень экономической эффективности определяется комплексом взаимодействующих между собой факторов, среди которых наиболее важную роль играют: уровень распаханности угодий. В 2025 году этот показатель в АО «Краснокутское» составил 91,6%.

Одно из важнейших условий, обеспечивающих рост производства продукции растениеводства, - правильное использование пахотных земель, улучшение структуры посевов [3, с.22]. Основные показатели, которые применяют при анализе использования пашни, - коэффициент использования пашни, показатели экономической оценки возделывания сельскохозяйственных культур, показатели оценки эффективности структуры посевов [6, с.67].

Чем больше в структуре посевов удельный вес наиболее эффективных культур, тем лучше используется пашня в целом. Предприятию целесообразно подобрать наиболее выгодные культуры, чтобы получать с 1га занимаемой площади наибольшее количество продукции при наименьших затратах труда и средств.

Оценку эффективности сельскохозяйственных культур проводят раздельно по группам - товарным и кормовым культурам [1, с.27]. Эффективность производства товарных сельскохозяйственных культур оценивается по комплексу показателей: выход продукции в расчете на 1га и на 1 ч/час, чистый доход на 100 руб. издержек.

Определение целесообразной интенсивности должно происходить постоянно, должны постоянно наблюдаться и оцениваться все внешние факторы и мероприятия, влияющие на доходы и производительность [7, с.27].

На единицу площади сельскохозяйственных угодий получено 10,9 тыс. руб. прибыли, на 1 га посевов этот показатель составил 12,2 тыс. руб.

Чем больше хозяйство будет получать прибыли, тем больше средств оно сможет выделить для расширенного воспроизводства, премирования работников, строительства благоустроенных населенных пунктов и т.д.

Существенным резервом дальнейшего повышения эффективности использования закрепленных земель является улучшение качества продукции.

Основными направлениями в использовании земли на предприятии являются: планирование оптимального землепользования с целью получения высокой прибыли. Достижение высокого уровня урожайности и сохранение плодородия почвы может быть обеспечено путем соблюдения принципов севооборотов. Особое значение имеет защита окружающей среды и производство экологически чистой продукции.

Список использованных источников

1. Агафонов Е.В., Пимонов К.И., Пугач Е.И. Повышение урожайности и сбора белка при возделывании нута в Ростовской области // Кормопроизводство. 2010. № 6. С. 25-28.
2. Антошин И.В. Оценка качества зерна пшеницы / И.В. Антошин, Е.М. Фалынсков // Инновационные технологии в АПК: теория и практика. - 2022. - С. 7-11.
3. Ключников, Н. А. Продуктивность зернового сорго в зависимости от минерального питания / Н. А. Ключников, Л. П. Бельтюков // Кукуруза и сорго. - 2002. - № 2. - С. 22-23.
4. Косенко М.А. Результаты и перспективы селекции редьки европейской. // Овощи России. 2019;(4):29-31.
5. Косенко Т.Г. Совершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур / Т.Г. Косенко // АПК России: образование, наука, производство. сборник статей II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. - Пенза, 2021. - С. 113-116.
6. Косенко Т.Г., Буданова Г.И. Определение экономической эффективности технологии и сельскохозяйственной техники // Стратегия устойчивого развития экономики в динамичной конкурентной среде материалы Международной научно-практической конференции. - 2011. - С. 66-69.
7. Турчин, В.В. Обеспеченность чернозёма обыкновенного различными формами калия и эффективность калийных удобрений на озимой пшенице и кукурузе на силос: автореф. дис.. канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Турчин Владимир Валерьевич; Донской госагроуниверситет. - Персиановский, 2007. - 24 с.
8. Яковенко А.В. Иванова Н.В. Реформирование АПК России // Новая наука: теоретический и практический взгляд. 2016. №6. С. 248-251.

ASSESSMENT OF LAND USE AT AN AGRICULTURAL ENTERPRISE

T.G. Kosenko

*Don state agrarian University,
Persianovsky, Russia*

The use of production resources is characterized as one of the main technological operations. The need to increase production efficiency and ensure rational land use is substantiated. The level of resource availability and the principles of organizing the

efficient use of enterprises' resources are important. Improving the quality of products is a significant reserve for further increasing the efficiency of using assigned lands.

Keywords: Production resources, land use, efficiency, assessment, resource management.

УДК 631.11

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

Т.Г. Косенко

*Донской государственный аграрный университет,
п. Персиановский, Россия*

Производственно-экономическая эффективность использования ресурсного потенциала зависит от качества и структуры ресурсов, их рациональности, применения, от организации управления производством. Состояние технологии, транспортировки, переработки продукции, организация и экологизация производства значительно влияют на результаты деятельности предприятий. При анализе уровня урожайности установлена тенденция его развития по каждой выращиваемой в хозяйстве культуре, выявлены резервы и возможности дальнейшего роста.

Ключевые слова: Ресурсопользование, продукция, инновации, эффективность, ведение хозяйства.

Важным направлением развития агропромышленного комплекса страны является инновационный процесс, позволяющий непрерывно обновлять производство на основе внедрения достижений науки и передового опыта. Становится необходимым сохранение и развитие научно-технического потенциала отраслей, и создание условий для эффективного использования его результатов в процессе производства.

Развитие научно-технического прогресса связано с накоплением общественных знаний, преобразованием ресурсов и техническими изменениями в производстве [2, с.41].

Качество является фактором конкурентоспособности продукции и рассматривается как совокупность ее свойств [6, с. 93].

Главное условие работы ООО «Родина» Октябрьского района Ростовской области - повышение роли прибыли как стимула хозяйственной деятельности, источника расширенного производства, основного рычага противозатратного механизма.

Рост технико-экономического уровня производства сопровождается совершенствованием использования материально-технических, трудовых,

финансовых ресурсов, которые необходимы для создания и освоения достижений на практике [4, с.22].

Темпы развития научно-технического прогресса характеризует система показателей. Одни из них содержат сведения о результатах производства, росте производительности труда, освоении новшеств, увеличении производства высококачественной продукции, росте объемов производства. Другие показатели связаны с использованием средств производства, уровнем обеспеченности ресурсами, особенностями научно-технических разработок.

Основные формы, направления и закономерности проявления научно-технического прогресса аналогичны во всех отраслях материального производства [1, с.93].

Производственный потенциал характеризуется состоянием основных производственных фондов: сельскохозяйственных машин, транспортных средств, хранилищ и т.д. [7, с. 114].

Основными факторами агропромышленного производства являются внедрение новых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, пород животных, защита растений и животных, совершенствование технических средств, внедрение новых источников энергии [5, с.40]. Состояние технологии, транспортировки, переработки продукции, организация и экологизация производства значительно влияют на результаты деятельности предприятий.

Особая роль отводится квалифицированным кадрам. Мотивация труда, создание нормальных условий труда и отдыха работников, степень удовлетворенности трудом обеспечивают заинтересованность работников в творческом развитии производственной деятельности.

Инновационный процесс в сельском хозяйстве отличается участием в производственной или обслуживающей деятельности, финансированием и экономическими основами функционирования.

Для развития научно-технического прогресса нужны стимулы, побуждающие товаропроизводителя создавать и вводить передовые приемы в производство [3, с.193].

Характер развития растениеводства зависит от размера посевных площадей и уровня урожайности, и влияет на выполнение хозяйством производственной программы [8, с.4].

Подсолнечник в структуре посевных площадей занимает 19,64%, его доля в товарной продукции предприятия 21%, рентабельность производства 9,69%, уровень товарности 95,56%.

Овощи открытого грунта возделывают на площади 3га. Урожайность овощных культур 6,7ц/га, окупаемость затрат 100%.

Доля многолетних трав на сено в структуре посевов 16,37%, урожайность 10,3 ц/га, уровень товарности 76,90%.

Изменения в структуре посевных площадей должны получать экономическую оценку, необходимо определять, не уменьшилась ли стоимость всей валовой продукции хозяйства. При определении влияния структуры

посевных площадей на стоимость валовой продукции при исчислении берут плановые урожайность и цену.

При анализе уровня урожайности установлена тенденция его развития по каждой выращиваемой в хозяйстве культуре, выявлены резервы и возможности дальнейшего роста.

Производственно-экономическая эффективность использования ресурсного потенциала зависит от качества и структуры ресурсов, их рациональности, применения, от организации управления производством.

Резервы эффективности производства проявляются в высвобождении производственных ресурсов и снижении норм их расхода. Это означает рост производства, снижение себестоимости и увеличение прибыли.

Для правильного ведения хозяйства анализ его деятельности надо осуществлять систематически. Это позволит своевременно выявить недостатки в работе, избежать потерь, улучшить в целом результаты хозяйствования. Для такого анализа используют данные технологических карт и текущего бухгалтерского учета, а также хозрасчетных заданий бригадам.

Список использованных источников

1. Абрамова, И.В. Экономическая устойчивость предприятий: теория и практика. - М.: Экономика, 2020.

2. Бородина Н.А. Обеспечение качества жизнедеятельности / Н.А. Бородина, Н.И. Миронова - В сб.: Россия и мировое сообщество: проблемы демографии, экологии и здоровья населения. Сборник статей VI Междунар. научн.-практ. конф. Под научной ред. С.Д. Морозова, В.Б. Жиромской. Пенза, 2023. С. 40-43.

3. Иванов А.А., Петрова О.С. Методы устойчивого управления земельными ресурсами. - М.: Наука, 2020. - 345 с.

4. Ключников, Н. А. Продуктивность зернового сорго в зависимости от минерального питания / Н. А. Ключников, Л. П. Бельтюков // Кукуруза и сорго. - 2002. - № 2. - С. 22-23.

5. Косенко М.А. Селекция корнеплодов семейства капустные / Косенко М.А. // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2018. №4-1 (30). С.39-44.

6. Косенко Т.Г. Особенности ведения сельскохозяйственного производства в новых условиях хозяйствования В сборнике: Актуальные вопросы образования и науки сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 11 частях. 2014. С. 92-93.

7. Косенко Т.Г. Совершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур / Т.Г. Косенко // АПК России: образование, наука, производство. сборник статей II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. - Пенза, 2021. - С. 113-116.

8. Мукайлов М.Д., Ханмагомедов С.Г., Алиева О.Ю. Особенности и индикаторы повышения конкурентоспособности региональной аграрной экономики

EFFICIENCY OF RESOURCE USE IN THE ENTERPRISE

T.G. Kosenko

*Don state agrarian University
Persianovsky, Russia*

The production and economic efficiency of using resource potential depends on the quality and structure of the resources, their rationality and application, and on the organization of production management. The state of technology, transportation, product processing, organization, and environmental management of production significantly affect the results of enterprises' activities. When analyzing the yield level, a trend in its development was identified for each crop grown on the farm, and reserves and opportunities for further growth were revealed.

Keywords: Resource use, products, innovations, efficiency, management.

УДК 633.3:338.43(470.345)

АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНОБОБОВЫХ В ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ: РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЙ АСПЕКТ

А.А. Косов

*Пензенский государственный аграрный университет,
г Пенза, Россия*

В статье представлен ретроспективный анализ производства зернобобовых культур в Пензенской области за период с 2021 по 2025 год на основе данных Территориального органа Федеральной службы государственной статистики. Исследована динамика посевных площадей, валовых сборов и урожайности. Выявлена устойчивая тенденция к расширению площадей под зернобобовыми культурами и росту их удельного веса в структуре посевных площадей региона. Проанализировано влияние погодных условий на урожайность в 2024 году и последующий рекордный рост показателей в 2025 году. Рассматриваются ресурсосберегающие технологии производства зернобобовых культур применительно к условиям Пензенской области

Ключевые слова: Пензенская область, растениеводство, зернобобовые культуры, посевные площади, валовой сбор, урожайность, сельскохозяйственные организации, крестьянские (фермерские) хозяйства.

Зернобобовые культуры играют важнейшую роль в устойчивом развитии сельского хозяйства. Они являются незаменимым источником растительного белка для пищевой и кормовой промышленности, а также выступают важнейшим элементом научно обоснованных севооборотов. Благодаря способности симбиотических бактерий фиксировать атмосферный азот, бобовые улучшают фитосанитарное состояние почв и повышают плодородие, снижая потребность в минеральных азотных удобрениях под последующие культуры.

В условиях реализации стратегии импортозамещения и необходимости диверсификации отраслевой структуры растениеводства Пензенской области анализ многолетней динамики производства зернобобовых культур приобретает особую научно-практическую актуальность. Целью настоящего исследования является выявление основных тенденций и оценка эффективности возделывания зернобобовых культур в регионе за период 2021–2025 гг.

Анализ динамики посевных площадей свидетельствует о стратегическом сдвиге в структуре растениеводства региона. Если в 2021 г. посевные площади под зернобобовыми культурами составляли 24,7 тыс. га, то к 2025 г. они возросли более чем в 2,5 раза, достигнув 63,2 тыс. га. Соответственно, их доля в общей структуре посевных площадей увеличилась с 1,6% до 4,0% (табл. 1).

Таблица 1 – Динамика посевных площадей зернобобовых культур в хозяйствах всех категорий Пензенской области

Показатель	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	2025 г. к 2021 г., %
Посевная площадь, тыс. га	24,7	24,3	34,6	52,6	63,2	255,9
Удельный вес в общей посевной площади, %	1,6	1,6	2,3	3,3	4,0	+ 2,4 п.п.

В 2023 г. наблюдается резкая интенсификация расширения посевных площадей, сохранившаяся в период 2024–2025 гг., что указывает на целенаправленную трансформацию структуры посевов сельскохозяйственными товаропроизводителями в пользу культур, способствующих повышению почвенного плодородия. Валовой сбор и урожайность выступают в качестве основных критериев оценки эффективности аграрного производства. Динамика указанных параметров систематизирована в таблице 2.

Таблица 2 – Динамика валового сбора и урожайности зернобобовых культур в хозяйствах всех категорий

Показатель	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	2025 г. к 2021 г., %
Валовой сбор, тыс. тонн	45,2	52,7	84,5	85,4	166,1	367,5
Урожайность, ц/га	19,2	21,7	24,7	16,6	27,4	142,7

Анализ данных, представленных в таблице 2, позволяет выявить устойчивую закономерность динамики производства зернобобовых культур в Пензенской области. В 2024 г. при существенном увеличении посевных площадей до 52,6 тыс. га валовой сбор практически не изменился и составил 85,4 тыс. т, а урожайность снизилась до 16,6 ц/га. Указанное соотношение показателей свидетельствует о лимитирующем влиянии агрометеорологических условий (предположительно, засухи в критические фазы вегетации), которое нивелировало положительный эффект расширения посевных площадей. Вместе с тем в 2025 г. зафиксирован рекордный уровень производства: при дальнейшем увеличении посевных площадей до 63,2 тыс. га урожайность достигла исторического максимума за рассматриваемый период – 27,4 ц/га, что обеспечило валовой сбор в объеме 166,1 тыс. т, превышающий показатель 2021 г. в 3,6 раза.

На основании анализа статистических данных по Пензенской области за 2021–2025 гг. представляется возможным сформулировать следующие выводы:

1. В регионе наблюдается устойчивая тенденция к увеличению производства зернобобовых культур: посевные площади возросли в 2,5 раза, а их доля в структуре посевных площадей увеличилась с 1,6 до 4,0%.

2. Валовой сбор в 2025 г. достиг 166,1 тыс. т, что превышает уровень 2021 г. в 3,6 раза.

3. Урожайность культур характеризуется межгодовой изменчивостью, обусловленной погодными условиями (снижение до 16,6 ц/га в засушливом 2024 г.), однако в благоприятном 2025 г. достигла рекордного значения 27,4 ц/га, что подтверждает высокий потенциал региона при соблюдении агротехнологий.

4. Доминирующее положение в производстве занимают сельскохозяйственные организации (78,4% в 2025 г.), располагающие необходимыми ресурсами для возделывания данных культур.

Ключевым элементом ресурсосберегающих технологий производства зернобобовых культур является управление влагообеспеченностью, поскольку именно дефицит влаги является лимитирующим фактором в условиях Пензенской области. Минимизация обработки почвы и сохранение растительных остатков на поверхности способствуют снижению испарения и увеличению инфильтрации воды, что подтверждается исследованиями в различных почвенно-климатических зонах. Однако эффективность этого приема напрямую зависит от гранулометрического состава почвы и ее структурного состояния. На

тяжелосуглинистых черноземах южных районов области, где сосредоточены лучшие пахотные земли, длительное применение нулевых обработок может приводить к переуплотнению верхних слоев, уменьшению водопроницаемости и, как следствие, к снижению урожайности. Наиболее сбалансированным решением представляется использование комбинированных систем обработки, сочетающих периодическую глубокую безотвальную обработку с поверхностными дисковыми в севообороте, что позволяет сохранять почвенную структуру и одновременно предотвращать формирование плужной подошвы.

Фитосанитарный аспект ресурсосбережения заслуживает отдельного рассмотрения, поскольку зернобобовые культуры обладают слабой конкурентной способностью по отношению к сорной растительности. Исследования показывают, что при прямом посеве гороха засоренность может возрасти многократно, что требует применения гербицидов, эффективность которых в условиях минимальной обработки может снижаться из-за особенностей распределения препаратов в почве и на растительных остатках. В связи с этим ресурсосберегающие технологии возделывания зернобобовых в Пензенской области должны включать интегрированную систему защиты растений, сочетающую рациональное применение гербицидов с агротехническими приемами, такими как оптимизация севооборота и подбор конкурентоспособных сортов. Исследования, проведенные в предгорной зоне Казахстана, показали, что при ресурсосберегающей технологии на фоне плоскорезной обработки эффективность предшественников в борьбе с сорняками составляет от 57,8% до 74,5%, что подчеркивает важность севооборотного фактора.

Применение микроудобрений и биологических препаратов становится неотъемлемым элементом ресурсосберегающих технологий, компенсирующим снижение интенсивности минерализации органического вещества при минимальных обработках. Опыты в сухостепном Поволжье продемонстрировали, что внесение микроудобрений по вегетации на фоне плоскорезной обработки обеспечивало прибавку урожайности зернобобовых культур, достигающую 41,8% для нута и 48,5% для гороха. Для Пензенской области, где почвы характеризуются недостаточным содержанием подвижных форм микроэлементов, этот прием приобретает особую актуальность. Долгосрочные исследования в условиях полуаридного Туниса показали, что система сохранения почвы, основанная на нулевой обработке, за двадцать лет привела к увеличению потенциально минерализуемого азота в верхнем слое почвы на 43% по сравнению с традиционной обработкой, что обеспечило повышение усвоения азота растениями на 45% и увеличение урожайности зерна на 21%. Эти данные свидетельствуют о том, что преимущества ресурсосберегающих технологий проявляются в полной мере лишь при систематическом, долгосрочном применении, а не как разовое агротехническое мероприятие.

Экономическая эффективность ресурсосбережения в производстве зернобобовых складывается из сокращения затрат на топливо и трудозатрат, снижения амортизационных отчислений на технику и увеличения продуктивности за счет

оптимизации водного режима. По данным ФАО, почвозащитное и ресурсосберегающее земледелие позволяет сэкономить от 30 до 40 процентов времени, труда и ископаемого топлива по сравнению с обычным земледелием. Для Пензенской области, где стоимость дизельного топлива и амортизация техники составляют значительную долю в себестоимости продукции, эти факторы имеют решающее значение. Однако переход к ресурсосберегающим технологиям требует переоснащения машинно-тракторного парка специализированной техникой для прямого посева и дифференцированного внесения удобрений, что предполагает значительные первоначальные инвестиции.

Дифференциация технологий по природно-экономическим зонам Пензенской области представляется необходимым условием их успешного внедрения. В Белинско-Сердобской зоне с наиболее плодородными почвами и достаточным увлажнением в отдельные годы возможно применение минимальных обработок под сою и нут с сохранением периодической глубокой обработки под горох и чечевицу. В Кузнецко-Лопатинской зоне, где преобладают серые лесные почвы с низким плодородием, ресурсосберегающие технологии должны дополняться интенсивным применением органических и минеральных удобрений, а также известкованием. Никольско-Городищенская зона с недостатком тепловых ресурсов требует особого внимания к выбору раннеспелых сортов и технологий, обеспечивающих ускорение прогревания почвы весной.

Таким образом, ресурсосберегающие технологии производства зернобобовых культур в Пензенской области представляют собой не универсальный шаблон, а гибкую систему агротехнических решений, адаптируемых к конкретным почвенно-климатическим условиям и биологическим особенностям возделываемых культур. Наиболее перспективным направлением является дифференцированное применение минимальных и нулевых обработок под сою и нут при сохранении комбинированных систем под горох и чечевицу, дополненное интегрированной защитой растений, оптимизированным питанием и строгим соблюдением севооборотных принципов. Дальнейшие исследования должны быть направлены на изучение долгосрочных эффектов минимализации обработки на почвенное плодородие и фитосанитарное состояние посевов зернобобовых в специфических условиях региона, а также на разработку зональных моделей ресурсосберегающих технологий, учитывающих экономические и экологические приоритеты сельхозтоваропроизводителей.

Дальнейшее развитие производства зернобобовых культур в Пензенской области будет способствовать не только насыщению рынка ценным растительным белком, но и повышению общей культуры земледелия за счет оптимизации севооборотов и улучшения фитосанитарного состояния почв.

Список использованных источников

1. Алексеева, С. Н. Динамика производства зерновых и зернобобовых культур в Пензенской области / С. Н. Алексеева, А. А. Иванов // Бухгалтерский учет, анализ, аудит и налогообложение: проблемы и перспективы : Сборник

статей X Всероссийской научно-практической конференции, Пенза, 17–18 января 2022 года / Под редакцией Н.Н. Бондиной. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2022. – С. 13-17. – EDN BMXBCI.

2. Бунчиков, О. Н. Аграрный сектор регионов России: ответы на вызовы динамичной стратегией развития / О. Н. Бунчиков, В. В. Куренная // Московский экономический журнал. – 2024. – Т. 9, № 4. – С. 108-120. – DOI 10.55186/2413046X_2024_9_4_193. – EDN HYAKLN.

3. Иванов, А. А. Аспекты региональной политики по развитию зернового подкомплекса на примере Пензенской области / А. А. Иванов, С. Н. Алексеева, Л. Б. Винничек // Нива Поволжья. – 2023. – № 3(67). – DOI 10.36461/NP.2023.67.3.022. – EDN DLGUNQ.

4. Новые тренды в развитии зернового хозяйства: тенденции, инновационно-инвестиционная составляющая и региональные особенности / О. В. Сидоренко, Н. Н. Шабанникова, С. А. Сергеева [и др.] // Вестник аграрной науки. – 2025. – № 6(117). – С. 120-130. – DOI 10.24412/2587-666X-2025-6-120-130. – EDN VVPCIE.

5. Растениеводство Пензенской области: Статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Пензенской области. – Пенза, 2026. – 87 с.

6. Методологические пояснения к статистическим показателям растениеводства // Пензастат. – URL: <https://penza.gks.ru> (дата обращения: 20.09.2026).

AGROECONOMIC DYNAMICS OF GRAIN AND BEAN PRODUCTION IN THE PENZA REGION: A RESOURCE-SAVING ASPECT

A.A. Kosov

*Penza State Agrarian University,
Penza, Russia*

The article presents a retrospective analysis of the production of leguminous crops in the Penza Region for the period from 2021 to 2025, based on data from the Territorial Body of the Federal State Statistics Service. The dynamics of sown areas, gross harvests, and yields have been studied. A stable trend has been identified towards expanding the area sown with leguminous crops and increasing their share in the structure of the region's sown areas. The impact of weather conditions on yields in 2024 and the subsequent record growth in indicators in 2025 have been analysed. Resource-saving technologies for the production of leguminous crops are considered in relation to the conditions of the Penza region.

Keywords: Penza Region, crop production, leguminous crops, sown areas, gross harvest, yield, agricultural organizations, peasant (farm) households.

ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ БИК-СПЕКТРОМЕТРИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ПОЧВЕ

А.А. Лапушкина

*Российский Государственный Аграрный Университет – МСХА
имени К.А. Тимирязева,
г. Москва, Россия*

В работе проведён анализ потенциала ближней инфракрасной спектроскопии как экспресс-метода определения содержания нефтепродуктов в почве. Показано, что время измерения БИК-методом составляет 1–5 минут при минимальной пробоподготовке и отсутствии растворителей.

Обзор отечественных и зарубежных исследований продемонстрировал высокую эффективность БИК-спектроскопии. Гранулометрический состав, содержание макроэлементов оказывают незначительное влияние на точность определения. Органическое вещество почвы влияет на результаты, поэтому рекомендуется создавать отдельные калибровки для органоминеральных и органических почв. Влажность почвы снижает точность определения нефтепродуктов в почве.

Ключевые слова: ближняя инфракрасная спектроскопия, почва, нефтепродукты.

Контроль загрязнения почв нефтепродуктами – одна из приоритетных задач экологического мониторинга. Традиционные лабораторные методы (гравиметрия, флуориметрия, газовая хроматография) обладают высокой точностью, но требуют длительной пробоподготовки, использования токсичных растворителей и значительных временных затрат – от 1 до 8 часов на один анализ [5]. В условиях растущего объёма мониторинга (сотни тысяч проб ежегодно только по РФ) возникает необходимость в экспресс-методах, позволяющих проводить скрининговую оценку с минимальными затратами времени и ресурсов.

Ближняя инфракрасная спектроскопия (БИК) потенциально способна решить эту задачу: время измерения составляет 1–5 минут, пробоподготовка минимальна или отсутствует, не требуется использование растворителей. Метод основан на регистрации спектров диффузного отражения в диапазоне 780–2500 нм, где наблюдаются обертоновые и составные частоты колебаний С–Н, О–Н и N–Н связей, характерных для углеводородов, воды и органического вещества почвы соответственно. Регистрируемый спектр представляет собой суперпозицию сигналов от всех компонентов почвенной матрицы, что, с одной стороны, открывает возможность одновременного определения нескольких параметров, а с другой – создаёт проблему интерпретации сигналов. Однако вопрос о её пригодности в качестве альтернативы традиционным методам остаётся дискуссионным из-за особенностей калибровки, влияния матрицы почвы и ограниченной чувствительности.

Многочисленные исследования последних лет позволили накопить значительный объём экспериментальных данных, характеризующих возможности и ограничения БИК-спектроскопии при определении нефтепродуктов в почве.

Цикл работ Панкратовой К.Г. и соавторов стал одним из первых отечественных исследований, системно оценивших влияние почвенных факторов. В работе 2012 года, посвящённой влиянию гранулометрического состава, были получены градуировочные уравнения с высокими коэффициентами корреляции (r) (0,97–0,99) и низкими стандартными отклонениями (σ) (0,06–0,24 %) для изучаемых нефтепродуктов (дизельного топлива и моторного масла). Статистический анализ показал, что гранулометрический состав дерново-подзолистых почв (от тяжелосуглинистых до супесчаных) не оказывает существенного влияния на точность определения содержания нефтепродуктов [4].

Содержание в почве фосфора (P_2O_5), калия (K_2O), кальция и магния практически не влияет на точность определения нефтепродуктов (бензина, дизельного топлива и моторного масла) методом БИК-спектроскопии [3]. В 70–85 % случаев коэффициент детерминации (R^2) был ниже 0,1, а максимальные значения составляли 0,41 (для K_2O), 0,61 (для Ca) и менее 0,35 (для P_2O_5 и Mg).

Влияние органического вещества почвы на качество результатов БИК-анализа нефтепродуктов также было оценено в работе [2]. Статистическая обработка показала, что коэффициент корреляции при определении дизельного топлива методом БИК-спектроскопии существенно зависит от типа почвы: для органоминеральных почв (чернозёмы, серые, дерново-подзолистые) он составлял 0,94–0,99, тогда как для органических почв (болотные, болотно-подзолистые, пойменно-аллювиальные) значения были несколько ниже – 0,88–0,97. Единая градуировка по всем исследованным типам почв давала наихудшие метрологические характеристики ($r = 0,92$, $\sigma = 0,39$ %), в то время как раздельная градуировка для двух групп почв (органоминеральных и органических) позволяла значительно улучшить точность (σ 0,23 % и 0,28 % соответственно), что указывает на необходимость учёта типовых различий почвенных матриц при создании калибровок.

Влажность почвы также может оказывать незначительное влияние на определение НП в почве. Так, было установлено, что при влажности почвы в 30% БИК метод позволяет 99% загрязнённых участков почвы, в то время как при сильном насыщении почвы водой, точность обнаружения снижается до 88% [1].

Зарубежными учеными также проводились исследования возможностей БИК-анализа почв на содержание нефтепродуктов. В работе [7] достигнута очень сильная положительная корреляция ($r = 0,97$) между значениями, полученными традиционным методом определения НП (28–654 мг/кг) и данными БИК-спектроскопии (25–604 мг/кг).

В исследовании [6] измерения нефтепродуктов проводились на глубинах от 25 до 100 мм с шагом 25 мм. Несмотря на увеличение глубины до 100 мм, точность количественной оценки содержания НП осталась высокой ($R^2 = 0,99$), что позволило получить достоверные 3D-карты распределения загрязнителя и рассчитать среднюю концентрацию нефти. Основным ограничением точности при увеличении глубины стало незначительное механическое нарушение почвы зондом, а не ухудшение спектрального сигнала.

Список использованных источников

1. Влияние влажности почвы и осадков на эффективность гиперспектрального метода обнаружения нефтяных загрязнений в ближнем ИК-диапазоне / М. В. Nguyen, Ю. В. Федотов, Н. В. Барышников, М. Л. Белов // Оптика атмосферы и океана. – 2025. – Т. 38, № 4(435). – С. 271-277. – DOI 10.15372/AOO20250404. – EDN ZWAUKU.
2. Определение содержания нефтепродуктов в почве методом БИК-спектроскопии: 6. Оценка влияния содержания гумуса в почвах / К. Г. Панкратова, В. И. Щелоков, Г. А. Ступакова [и др.] // Плодородие. – 2013. – № 1(70). – С. 36-37. – EDN PWVBWD.
3. Определение содержания нефтепродуктов в почве методом БИК-спектроскопии: 4. Оценка влияния агрохимических свойств почв / К. Г. Панкратова, В. И. Щелоков, Г. А. Ступакова, А. В. Стрепетова // Плодородие. – 2012. – № 5(68). – С. 43-45. – EDN PEVOAZ.
4. Определение содержания нефтепродуктов в почве методом БИК-спектроскопии: 3. Оценка влияния гранулометрического состава почв / К. Г. Панкратова, В. И. Щелоков, Г. А. Ступакова, А. В. Стрепетова // Плодородие. – 2012. – № 4(67). – С. 53-54. – EDN PEVBDZ.
5. Туров, Ю. П. Контроль почвенного нефтяного загрязнения - сравнение результатов гравиметрического, фотометрического и хроматографического методов анализа / Ю. П. Туров, М. Ю. Гузьяева, Д. А. Лазарев // Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития : Сборник научных трудов по материалам Международной научной экологической конференции, Краснодар, 24–26 марта 2020 года / Составитель Л. С. Новопольцева. Под редакцией И.С. Белюченко. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2020. – С. 447-450. – EDN WEJVVWQ.
6. Bingari H. S. et al. Application of near infrared spectroscopy in sub-surface monitoring of petroleum contaminants in laboratory-prepared soils // Soil and Sediment Contamination: An International Journal. – 2023. – Т. 32. – №. 4. – С. 400-416.
7. Ng W., Malone B. P., Minasny B. Rapid assessment of petroleum-contaminated soils with infrared spectroscopy // Geoderma. – 2017. – Т. 289. – С. 150-160.

EVALUATION OF THE SUITABILITY OF NIR SPECTROMETRY FOR DETERMINING OIL PRODUCTS IN SOIL

A.A. Lapushkina

*Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow, Russia*

This paper analyzes the potential of near-infrared spectroscopy as a rapid method for determining petroleum product content in soil. It is shown that NIR measurement time is 1–5 minutes with minimal sample preparation and the absence of solvents.

A review of domestic and international studies has demonstrated the high efficiency of NIR spectroscopy. Particle size distribution and macronutrient content have

little effect on determination accuracy. Soil organic matter affects the results, so it is recommended to create separate calibrations for organomineral and organic soils. Soil moisture reduces the accuracy of petroleum product determination in soil.

Keywords: near infrared spectrometry, soil, petroleum products

УДК 614.841.3

МЕЖДУНАРОДНЫЙ АСПЕКТ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ХРАНЕНИИ И ПЕРЕРАБОТКЕ ЗЕРНА

Н.И. Ласынов, Э.С. Насырова

*Уфимский университет науки и технологий,
г. Уфа, Россия*

В работе представлены результаты сравнительного анализа статистических данных о производстве зерновых и зернобобовых культур и аварийности на объектах хранения и переработки зерна в Российской Федерации, странах Европейского Союза и США за период 2010-2023 гг. Выявлены общие закономерности и различия в динамике производства и уровнях аварийности.

Ключевые слова: пожарная безопасность, хранение зерна, самовозгорание зерна, взрыв пыли

В парадигме устойчивого развития приоритетное значение приобретает обеспечение промышленной безопасности, неотъемлемым элементом которой выступает пожарная защита, релевантная для всех секторов экономики [1]. Проблема обеспечения пожарной безопасности при хранении и переработке зерна является актуальной не только для Российской Федерации, но и для всех стран – крупных производителей зерновых культур. Зерно и продукты его переработки относятся к пожаровзрывоопасным веществам: зерновая пыль при определенной концентрации (нижний концентрационный предел воспламенения для зерновой пыли – 40-60 г/м³) образует взрывоопасные смеси, а процессы самосогревания и самовозгорания зерна при нарушении температурно-влажностного режима хранения могут привести к крупным пожарам с тяжелыми последствиями. Для анализа динамики производства зерна и аварийной статистики использованы и сопоставлены данные из разнообразных международных источников: FAOSTAT, Joint Research Centre, OSHA, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung.

Согласно отчёту FAOSTAT [2], глобальное производство первичных сельскохозяйственных культур достигло 9,9 млрд. тонн в 2023 году, что на 3 % выше уровня 2022 года и на 27 % выше уровня 2010 года. Мировое производство зерновых культур выросло с 2310 млн. тонн в 2010 году до 2875 млн. тонн в 2023 году. Прирост за указанный период составил 565 млн. тонн (24,5 %). При этом кукуруза, пшеница и рис в совокупности обеспечивают около 91 % мирового

производства зерна. Динамика мирового производства основных зерновых культур представлена на (рис. 1).

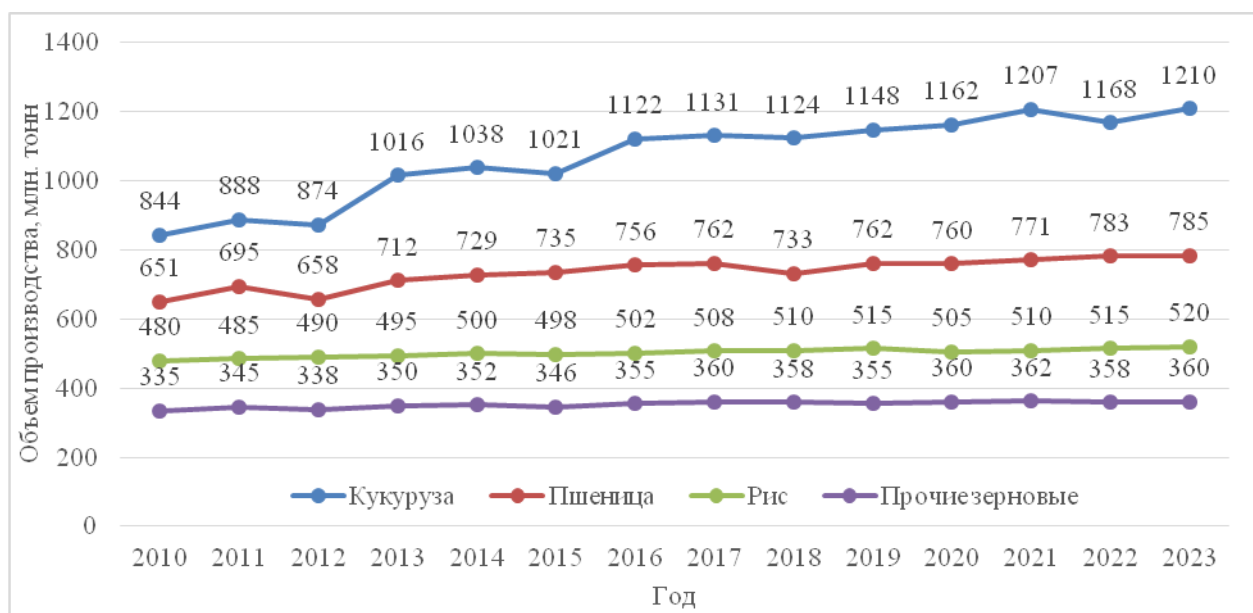


Рисунок 1 – Динамика мирового производства зерновых культур по видам в 2010-2023 году, млн. тонн

Как видно из рис. 1, кукуруза стабильно занимает лидирующую позицию среди зерновых культур, достигнув в 2023 году объёма 1210 млн. тонн. Производство пшеницы выросло с 651 млн. тонн в 2010 году до 785 млн. тонн в 2023 году. Рис демонстрирует наиболее умеренную динамику роста – с 480 до 520 млн. тонн за тот же период. Общий тренд мирового производства зерновых является устойчиво восходящим, что подтверждает глобальное увеличение продовольственной нагрузки и, как следствие, рост объёмов хранения и переработки зерна. Российская Федерация органично вписывается в эту восходящую глобальную динамику: доля России в мировом производстве зерна за период 2010-2023 гг. выросла с 3,1 % до 5,7 %.

Данные Европейской комиссии о производстве пшеницы в странах ЕС за 2015-2020 гг. демонстрируют значительные межгодовые колебания, что вероятно связаны с погодными условиями [3]. Так, засуха 2018 года привела к снижению производства пшеницы в ЕС на 14,6 % по сравнению с 2017 годом. Для сравнения, в Российской Федерации аналогичный спад в 2018 году составил 16,4 % относительно 2017 года, что указывает на схожую степень чувствительности отрасли к климатическим факторам.

Специализированные исследовательские институты ведут реестры промышленных взрывов, связанных с горючей пылью. По данным этих реестров, на объектах переработки зерна и хранения сельскохозяйственной продукции взрывы пыли составляют значительную долю в общем числе промышленных взрывов [4, 5]. Обобщённые данные по взрывам пыли на объектах зерновой отрасли в США и Европейском союзе за 2010-2023 гг. представлены на рис. 2.

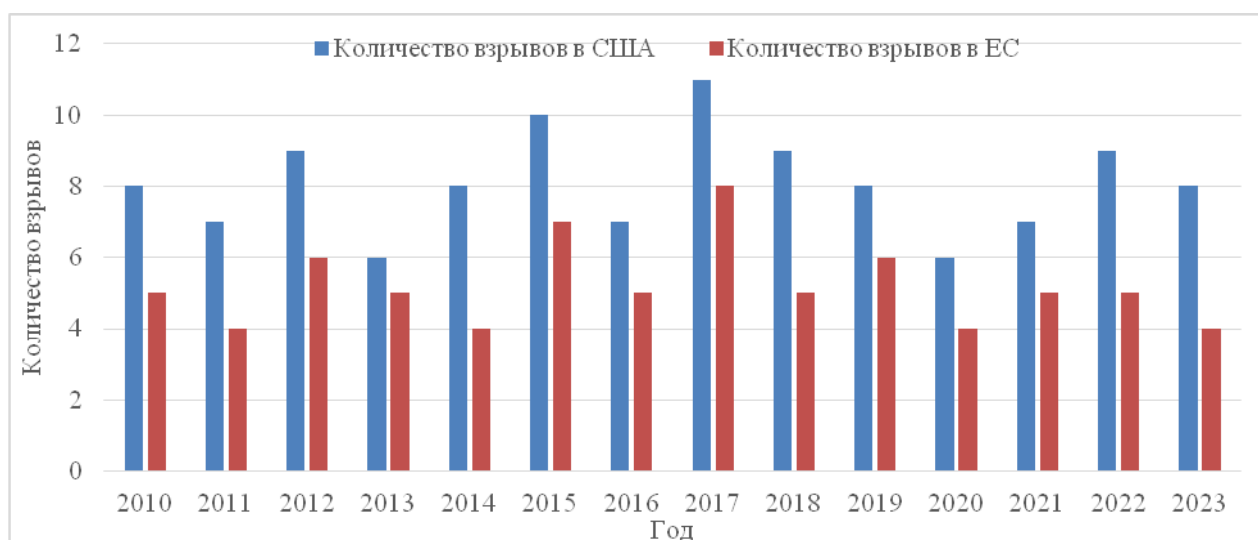


Рисунок 2 – Динамика взрывов пыли на объектах, связанных с хранением зерна, за 2010-2023 гг.

Анализ данных, представленных на рис. 2, показывает, что ежегодное количество взрывов зерновой пыли в США варьируется от 6 до 11, в странах ЕС – от 4 до 8. Наиболее «взрывоопасным» стал 2017 год, когда в США произошло 11 взрывов, а в Европе – 8. В 2023 году в Российской Федерации на объектах хранения и переработки растительного сырья зафиксировано 9 аварий всех видов, включая не только взрывы, но и пожары, из которых лишь 1 была связана со взрывом пылевоздушной смеси и еще 1 – с самовозгоранием зерна [7]. В том же 2023 году в США произошло 8 взрывов пыли на аналогичных объектах, а в странах Европейского союза – 4 взрыва [4, 5]. Таким образом, суммарное число взрывов в США и ЕС за 2023 год составило 12, что в 12 раз превышает число взрывов в России (1). Более того, за весь период 2010-2023 гг. ежегодное количество взрывов в США и ЕС варьируется от 10 до 19, тогда как в России за этот же период число взрывов не превышало 1-2 раз в год. Это подтверждает, что проблема взрыва растительной пыли носит глобальный характер, но в развитых странах она проявляется значительно острее, что, вероятно, связано с большим количеством объектов переработки и более детальной системой учета аварий. Анализ данных показывает, что проблема взрывов пыли на объектах хранения и переработки зерна является актуальной не только для России, но и для развитых стран мира, где повсеместно происходят аварии. Например, 18 марта 2026 года на кукурузоперерабатывающем заводе Cargill (США) произошёл взрыв пыли.

При этом основными причинами аварий являются недостаточная очистка оборудования от пыли, отсутствие эффективных систем взрывозащиты и человеческий фактор. Проведённый анализ подтверждает, что проблема аварийности на объектах хранения и переработки зерна носит глобальный характер. Российская Федерация, увеличившая долю в мировом производстве зерна с 3,1 % до 5,7%, сталкивается с теми же рисками, что и другие страны-производители.

Таким образом, рост производства зерна является позитивным макроэкономическим трендом, однако без пересмотра систем безопасности превращает аграрный сектор в зону повышенной техногенной опасности. Необходимо перейти от реагирования на аварию к управлению рисками на основе цифрового моделирования.

Список использованных источников

1. Пожарная безопасность как фактор обеспечения устойчивого развития / Э.С. Насырова, Э.В. Нафикова, Э.Д. Камаева, А.В. Фазылова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2022. – Т. 11, № 2(58). – С. 181-187. – EDN KIOGXV.
2. FAOSTAT «Agricultural production statistics 2010-2023» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.fao.org/statistics/highlights-archive/highlights-detail/agricultural-production-statistics-2010-2023/en>. Дата обращения: 26.07.2026.
3. Joint Research Centre: Harmonized European Union subnational crop statistics [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/index_en. Дата обращения: 26.07.2026.
4. Occupational Safety and Health Administration [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.osha.gov/>. Дата обращения: 26.07.2026.
5. Databases on hazardous substances: GESTIS-DUST-EX [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-staub-ex/index-2.jsp>. Дата обращения: 26.07.2026.
6. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://fedstat.ru/organizations/>. Дата обращения: 26.07.2026.
7. Ежегодный отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору за 2024 год.

THE INTERNATIONAL ASPECT OF FIRE SAFETY IN GRAIN STORAGE AND PROCESSING

N.I. Lasynov, E.S. Nasyrova

*Ufa University of Science and Technology,
Ufa, Russian Federation*

The paper presents the results of a comparative analysis of statistical data on the production of grain and leguminous crops and accidents at grain storage and processing facilities in the Russian Federation, the European Union and the United States for the period 2010-2023. General patterns and differences in production dynamics and accident rates have been identified.

Keywords: fire safety, grain storage, spontaneous combustion of grain, dust explosion.

ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПРИ НЕКОРНЕВОМ ВНЕСЕНИИ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ОРЕНБУРГСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

М.В. Маланина, С.А. Маланин, Н.В. Ильясова, В.Б. Щукин

*Оренбургский государственный аграрный университет,
г. Оренбург, Россия*

В статье показано влияние некорневого внесения препаратов Ультрамаг Фосфор Актив, Биостим Универсал и Гумат калия Суфлер на структуру урожая и урожайность ярового ячменя в условиях Оренбургского Предуралья. Выявлены препараты и их сочетания, в наибольшей степени повышающие продуктивность ярового ячменя.

Ключевые слова: яровой ячмень, Ультрамаг Фосфор Актив, Биостим Универсал, Гумат калия Суфлер, некорневое внесение, структура урожая, урожайность.

Использование некорневого внесения минеральных удобрений, регуляторов роста и удобрений на основе гуминовых кислот является важным агроприемом в технологиях возделывания зерновых культур. Значение их, во многом определяется влиянием на ростовые процессы растений и на устойчивость посевов к неблагоприятным факторам внешней среды, что подтверждается исследованиями, проведенные с различными видами удобрений и регуляторами роста в условиях Оренбургского Предуралья [1-2]. Вместе с тем, многие авторы указывают на зависимость эффективности агроприемов от метеоусловий, что влияет на экономическую составляющую технологий и определяет необходимость оценки целесообразности применения этих приемов в конкретных почвенно-климатических условиях [3-8].

Исследования с яровым ячменем Оренбургский совместный проводились в 2022-2023 годах на учебно-опытном поле Оренбургского ГАУ. Почва - чернозем южный среднесуглинистый, агротехника – рекомендованная для зоны. В схему опыта входили: Контроль - вода, Ультрамаг Фосфор Актив (2,0 л/га), Биостим Универсал (1,0 л/га), Гумат калия Суфлер (0,3 л/га) и их смеси. Препараты вносили в начале выхода в трубку.

Исследования показали положительное влияние препаратов на количество продуктивных стеблей ярового ячменя Оренбургский совместный к уборке на 1 м² (табл. 1).

Таблица 1 – Урожайность и элементы структуры урожая ярового ячменя Оренбургский совместный, среднее за 2022-2023 гг.

Варианты	Уро- жай- ность, ц/га	Элементы структуры урожая					
		расте- ний к убор- ке, шт/м ²	прод. кус- тис- тость, поб./ раст.	прод. стеб- лей к уборке, шт/м ²	масса зерна коло- са, г	коли- чест- во зе- рен в коло- се, шт	мас- са 1000 зе- рен, г
Контроль	21,6	211	2,12	447	0,51	13,4	38,1
Ультрамаг Фосфор Актив	23,9	222	2,28	507	0,53	13,3	40,0
Биостим Универсал	23,7	240	2,10	505	0,54	13,3	40,6
Гумат калия Суфлер	23,3	229	2,15	494	0,53	13,4	39,2
Ультрамаг Фосфор Актив + Гумат ка- лия Суфлер	25,5	231	2,15	498	0,61	14,4	42,0
Биостим Универсал + Гумат калия Суф- лер	25,2	222	2,17	482	0,61	14,2	42,7
Ультрамаг Фосфор Актив + Биостим Универсал	23,4	220	2,18	479	0,56	13,4	41,8
Ультрамаг Фосфор Актив + Биостим Универсал + Гумат калия Суфлер	23,1	196	2,31	452	0,57	13,6	41,9

Это увеличение, в среднем за 2 года, составило в зависимости от варианта, от 1,1 до 13,4%. Наибольшая густота продуктивного стеблестоя получена на варианте с препаратом Ультрамаг Фосфор Актив, наименьшая - на варианте со смесью всех трех препаратов. Изменение данного показателя по вариантам, в среднем за годы исследований, определялось различным сочетанием количества растений к уборке и продуктивной кустистости, с преобладание того или иного элемента.

Изученные препараты положительно повлияли на массу зерна колоса и массу 1000 зерен. Наибольшее её увеличение, по отношению к контролю, было при внесении смесей препаратов Ультрамаг Фосфор Актив и Биостим Универсал с Гумат калия Суфлер - на 19,6% на обоих вариантах. Здесь же повышалось количества зерен в колосе – соответственно, на 7,4 и 6,0%, а на остальных вариантах данный показатель был практически на уровне контроля. Наибольшая величина массы 1000 зерен получена на варианте Биостим Универсал + Гумат калия

Суфлер. Она составила 42,7 г при 38,1 г на контрольном варианте, то есть увеличилась на 12,1%.

В целом, исследования показали высокую эффективность изученных препаратов и их смесей. Наибольшая продуктивность ярового ячменя Оренбургский совместный получена, среднем за два года, при некорневом внесении в начале выхода в трубку смеси минерального удобрения для листовых подкормок Ультрамаг Фосфор Актив (2 л/га) и удобрения на основе гуминовых кислот Гумат калия Суфлер (0,3 л/га). Прибавка составила 3,9 ц/га или 18,1% при урожайности на контрольном варианте в 21,6 ц/га. Повышение урожайности на этом варианте происходило за счет увеличения и густоты продуктивного стеблестоя и массы зерна колоса, при этом преимущественно за счет увеличения массы зерна колоса.

Список использованных источников

1. Щукин В.Б. Влияние поздних некорневых подкормок минеральными удобрениями на продуктивность посева яровой пшеницы / В.Б. Щукин, Г.Ф. Ярцев, Н.В. Ильясова, К.Г. Абашидзе, Ю.Ю. Шнякина, А.А. Прибытков // Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем. Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием. - Оренбург: Оренбургский ГАУ, 2026. - С. 628-631. EDN: LEZAJY

2. Паламарчук П.Г. Влияние агротехнических приемов на структуру урожая и урожайность яровой пшеницы / П.Г. Паламарчук, М.И. Машенков, Н.В. Ильясова // Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем. Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием. - Оренбург: Оренбургский ГАУ, 2026. - С. 946-950. EDN: IVTDNB

3. Паламарчук П.Г. Отзывчивость сортов озимой пшеницы на применение листовых подкормок / П.Г. Паламарчук, М.И. Машенков, Н.В. Ильясова // Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем. Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием. - Оренбург: Оренбургский ГАУ, 2026. - С. 954-958. EDN: JESXTN

4. Епишева Ю.Ю. Влияние некорневых подкормок жидкими удобрениями и регулятором роста на хозяйственную урожайность озимой и яровой пшеницы в условиях Оренбургского Предуралья / Ю.Ю. Епишева, Г.Ф. Ярцев, Р.К. Байкасенов, П.Г. Паламарчук, Н.В. Ильясова, М.И. Машенков // Аграрный вестник Приморья. - 2026. - № 1 (41). - С. 12-18. EDN: OIYWGY

5. Петрова Г.В. Перспективы и особенности возделывания яровой твердой пшеницы в Оренбургской области / Г.В. Петрова, Ф.Г. Бакиров, И.В. Васильев, В.Б. Щукин, А.П. Долматов // Достижения науки и техники АПК. - 2022. - Т. 36. - № 11. - С. 21-25. EDN: XVRSIG

6. Ярцев Г.Ф. Продуктивность зернового сорго и ячменя на южных черноземах Оренбургского Предуралья / Г.Ф. Ярцев, В.Б. Щукин, Р.К. Байкасенов,

Н.В. Ильясова, Р.А. Аймуратов // Животноводство и кормопроизводство. - 2026. - Т. 109. - № 1. - С. 263-273. EDN: DUFLSU

7. Бакиров Ф.Г. Влияние предшественников и способов обработки почвы на запасы почвенной влаги и ее использование яровой твердой пшеницей/ Ф.Г. Бакиров, В.В. Диденко, И.В. Васильев, А.В. Филиппова, В.Б. Щукин, Г.В. Петрова // Животноводство и кормопроизводство. - 2026. - Т. 109. - № 2. - С. 284-297. EDN: SYJHLU

8. Бакиров Ф.Г. Профильное размещение корней - основа для обработки почвы и повышения эффективности ресурсов влаги// Ф.Г. Бакиров, Г.В. Петрова, В.Б. Щукин, И.В. Васильев, А.П. Долматов, В.В. Диденко // Плодородие. - 2023. - № 6 (135). - С. 50-54. EDN: DDUIZW

SPRING BARLEY YIELD FORMATION WITH FOLIATIVE FERTILIZER APPLICATION OF THE ORENBURG PREDURALYE

M.V. Malanina, S.A. Malanin, N.V. Ilyasova, V.B. Shchukin

*Orenburg State Agrarian University,
Orenburg, Russia*

This article examines the impact of foliar application of Ultramag Phosphor Aktiv, Biostim Universal, and Potassium Humate Souffler on the yield structure and productivity of spring barley of the Orenburg Preduralye. The fertilizers and their combinations that most significantly increase spring barley productivity are identified.

Keywords: spring barley, Ultramag Phosphor Aktiv, Biostim Universal, Potassium Humate Souffler, foliar application, yield structure, productivity.

УДК 633.162:631.81

СТРУКТУРА УРОЖАЯ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ НАНОКРЕМНИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ЕГО ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

М.В. Маланина, С.А. Маланин, Н.В. Ильясова, В.Б. Щукин

*Оренбургский государственный аграрный университет,
г. Оренбург, Россия*

В статье представлены экспериментальные данные по изучению влияния некорневого внесения минерального удобрения НаноКремний на формирование урожая ярового ячменя в условиях Оренбургского Предуралья. Определены оптимальные сроки внесения НаноКремния, обеспечивающие наибольшее повышение продуктивности посева, выявлена роль основных элементов структуры посева в формировании урожая.

Ключевые слова: яровой ячмень, НаноКремний, некорневое внесение, урожайность, структура урожая.

Кремний и кремнийсодержащие препараты имеют большое значение для нормальной жизнедеятельности растений. Их эффективность выявлена в исследованиях на разных культурах [1-4]. Вместе с тем, условия вегетационного периода и, прежде всего условия увлажнения, во многом определяют рост, развитие растений, эффективность использования почвенной влаги и элементов минерального питания, что требует изучения влияния агроприемов на формирования урожая сельскохозяйственных культур в условиях конкретной зоны [5-8].

Цель работы – изучить влияние различных сроков некорневого внесения минерального удобрения НаноКремний на структуру урожая и урожайность ярового ячменя Оренбургский совместный в почвенно-климатических условиях Оренбургского Предуралья.

Исследования проводились в 2022-2023 годах на учебно-опытном поле Оренбургского ГАУ. Схема опыта: 1. Контроль – без НаноКремния; 2. Внесение НаноКремния в начале выхода в трубку (100 г/га); 3. Внесение НаноКремния в начале колошения (100 г/га); 4. Внесение НаноКремния в два срока - в начале выхода в трубку (100 г/га) + в начале колошения (100 г/га). Почва - чернозем южный. Агротехника, за исключением изучаемых приёмов, общепринятая для зоны.

Исследования показали, что в среднем за 2022-2023 годы некорневое внесение минерального удобрения с микроэлементами НаноКремний было эффективно при всех изученных сроках его внесения (табл. 1).

Таблица 1 – Элементы структуры урожая ярового ячменя Оренбургский совместный, среднее за 2022-2023 гг.

Варианты	Урожайность, ц/га	Элементы структуры урожая					
		растений к уборке, шт/м ²	прод. кус- тис- тость, поб./ раст.	прод. стеб- лей к уборке, шт/м ²	масса зерна коло- са, г	коли- чест- во зе- рен в коло- се, шт	мас- са 1000 зе- рен, г
Контроль	21,7	233	1,96	457	0,54	15,9	34,8
НаноКремний в начале выхода в трубку	23,6	238	2,05	486	0,55	15,6	36,1
НаноКремний в начале колошения	23,8	233	1,97	458	0,60	17,0	35,4
НаноКремний в начале выхода в трубку + в начале колошения	27,5	243	2,05	496	0,62	15,9	39,7

Оно повышало урожайность ярового ячменя Оренбургский совместный на 1,9 - 5,8 ц с 1 га, в зависимости от срока внесения. Наибольший эффект получен при некорневом внесении НаноКремния в два срока - в начале выхода в трубку + в начале колошения. Урожайность данного варианта составляла 27,5 ц с 1 га при 21,7 ц с 1 га на контрольном варианте. Прибавка урожайности - 5,8 ц/га или 26,7%. На формирование урожайности оказали влияние различные сроки внесения НаноКремния. На варианте с внесением НаноКремния в начале выхода в трубку увеличение урожайности шло за счет увеличения и количества продуктивных стеблей на 1 м² к уборке и массы зерна колоса, при этом преимущественно за счет увеличения количества продуктивных стеблей на 1 м². При внесении НаноКремния в начале колошения урожайность увеличивалась практически полностью за счет увеличения массы зерна колоса. На варианте с наибольшей урожайностью - при двухкратном внесении НаноКремния, включающим его внесение в начале выхода в трубку + в начале колошения, увеличение урожайности шло за счет увеличения и количества продуктивных стеблей на 1 м² к уборке и массы зерна колоса, при этом преимущественно за счет увеличения массы зерна колоса. В данном варианте увеличение количества продуктивных стеблей на 1 м², по сравнению с контролем, в равной степени определялось увеличением количества растений на 1 м² к уборке и продуктивной кустистости, а увеличение массы зерна колоса шло за счет увеличения массы 1000 зерен.

Таким образом, для повышения урожайности ярового ячменя может быть использовано некорневое внесение минерального удобрения НаноКремний в два срока - в начале выхода в трубку (100 г/га) + в начале колошения (100 г/га). Прибавка урожайности при этом, в среднем за два года, составила 5,8 ц/га или 26,7% при урожайности на контрольном варианте в 21,7 ц с 1 га.

Список использованных источников

1. Маланина М.Б. Эффективность минерального удобрения НаноКремний на посеве яровой пшеницы в условиях Оренбургского Предуралья / М.В. Маланина, С.А. Маланин, Н.В. Ильясова, В.Б. Щукин, Ю.Ю. Шнякина, А.А. Прибытков // Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем. Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием. - Оренбург: Оренбургский ГАУ, 2026. - С. 866-869. EDN: VTIEBE

2. Маланина М.В. Влияние минерального удобрения НаноКремний на продуктивность посева яровой пшеницы / М.В. Маланина, С.А. Маланин, А.А. Прибытков, Н.В. Ильясова, В.Б. Щукин // В фокусе достижений молодежной науки. Материалы ежегодной итоговой научно-практической конференции. - Оренбург: Оренбургский ГАУ, 2025. - С. 107-111. EDN: GRWKMI

3. Петрова Г.В. Влияние удобрения НаноКремний на урожайность нута в условиях Оренбургского Предуралья / Г.В. Петрова, В.Б. Щукин, Н.В.

Бабёнышева, В.Ю. Сорокин, А.В. Корабельников // Международный журнал аграрной науки и образования. - 2024. - № 2. - С. 10 -15. EDN: XRKJNV

4. Щукин В.Б. Влияние минеральных удобрений и регулятора роста на формирование урожая озимой пшеницы в условиях Оренбургского Предуралья / В.Б. Щукин, А.О. Мишустин, Н.В. Ильясова// Актуальные вопросы обеспечения комплексной безопасности. Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием. - Оренбург: ООО "Типография "Агентство "Пресса", 2024. - С. 1180-1184. EDN: DOWIKE

5. Петрова Г.В. Перспективы и особенности возделывания яровой твердой пшеницы в Оренбургской области / Г.В. Петрова, Ф.Г. Бакиров, И.В. Васильев, В.Б. Щукин, А.П. Долматов // Достижения науки и техники АПК. - 2022. - Т. 36. - № 11. - С. 21-25. EDN: XVRSIG

6. Ярцев Г.Ф. Продуктивность зернового сорго и ячменя на южных черноземах Оренбургского Предуралья / Г.Ф. Ярцев, В.Б. Щукин, Р.К. Байкасенов, Н.В. Ильясова, Р.А. Аймуратов // Животноводство и кормопроизводство. - 2026. - Т. 109. - № 1. - С. 263-273. EDN: DUFLSU

7.Бакиров Ф.Г. Влияние предшественников и способов обработки почвы на запасы почвенной влаги и ее использование яровой твердой пшеницей/ Ф.Г. Бакиров, В.В. Диденко, И.В. Васильев, А.В. Филиппова, В.Б. Щукин, Г.В. Петрова //Животноводство и кормопроизводство. - 2026. - Т. 109. - № 2. - С. 284-297. EDN: SYJHLU

8. Бакиров Ф.Г. Профильное размещение корней - основа для обработки почвы и повышения эффективности ресурсов влаги// Ф.Г. Бакиров, Г.В. Петрова, В.Б. Щукин, И.В. Васильев, А.П. Долматов, В.В. Диденко // Плодородие. - 2023. - № 6 (135). - С. 50-54. EDN: DDUIZW

CROP STRUCTURE AND YIELD OF SPRING BARLEY USING NANOSILICON MINERAL FERTILIZER IN ITS CULTIVATION TECHNOLOGY

M.V. Malanin, S.A. Malanin, N.V. Ilyasova, N.V. Ilyasova, V.B. Shchukin

*Orenburg State Agrarian University,
Orenburg, Russia*

This article presents experimental data on the effect of foliar application of NanoSilicon mineral fertilizer on spring barley yield development in the Orenburg Cis-Urals. The optimal timing of NanoSilicon application, providing the greatest increase in crop productivity, is determined, and the role of key crop elements in yield development is elucidated.

Keywords: spring barley, NanoSilicon, foliar application, yield, crop structure.

ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ВОЛГОГРАДСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ

Н.В. Михеев, К.С. Лазарев, Д.С. Пичугин, Б.Ш. Шокиров

*Донской государственный аграрный университет, Новочеркасский
инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова,
г. Новочеркасск, Россия*

В статье рассматривается дифференцированный режим орошения кукурузы на светло-каштановых почвах Волгоградского Заволжья. Изучены поливные и оросительные нормы кукурузы при различных уровнях увлажнения. Рассчитано суммарное водопотребление кукурузы при различных глубинах увлажнения почвы.

Ключевые слова: кукуруза на зерно, дифференцированный режим орошения, оросительная норма, суммарное водопотребление, глубина увлажнения, поливная норма, оросительная норма, осадки.

Волгоградская область в достаточной степени обеспечена теплом, но испытывает дефицит влаги, также необходимый для роста и развития растений. Поэтому для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур в нашей области, отнесённой к зоне недостаточно увлажнения, необходима широкое развитие орошения.

Исследования по установлению оптимального водного и пищевого режима почвы мы проводим на недавно построенном орошаемом участке «Урожайный-1» агрофирмы «Ахтубинская» Среднеахтубинского района Волгоградской области. Полив кукурузы на опытном участке осуществляется дождевальными машинами Valley.

Многие учёные отмечают, что растение кукурузы очень чувствительно к недостатку влаги в почве и во все периоды вегетации, дефицит воды вызывает резкое снижение урожая. Оптимальный же режим орошения весьма благоприятно влияет на рост и развитие растений кукурузы. При этом возрастает интенсивность фотосинтеза растений и накопления биомассы, развивается мощная корневая система. Исходя из вышесказанного была выбрана величина нижнего порога допустимой предполивной влажности почвы опытного участка. По рекомендациям ряда авторов для наших условий она составила 75-80 % НВ [1, 2].

Создание оптимального водного режима почвы включает в себя, наряду с определением допустимой предполивной влажности, и установление глубины увлажнения почвы. В отношении этого важного показателя существует различные мнения среди учёных. Одни авторы считают возможные ограничения глубины увлажнения до 0,4-0,5 м, объясняя это распространением основной массы корней в данном слое почвогрунта. Другие же отмечают целесообразность

влагонасыщения всей активной толщи, принятой для данной культуры (то есть на глубину 0,8-1,0 м [3, 4].

Следует отметить, что при неглубоком увлажнении находящейся ниже расчётного увлажняемого слоя корневая система растений, испытывая недостаток влаги не получает достаточного развития, что неблагоприятно сказывается на продуктивности посевов. При орошении же на большую глубину верхние слои почвы между поливами сильно иссушаются и происходит угнетение корневой системы, расположенной в этих слоях, при этом также неизбежно снижение урожая.

Известно, что интенсивность использования влаги из верхних слоёв почвы превышает потребление воды из нижележащих слоёв вследствие транспирации и испарения с поверхности почвы, что ведёт пересушиванию верхних слоёв до влажности завядания, в то время как средняя предполивная влажность в активном слое почвы достигает заданного уровня. Для культур с достаточно большой величиной увлажняемого активного слоя назначение сроков полива по средней предполивной влажности расчётного слоя почвы, без учёта водообеспеченности каждого слоя, может иметь неблагоприятные последствия. Этим и обусловлена необходимость более частого увлажнения верхних слоёв путём чередования малых и больших поливных норм [5].

Исходя из этого схему опытов включены варианты, рассчитанные на увлажнение активного слоя почвы на глубину 0,5 м, 1,0 м и дифференцированный режим орошения с глубиной увлажнения до 0,5-1,0 м, а также варианты по минеральному питанию.

Начальные запасы влаги в 2024 году составили 1086 м³/га или 82% НВ. В слое 0-0,5 м и 1100 м³/га слое 0,5-1,0 м.

В первом варианте по режиму орошения поливы назначались при достижении средней предполивной влажности почвы в слое 0-0,5 м принятого уровня 75-80% НВ и рассчитывались на увлажнение именно этого слоя почвогрунта. При этом влажность активного слоя почвы в период вегетации опускалась до предполивного порога десять раз. Предполивной период изменялся от 6 до 18 дней. В слое почвы 0,5-1,0 м на этом же варианте предполивная влажность почва опускалась ниже принятого уровня и в конце составляла 67% НВ.

На варианте с глубиной увлажнения 1,0 м поливы, рассчитанные на увлажнение данной толщи почвогрунта, проводились тогда, когда влажность почвы метрового слоя приближалась к допустимой. Межполивной период на варианте изменялся от 15 до 26 дней, причём влажность в активном слое опускалась до принятого уровня пять раз. Влажность верхнего слоя почвы (0-0,5 м) в этом же варианте опускалась ниже допустимого уровня четыре раза, и в конце вегетационного периода составила 74% НВ.

На варианте с дифференцированной глубиной промачивания поливные нормы рассчитывались на увлажнение как полуметрового, так и метрового слоя почвы в зависимости от снижения средней предполивной влажности каждого из этих слоёв до заданной величины. Влажность почвы в данном варианте в течение всего вегетационного периода не опускалась ниже принятого уровня как

слое 0-0,5 м, так и в слое 0,5-1,0 м, межполивной период изменялся от 5 до 14 дней.

Из приведенных данных видно, что дифференциация глубины увлажнения активного слоя почвы в течение всего периода вегетации создаёт благоприятные условия для развития мощной корневой системы растений - влажность почвы как в верхнем (0-0,5 м), так и в нижнем (0,5-1,0 м) слое поддерживается в соответствии с принятым уровнем. Кроме того, создание оптимальных условий увлажнения способствует более быстрому накоплению биомассы, результатом чего является высокий урожай. Равномерность увлажнения почвы по отдельным слоям активной толщи грунта в двух других вариантах не соблюдалось, что отрицательно повлияло на продуктивность растений.

Одним из основных показателей разработки оптимальных режимов орошения сельскохозяйственных культур является суммарное водопотребление. Данные по структуре суммарного водопотребления кукурузы приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Структура суммарного водопотребления кукурузы

Вариант по глубине увлажнения, м	Использование запасов почвенной влаги		Приход влаги от осадков		Оросительная норма		Суммарное водопотребление, м³/га
	м³/га	%	м³/га	%	м³/га	%	
0,5	840	14	1950	33	3200	53	5990
0,5-1,0	700	11	1950	32	3500	57	6150
1,0	790	12	1950	30	3700	58	6440

Главное место в структуре суммарного водопотребления занимает оросительная норма, которая в среднем составляет 56% от общего расхода воды растениями. Меньшую часть составляют атмосферные осадки вегетационного периода, на долю которых приходится от 30 до 33% суммарного водопотребления. Низкое использование запасов влаги из почвы, также входящие в структуру суммарного ввода потребления объясняется тем, что в районе проводимых исследований сумма осадков осенне-зимнего периода невелика, и в среднем на долю запасов почвенной влаги приходится 12%.

Результаты исследований показали, что при создании оптимальных условий увлажнения активного слоя почвы с учётом её водообеспеченности по отдельным слоям, в сочетании с внесением удобрений наблюдается быстрый рост

растений кукурузы, что обеспечивает получение высоких урожаев этой важной кормовой культуры.

Список использованных источников

1. Режим орошения и водопотребления кукурузы на зерно при поливах ДМ-Reinke-A-100 в условиях Ростовской области / Н.А. Иванова, И.В. Гурина, С.Ф. Шемет, Н.В. Михеев // Научный журнал Рос. НИИ проблем мелиорации. 2015. №4 (20). С. 96-107. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=366&id=373>
2. Балакай, Г. Т. Развитие мелиорации – основа стабилизации производства сельскохозяйственной продукции в России / Г. Т. Балакай // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2011. – № 2(02). – 9 с. – Режим доступа: http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec22-field6.pdf .
3. Бабичев А. Н., Бабенко А. А. Анализ использования дифференцированного подхода при орошении сельскохозяйственных культур // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 4(40). С. 182–204. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1166> (дата обращения: 16.08.2026). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-4-182-204.
4. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2022–2026 годы // Монография. Минсельхозпрод Ростовской области. - Ростов-на-Дону: ООО «Донской издательский дом», 2022. - 736 с
- 5.. Щедрин В. Н., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Негативные почвенные процессы при регулярном орошении различных типов почв // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 2(30). С. 1–21. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=926> (дата обращения: 20.08.2026).

DIFFERENTIATED CORN IRRIGATION REGIME IN LIGHT CHESTNUT SOILS VOLGOGRAD TRANS-VOLGA REGION

N.V. Mikheev, K.S. Lazarev, D.S. Pichugin, B.S. Shokirov

*Donskoy State Agrarian University, Novocherkassk Engineering and Reclamation
Institute named after A.K. Kortunov
Novocherkassk, Russia*

The article considers the differentiated irrigation regime of cucumbers on light chestnut soils of the Volgograd Trans-Volga region. The irrigation and irrigation standards of corn at different moisture levels have been studied. The total water consumption of corn is calculated at different soil moisture depths.

Keywords: corn per grain, differentiated irrigation regime, irrigation rate, total water consumption, depth of humidification, irrigation rate, irrigation rate, precipitation.

СОРГО НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ НИЖНЕГО ДОНА

Н.В. Михеев, К.С. Лазарев, Д.С. Пичугин, Б.Ш. Шокиров

*Донской государственный аграрный университет, Новочеркасский
инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова,
г. Новочеркасск, Россия*

В статье рассматриваются вопросы возделывания сорго на орошаемых землях Нижнего Дона. Разработан дифференцированный режим орошения, установлены сроки проведения и нормы вегетационных поливов сорго, возделываемого на кормовые цели. Изучена структура суммарного водопотребления сорго при различных режимах орошения.

Ключевые слова: сорго, технология возделывания, рост и развитие растений, дифференцированный режим орошения, суммарное водопотребление, поливная норма, оросительная норма, урожайность.

Ростовская область является наиболее крупным районом орошаемого земледелия в РФ. Обязательным условием научно обоснованной системы земледелия является совершенствование структуры посевных площадей, размещение на поливных землях наиболее продуктивных культур, сортов и гибридов, позволяющих не допускать ухудшения мелиоративного состояния орошаемых земель особенно в условиях дефицита водных ресурсов [1, 2].

Проведенными многочисленными научно-исследовательскими институтами и опытными хозяйствами исследованиями установлено, что в засушливом и полузасушливом районах юга и юго-востока страны на засоленных орошаемых землях экономически целесообразно возделывать сорговые культуры, хотя основной зернофуражной культурой является кукуруза. Однако, при засолении почвы 0,1–0,4 % кукуруза снижает урожай на 50 % [3, 4].

Более рационально использовать орошаемые земли Дона в условиях дефицита водных ресурсов возможно путем возделывания культур, не требующих интенсивного орошения и устойчивых к засолению почв. Именно к таким культурам относится сорго. Исключительная засухоустойчивость и солевыносливость (0,6–0,8%) и низкий транспирационный коэффициент, высокая продуктивность и хорошие кормовые достоинства ставят сорго в ряд наиболее перспективных кормовых культур [5-7].

Так, установлено, что сорго способно с урожаем зерна и зеленой массы от 31 до 76 т/га выносить значительное количество солей.

Почвы опытного участка представлены темно-каштановыми, хлоридно-сульфатно-натриевого засоления, расположенные в Мартыновском районе Ростовской области. Емкость поглощения этих почв сравнительно низкая – 12–15 мг/экв на 100 г почвы, плотность сложения почвы – 1,33 т/м³, наименьшая влагоемкость 28,9 %.

Схема опыта предусматривала варианты:

1. Без орошения;
2. Вегетационные поливы при снижении влажности до 80 % НВ;
3. Предпосевной полив + вегетационные поливы при 80 % НВ;
4. Влагозарядка + предпосевной полив + вегетационные поливы при 80 % НВ;
5. Влагозарядка + предпосевной полив + вегетационные поливы при 70 % НВ до вымётывания метелки и 80 % НВ после вымётывания.

Влагозарядковые поливы осуществлялись осенью, до вспашки, предпосевной и вегетационные поливы дождевальными машинами Valley кругового действия.

Исследования показали, что водный режим почвы находился в прямой зависимости от режимов орошения и имел свои особенности в годы различной обеспеченности осадками.

В условиях сухого вегетационного периода 2021 года на вариантах 2 и 3 проведено 6 поливов оросительной нормой соответственно 3900 и 3600 м³/га; на варианте 4, кроме предпосевного полива 4 вегетационных полива оросительной нормой 2950 м³/га; а на варианте 5 – 3 полива оросительной нормой 2550 м³/га.

В вегетационном периоде 2022 года на варианте 2 было проведено 5 поливов с оросительной нормой 2950 м³/га; на варианте 3 – 5 поливов оросительной нормой 2950 м³/га; на варианте 4 – 4 полива оросительной нормой 2300 м³/га и на варианте 5 – 3 полива оросительной нормой 1900 м³/га.

В средневлажный вегетационный период 2023 года, кроме влагозарядкового и предпосевного поливов во всех вариантах с режимами орошения проведено: на варианте 2 – 2 вегетационных полива оросительной нормой 1300 м³/га; на варианте 3 – 2 полива оросительной нормой 1650 м³/га; на 4 и 5 вариантах – по одному поливу, нормами соответственно 650 и 900 м³/га.

Орошение оказывает существенное влияние на рост и развитие растений. В сравнении с вариантом без полива сорго имело более высокие темпы среднесуточного прироста на вариантах с режимами орошения, а в конце вегетационного периода высота растений в засушливом 2021 году была на 38–47 см выше, чем на контроле без полива. При недостатке влаги в период до вымётывания растениями сорго метелки замедлялся рост и развитие растений в высоту, быстрее наступает фаза выметывания метелок, цветение и налив зерна. При оптимальном режиме, наоборот, вегетационный период возрастает на 4–5 дней.

В среднем за 2021-2023 годы на контроле без проведения вегетационных поливов суммарное водопотребление составило 2822 м³/га, при этом 67 % составили осадки. По сравнению с вариантами по режиму орошения на контроле без полива интенсивно использовались почвенные запасы влаги.

Меньше всего растения удовлетворяли потребность во влаге за счет почвенных запасов на вариантах с влагозарядковыми поливами. На варианте 2 и 3, где влагозарядковые поливы не проводились, удельный вес оросительной воды в суммарном водопотреблении составил 53 %, осадки – 37 % и расход влаги из почвы – 10 %. Благодаря глубоким запасам влаги, созданным влагозарядковым

поливом, растения на вариантах с влагозарядкой были хорошо обеспечены влагой, поэтому иссушение почвы не происходило.

Наиболее экономное расходование воды на получение 1 т продукции, а именно зерна сорго происходит на вариантах 4 и 5, где коэффициент водопотребления составил соответственно 1320 и 1309 м³/га. Кроме того, дифференцирование режима орошения (вариант 5) позволило сэкономить 300–350 м³/га поливной воды, что имеет немаловажное значение в условиях засушливых районов Нижнего Дона.

В результат исследований установлено, что наиболее экономически выгодным является вариант с влагозарядкой + предпосевным поливом и вегетационными поливами при 70 % НВ до вымётывания метелки и 80 % НВ после вымётывания. При соблюдении такого режима орошения урожай зерна сорго составил в среднем за 3 года – 3,90 т/га, кормовых единиц – 4,80 т/га и кормопroteinновых единиц – 3,84 т/га.

Таким образом, имеется реальна возможность размещать в центральной орошаемой зоне Ростовской области, на ее восточных границах около 20 тыс. га посевов кормового сорго в совместных посевах с кукурузой и другими культурами. Это позволит дополнительно получать до 40 тыс. тонн высококачественного зерна и 200 тыс. тонн кормовых единиц.

Список использованных источников

1. Балакай, Г. Т. Развитие мелиорации – основа стабилизации производства сельскохозяйственной продукции в России / Г. Т. Балакай // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИ-ИПМ, 2011. – № 2(02). – 9 с. – Режим доступа: http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec22-field6.pdf .

2. Режим орошения и водопотребления кукурузы на зерно при поливах ДМ-Reinke-A-100 в условиях Ростовской области / Н.А. Иванова, И.В. Гурина, С.Ф. Шемет, Н.В. Михеев // Научный журнал Рос. НИИ проблем мелиорации. 2015. №4 (20). С. 96-107. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=366&id=373>

3. Ильинская И.Н. Нормирование водопотребности для орошения сельскохозяйственных культур на Северном Кавказе: моногр. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2001. – 164 с

4. Шевченко П.Д., Ольгаренко Г.В., Иванова Н.А. Практическое руководство по методике проведения опытов в степных агроландшафтах. Новочеркасск, 2001. 114 с.

5. Штойко Д.А. Водопотребление и режим орошения сельскохозяйственных культур // Орошаемое земледелие на Украине. Киев: Урожай, 1968. С. 147-170.

6. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2022–2026 годы // Монография. Минсельхозпрод Ростовской области. - Ростов-на-Дону: ООО «Донской издательский дом», 2022. - 736 с.

7. Дубенок Н. Н., Майер А. В., Бородычев С. В. Управление физиологическим и гидротермическим процессами в агрофитоценозах путем совершенствования оросительных систем для его осуществления // Известия НВ АУК. 2019. № 3(55). С. 313–322. DOI: 10.32786/2071-9485- 2019-03-40.

SORGHUM ON IRRIGATED LANDS OF THE LOWER DON

N.V. Mikheev, K.S. Lazarev, D.S. Pichugin, B.S. Shokirov

*Donskoy State Agrarian University, Novocherkassk Engineering and Reclamation
Institute named after A.K. Kortunov,
Novocherkassk, Russia*

The article discusses the issues of sorghum cultivation on irrigated lands of the Lower Don. A differentiated irrigation regime has been developed, the timing and norms of vegetation irrigation of sorghum cultivated for forage purposes have been established. The structure of the total water consumption of sorghum under various irrigation regimes has been studied.

Keywords: sorghum, cultivation technology, plant growth and development, differentiated irrigation regime, total water consumption, irrigation rate, irrigation rate, yield.

УДК 631.81:631.4

АГРОМЕЛИОРАТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ И МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР В ЗАСУШЛИВЫХ РЕГИОНАХ РОССИИ

В.В. Муравлёва

*Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения
и сельхозводоснабжения «Радуга»,
г. Коломна, Россия*

В статье проанализирована водная эффективность возделывания зерновых и масличных культур в регионах юга и Поволжья России с учетом биологических особенностей их водопотребления и факторов, сдерживающих развитие мелиорации. Обосновано преимущество озимых культур и выявлена необходимость перехода к регулируемому орошению с учетом фактической влагообеспеченности полей. Главными направлениями оптимизации водопользования определены корректировка структуры посевов в пользу озимых, а также реконструкция оросительных сетей с применением современных дождевальных систем и закрытых трубопроводов.

Ключевые слова: мелиорация, зерновые культуры, орошаемое земледелие, агромелиорация.

Аграрный сектор юга России функционирует в условиях нарастающего дефицита водных ресурсов. Прежний экстенсивный путь развития мелиорации, связанный с простым увеличением орошаемых площадей, утратил свою эффективность. Сегодня главная проблема заключается не только в нехватке водных ресурсов, но и в низкой отдаче от каждого кубометра воды, поданного на поля [1]. Дальнейшее развитие мелиоративного комплекса целесообразно ориентировать на адаптивные технологии, дифференцированные с учетом фазовых потребностей культур в воде. Исследование выполнено на основе статистических данных Росстата за 2020–2022 гг. по ключевым зерносеющим регионам Южного (ЮФО), Северо-Кавказского (СКФО) и Приволжского (ПФО) федеральных округов.

Анализ агромелиоративных показателей выявляет заметный разрыв между уровнем урожайности и долей фактически орошаемой пашни (таблица 1).

Таблица 1 – Агромелиоративные показатели использования пашни в регионах юга и Поволжья РФ

Показатель	ЮФО	ПФО	СКФО	РФ в целом
Средняя урожайность зерновых, ц/га	42–45	31–32	30–33	32,5–33,6
Доля фактически орошаемых земель в площади пашни, %	7,0-9,5	2,0-3,5	4,0-6,0	3,5-4,2

Источник: составлено автором на основе [1,2].

Высокая урожайность зерновых в ЮФО (42–45 ц/га) достигается за счет благоприятного агроклиматического потенциала и высокого агрохимического фона, при этом мелиорация применяется точно для страхования рисков и выращивания наиболее ценных культур. Естественное плодородие почв служит базой, но именно агротехнологии и мелиорация позволяют реализовать потенциал урожайности и смягчить последствия засух.

Низкая доля орошаемой пашни в РФ (около 4%) свидетельствует о физическом износе и массовом выбытии гидротехнических систем из эксплуатации. Ключевую роль играет экономический фактор: высокая стоимость электроэнергии и воды при относительно низких закупочных ценах на зерно делают орошение многих площадей нерентабельным без серьезной государственной поддержки.

Эффективность использования воды напрямую зависит от биологических особенностей культур (рисунок 1).

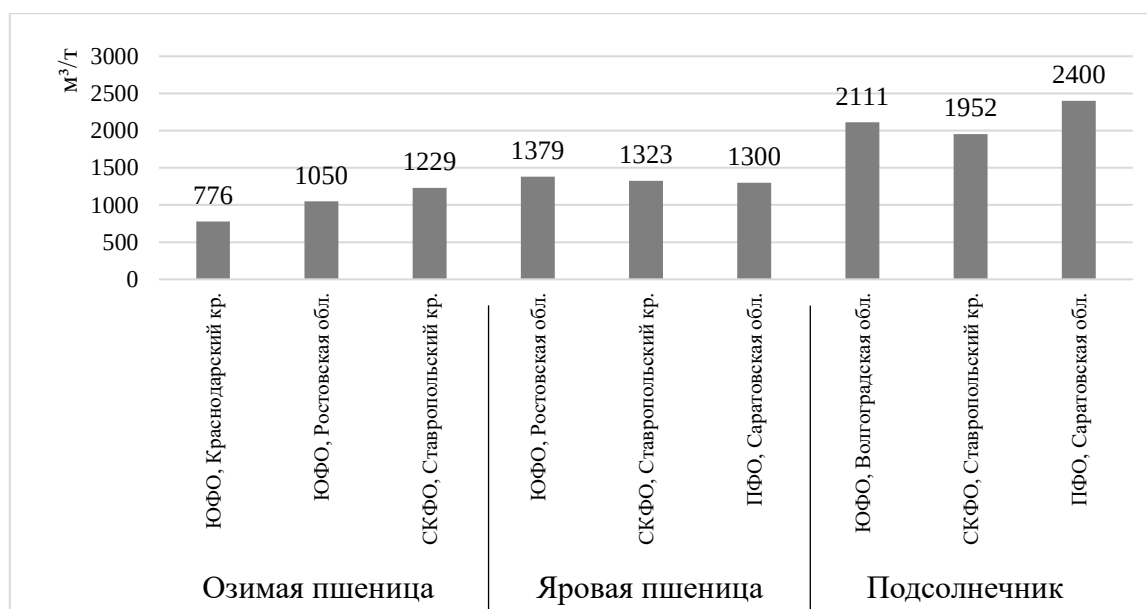


Рисунок 1 – Водопотребление зерновых и масличных культур в регионах юга и Поволжья РФ

Источник: рассчитано автором на основе [2-5].

Данные рисунка 1 демонстрируют преимущество озимой пшеницы по водной эффективности. Для Краснодарского края удельное водопотребление составляет 776 м³/т. В Ростовской области удельное водопотребление озимой пшеницы составляет 1050 м³/т, тогда как у яровых культур оно возрастает до 1379 м³/т. Это связано с тем, что яровые культуры страдают от летней засухи в период формирования урожая, в отличие от озимых, эффективно использующих запасы весенней влаги. Наименьшая эффективность зафиксирована у подсолнечника (до 2400 м³/т) из-за продолжительного вегетационного периода и высоких летних потерь на транспирацию.

Установленные различия в водопотреблении культур обуславливают потребность в корректировке существующих подходов к мелиорации. Оптимизация водопользования требует реализации взаимосвязанных агротехнических и инженерно-технических мероприятий.

В биолого-агротехнической адаптации первоочередной задачей является корректировка структуры посевных площадей. Необходимо увеличивать долю озимых культур, фенология которых совпадает с периодами естественного увлажнения. Инженерно-технические меры должны быть направлены на сокращение потерь воды при транспортировке и подаче. Инвестиции целесообразно направлять на реконструкцию существующих сетей: переход на закрытые трубопроводы и внедрение современных дождевальных машин (круговых, фронтальных) с энергосберегающими насадками. Повсеместный переход на капельное орошение для зерновых и масличных культур экономически нецелесообразен из-за высоких капитальных затрат (оправдано только для

высокорентабельных овощных и плодовых культур). Инженерная модернизация оросительных систем должна сопровождаться интеграцией цифровых инструментов точного земледелия.

Согласование структуры посевных площадей с естественным увлажнением, регулируемого орошения с учетом фактической влагообеспеченности и технического перевооружения мелиоративных систем создают условия для стабилизации урожаев и роста рентабельности орошаемого земледелия.

Список использованных источников

1. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2022 году. – Москва: Росреестр, 2023. – 231 с.
2. Федеральная служба государственной статистики. Сельское хозяйство в России. 2023: статистический сборник. - М.: Росстат, 2023. - 348 с.
3. Рекомендации по нормированию орошения сельскохозяйственных культур в условиях Северного Кавказа / ФГБНУ «ВНИИ риса». - Краснодар, 2021. - 84 с.
4. Саратовстат. Сельское хозяйство Саратовской области в 2022 году: статистический сборник. - Саратов, 2023. - 156 с.
5. Федеральная служба государственной статистики по Южному федеральному округу. Сельское хозяйство ЮФО в 2022 году: аналитический обзор. - Ростов-на-Дону, 2023. - 84 с.

AGROMELIORATIVE TECHNOLOGIES FOR THE CULTIVATION OF GRAIN AND OILSEED CROPS IN ARID REGIONS

V.V. Muravleva

*All-Russian Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply
"Raduga",
Kolomna, Russia*

The article analyzes the water use efficiency of cultivating grain and oilseed crops in the southern and Volga regions of Russia, taking into account the biological features of their water consumption and the factors constraining the development of land reclamation. The advantages of winter crops are substantiated, and the necessity of transitioning to regulated irrigation based on actual field moisture availability is demonstrated. The main directions for optimizing water management are defined as adjusting the cropping structure in favor of winter crops, as well as reconstructing irrigation networks using modern sprinkler systems and closed pipelines.

Keywords: reclamation, crops, irrigated farming, agromelioration.

МЕТОДИКА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕМЯН РАПСА

В.А. Овтов, В.К. Усанкин, Д.В. Гришин

*Пензенский государственный аграрный университет,
г. Пенза, Россия*

В статье представлена методика и результаты определения физико-механических характеристик рапса сорта «Амулет».

Ключевые слова: посев, масса семян, физико-механические свойства, гистограмма, методика.

Рапс – это масличная и кормовая культура семейства крестоцветных, выращиваемая как в яровой, так и в озимой форме. Семена рапса содержат 40-50% масла, используемого в пищевой промышленности, биотопливе и технических целях, а жмых является ценным белковым кормом. Преимущества выращивания рапса включают высокую рентабельность, улучшение структуры почвы за счёт глубокой корневой системы, а также возможность использования в севообороте как предшественника для зерновых культур. [1-5]. В условиях Центральной России, Поволжья, Урала и Сибири посев ярового рапса проводят в самые ранние сроки – при прогреве почвы на глубине 3...5 см до +5...7°C (обычно середина апреля – начало мая). Озимый рапс высевают за 70...80 дней до наступления устойчивых заморозков (август – начало сентября), чтобы растения успели сформировать развитую розетку из 6...8 листьев и уйти в зиму окрепшими. Посев проводят по следующей схеме: междурядья 15...18 см при узкорядном способе или 25...30 см при обычном рядовом посеве. Норма высева составляет 1,5...2,5 кг/га для ярового и 0,8...1,5 кг/га для озимого рапса при использовании сеялок точного высева.

Рапс относится к мелкосеменным культурам, и его семена должны заделываться на глубину 1,5...3 см. При более глубокой заделке (свыше 4 см) энергия прорастания резко снижается, всходы получаются изреженными и ослабленными.

Физико-механические свойства семян рапса играют ключевую роль в проектировании и настройке сельскохозяйственной техники (сеялок, очистных машин, транспортеров), а также в определении оптимальных режимов посева.

Исходными данными для конструирования сошников, являются физико-механические свойства семян [4-8]. На их основе определяется принципиальная схема рабочих органов сеялки, их геометрические и кинематические параметры, а также режимы работы пневматических и механических систем. Поэтому исследования включали определение следующих параметров и характеристик физико-механических свойств семян рапса сорта «Амулет»: размерно-массовых показателей, сыпучести, коэффициентов трения (скольжения и качения), а также

выявление признаков, влияющих на стабильность потока семян в процессе высева. Физико-механические свойства семян рапса определены в соответствии с методиками и ГОСТ (ГОСТ 18681–73, ГОСТ 13496.0–80, ГОСТ 12042–80) [9].

Полученное при взвешивании массы семян основной культуры значение делят на количество семян и умножают на 1000. В опытах массу партий семян рапса сорта «Амулет» определяли на аналитических весах с точностью до 0,1 мг типа МТ-FA-SEM45 (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Лабораторные аналитические весы МТ-FA-SEM45

Анализ показывает, что масса 1000 семян варьируется в пределах 2,5...5,0 г, что соответствует коэффициенту вариации около 25...30%.

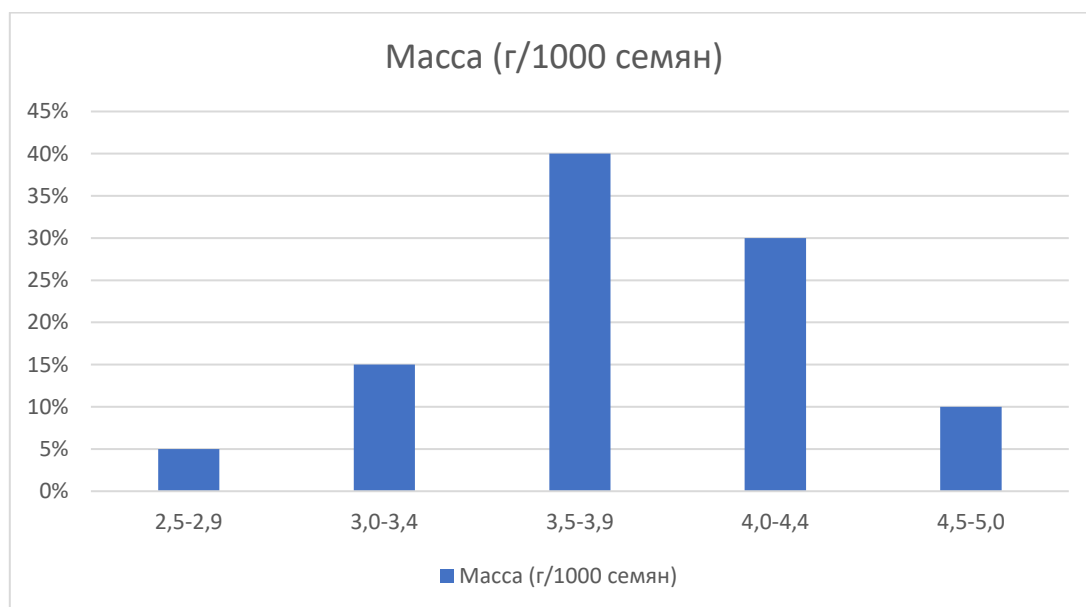


Рисунок 2 – Гистограмма распределения массы 1000 семян рапса

Анализ гистограммы распределения массы 1000 семян показывает, что масса 85% образцов находится в диапазоне от 2,8 до 4,2 г. Это соответствует средней массе одного семени 3...4 мг.

Для измерения геометрических параметров использовался штангенциркуль с точностью 0,02 мм. Установлено, что диаметр семян составляет 1,5...2,5 мм, толщина – 1,0...1,8 мм. Сыпучесть характеризуется углом естественного откоса, который для семян рапса составляет 25...35°. Угол естественного откоса определяли с помощью прибора (рисунок 3).



Рисунок 3 – Прибор для определения угла естественного откоса семян

В нижней части прибора имеется отверстие, которое перекрывается задвижкой. Прибор устанавливают горизонтально и заполняют семенами, а затем открывают задвижку и семена поступают на горизонтальную поверхность, при этом конус из семян с углом естественного откоса. Этот параметр влияет на конструкцию бункеров, угол наклона их стенок, а также на равномерность выгрузки.

Результаты полученных испытаний и измерений заносятся в соответствующие таблицы для дальнейшего их использования при расчетах и обосновании параметров и режимов работы узлов сеялки.

Список использованных источников

1. Овтов, В.А. Обоснование конструкции сошника для посева мелкосеменных культур / В.А. Овтов, М.Ю. Абросимов // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 8. – С. 89-92. – DOI 10.28983/asj.y2020i8pp89-92. – EDN DBBURN.

2. Овтов, В.А. Напряженно-деформированный анализ деталей и узлов посевной секции зерновой сеялки / В.А. Овтов, А.В. Яшин, Д.Ю. Халеев //

Аграрный научный журнал. – 2021. – № 5. – С. 96-98. – DOI 10.28983/asj.y2021i5pp96-98. – EDN TKFKVJ.

3. Овтов, В.А. Исследование разрушения вала с применением компьютерного моделирования / В.А. Овтов, А.В. Яшин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2021. – № 4. – С. 25-27. – DOI 10.31044/1684-2561-2021-0-4-25-27. – EDN ZNRBIC.

4. Результаты полевых испытаний пропашной сеялки 2bq-8F-MTR в агрегате с тракторами 2 класса / М.А. Терехин, А.А. Тыкушин, М.А. Семаев [и др.] // Нива Поволжья. – 2024. – № 4(72). – DOI 10.36461/NP.2024.72.4.004. – EDN OYRFWL.

5. Обоснование геометрических параметров сводоразрушителя бункера луковой сажалки / В.А. Овтов, В.В. Шумаев, А.В. Яшин, А.А. Орехов // Сельский механизатор. – 2021. – № 12. – С. 14-15. – EDN DXSCYM.

6. Овтов, В. А. Сошник для посева мелкосеменных культур / В. А. Овтов, М. Ю. Абросимов // Сельский механизатор. – 2020. – № 7. – С. 11-12. – EDN NQDCOQ.

7. Подбор и проверочный расчет подшипников дискового заделывающего устройства / В.А. Овтов, К.А. Горшков, В.К. Усанкин, Д.В. Гришин // Сурский вестник. – 2026. – № 1(34). – С. 48-52. – DOI 10.36461/2619-1202_2026_01_008. – EDN SSOKTW.

8. Овтов, В. А. Расчет цепной передачи привода модернизированного посадочного аппарата / В. А. Овтов, К. А. Горшков, Д. А. Фролов // Сурский вестник. – 2025. – № 1(30). – С. 38-42. – DOI 10.36461/2619-1202_2025_01_006. – EDN GANLSZ.

9. Осипов, К.В. Методика определения физико-механических свойств семян сои сорта "Сирелия" / К.В. Осипов, А.В. Шуков // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России: Сборник материалов Международной научно-практической конференции молодых ученых – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. – С. 197-200. – EDN AKHKCJ.

METHODOLOGY AND DETERMINATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF RAPESEED SEEDS

V.A. Ovtov, V.K. Usankin, D.V. Grishin

*Penza state agrarian university,
Penza, Russia*

The article presents the methodology and results of determining the physical and mechanical characteristics of the 'Amulet' variety of rapeseed.

Keywords: sowing, seed weight, physical and mechanical properties, histogram, method.

РАСЧЕТ ПОДШИПНИКОВ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ЩЕТОЧНОГО ЗАДЕЛЫВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

В.А. Овтов, В.К. Усанкин, Д.В. Гришин

*Пензенский государственный аграрный университет,
г. Пенза, Россия*

В статье представлена конструкция щеточного заделывающего устройства и выполнен проверочный расчет на долговечность выбранных и установленных подшипников качения.

Ключевые слова: посадка, луковица, почва, мощность, частота вращения, подшипник, долговечность.

При реализации схемы рядовой посадки лука севка необходимо обеспечить ориентированную подачу луковок в почву донцем вниз и равномерность их распределения вдоль рядка с последующим сохранением первоначального положения при заделке почвой [1-4].

Соблюдение технологического процесса заделки луковок в борозде почвой во многом будет зависеть от надежной работы подшипников качения установленных на оси и вала конической щетки. Следовательно, необходимо провести проверочный расчет выбранных и установленных подшипников качения.

Трехмерная модель сборки щеточного заделывающего устройства представлена на рисунке 1 (Патент №187135) [5].

Представленная модель сборки устройства состоит из рамы 1, к которой приварены корпуса подшипников 2. Модель конической щетки включает в себя обечайку 3 на наружной поверхности, которой по образующим закреплен эластичный ворс 4, к торцам обечайки приварены крышки 5 и 6 имеющие отверстия для установки оси 7 и вала 8. На валах и осях приваренных к торцевым крышкам обечайки установлены радиальные подшипники 9, воспринимающие радиальные и осевые нагрузки при работе щеточного устройства. Вращение конических щеток производится через цепную передачу от ведущих звездочек к ведомым звездочкам 10 установленных на валах конической щетки. Конические щетки, установленные в корпусах подшипников рамы заделывающего органа, расположены под углом к заделывающей борозде.

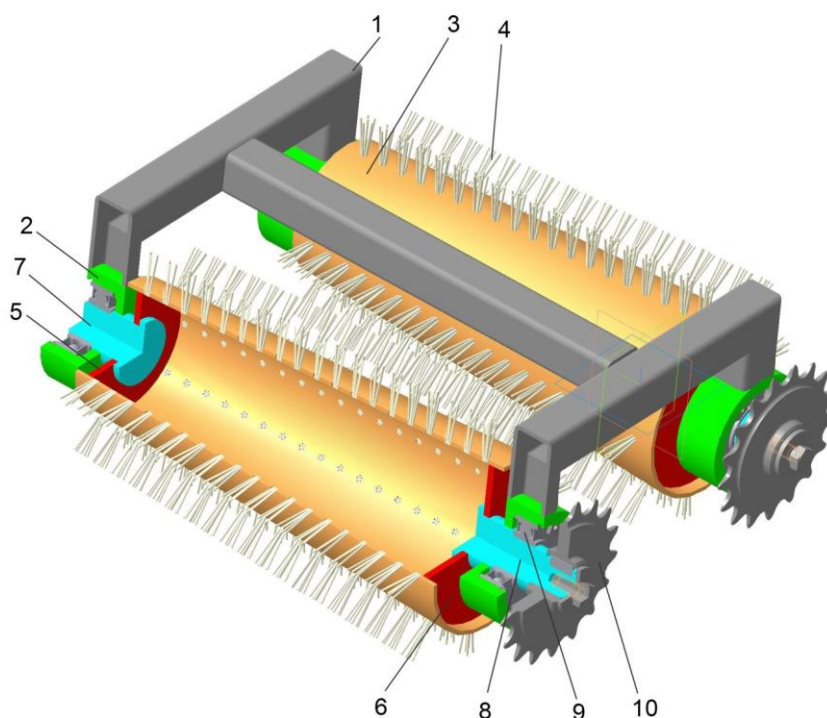


Рисунок 1 – Модель щеточного заделывающего устройства

Минимально-допустимое значение частоты вращения щётки пщ вычисляется по формуле [6]:

$$n_{\text{щ}} = \frac{60 \cdot v_{\text{м}}}{\pi \cdot r \cdot \sin \gamma},$$

где $v_{\text{м}}$ – скорость движения сажалки, по агротехническим требованиям скорость (1,0...1,8 м/с), принимаем $v_{\text{м}} = 1,5$ м/с;

γ – угол наклона ворса, $\gamma = 90$ град;

r – радиус вращения щетки, $r = 0,0545$ м.

$$n_{\text{щ}} = \frac{60 \cdot 1,5}{3,14 \cdot 0,0545 \cdot \sin 90} = 526 \text{ мин}^{-1}.$$

Мощность привода щетки $P_{\text{щ}}$ находится по формуле [6]:

$$P_{\text{щ}} = \frac{\pi \cdot F \cdot f_{\text{в}} \cdot (r - h) n_{\text{щ}} \cdot K_3}{30000 \cdot \eta_{\text{щ}}},$$

где F – вертикальная реакция ворса;

$f_{\text{в}}$ – коэффициент трения материала ворса о почву, $f_{\text{в}} = 0,4...0,55$;

r – радиус вращения щетки, м;

h – деформация ворса щетки, м, при работе заделывающего щеточного устройства с большой жесткостью ворса радиальная деформация щетки по ворсу очень мала ($h = 0,001...0,003$), а траектория концов ворса сметающего элемента практически не изменяется.

K_3 – коэффициент запаса мощности для преодоления инерционных сил в неустановившемся режиме движения, сил деформации ворса и аэродинамического сопротивления, $K_3 = 1,1$;

$n_{щ}$ – частота вращения щетки, мин⁻¹;

$\eta_{щ}$ – коэффициент полезного действия (КПД) привода, принимаем $\eta_{щ}=0,9$.

Мощность на привод щетки составит

$$P_{щ} = \frac{3,14 \cdot 264 \cdot 0,5 \cdot (0,017 - 0,002) 526 \cdot 1,1}{30000 \cdot 0,9} = 0,134 \text{ кВт.}$$

На валах установлены подшипники шариковые по ГОСТ 8338-75 радиальные однорядные: 80104 $d=20$ мм; $D=42$ мм; $B=12$ мм; $C_r = 9,36$ кН; $C_{0r} = 5,0$ кН.

Так как цепная передача имеет вертикальное расположение, то опорные реакции, действующие на подшипники, определяются только в вертикальной плоскости.

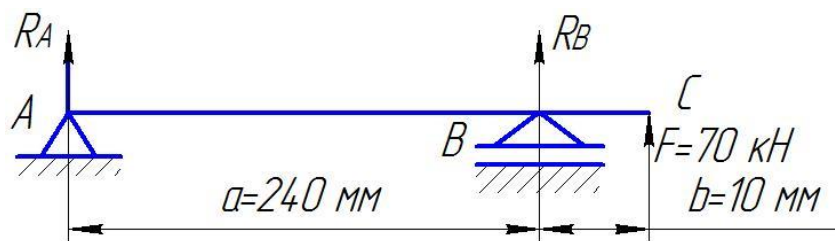


Рисунок 2 – Расчётная схема действия сил

$$\begin{aligned} \sum m_A = 0. \quad -R_B^B b - F(a + b) &= 0, \\ R_B^B &= \frac{-F(a + b)}{a} = \frac{-70(240 + 10)}{240} \approx -73 \text{ Н.} \\ \sum m_B = 0. \quad -R_A^B a - F(b) &= 0, \\ R_A^B &= \frac{-F(b)}{a} = \frac{-70 \cdot 10}{240} \approx 3 \text{ Н.} \end{aligned}$$

Проверка: $\sum F_y = 0. \quad R_B^B - R_A^B + F = 0$
 $-73 + 3 - 70 = 0.$

Определяем машинное время работы (ресурс) привода:

$$t_{\Sigma} = L_{\text{год}} \cdot t_{\text{год}},$$

где $t_{\text{год}}$ – время наработки за год, $t_{\text{год}} = 30$ ч;

$L_{\text{год}}$ – срок эксплуатации, год.

$$t_{\Sigma} = 12,5 \cdot 30 = 375 \text{ ч.}$$

Определяем требуемую долговечность подшипника (ресурс) в миллионах оборотов [7-8]:

$$\begin{aligned} L &= \frac{60n \cdot L_h}{10^6}, \\ L_h &\approx t_{\Sigma}. \\ L &= \frac{60 \cdot 526 \cdot 375}{10^6} = 11,84 \text{ млн. об.} \end{aligned}$$

Определяем приведенные нагрузки на подшипники:

$$F_{\text{пр}} = (XVF_r + YF_a)K_6K_T \text{ при } \frac{F_a}{VF_r} > e,$$

$$F_{\text{пр}} = F_r V K_6 K_T \text{ при } \frac{F_a}{V F_r} < e.$$

где V – коэффициент вращения кольца, при внутреннем $V=1$,
 X, Y – соответственно коэффициент радиальной и осевой нагрузки,
 K_6 – коэффициент безопасности, принимаем $K_6 = 1,4$,
 F_a – осевая нагрузка на подшипник,
 F_r – радиальная нагрузка на подшипник,
 e – коэффициент осевого нагружения,
 K_T – температурный коэффициент $K_T = 1,05$ (до 125 град),
 $F_{\text{пр}} = X \cdot V \cdot F_r K_6 \cdot K_T = 1 \cdot 1 \cdot 70 \cdot 1,4 \cdot 1,05 = 103 \text{ Н}$.

Определяем требуемую динамическую грузоподъемность подшипника: [7-

8]

$$C_{r(\text{треб})} = F_{\text{экв}} \cdot \sqrt[p]{L},$$

где $p=3$ – для шариковых подшипников.

$$C_{r(\text{треб})} = 0,103 \cdot \sqrt[3]{11,84} = 0,235 \text{ кН}.$$

$$C_{r(\text{треб})} = 0,235 \text{ кН} < C_{r(\text{кат})} = 9,36 \text{ кН}.$$

Определяем номинальную долговечность выбранного подшипника в часах:

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C_{r(\text{кат})}}{F_{\text{экв}}} \right)^p = \frac{10^6}{60 \cdot 526} \cdot \left(\frac{9,36}{0,235} \right)^3 = 2002105 \text{ ч}.$$

Ресурс выбранных подшипников обеспечит надежную работу конической щетки заделывающего устройства.

Список использованных источников

1. Овтов, В. А. Модернизация луковой сажалки щеточным заделывающим устройством / В. А. Овтов, А. С. Барабанов // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2020. – № 3. – С. 8-11. – DOI 10.31044/1684-2561-2020-0-3-8-11. – EDN FFSUVT.
2. Обоснование геометрических параметров сводоразрушителя бункера луковой сажалки / В. А. Овтов, В. В. Шумаев, А. В. Яшин, А. А. Орехов // Сельский механизатор. – 2021. – № 12. – С. 14-15. – EDN DXSCYM.
3. Onion planter opener design and stress-strain analysis / V. A. Ovtov, K. A. Gorshkov, N. E. Tretyakov, M. V. Bikmaev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volgograd, 17–18 ноября 2021 года. Vol. 1069. – Volgograd: IOP Publishing, 2022. – P. 012013. – DOI 10.1088/1755-1315/1069/1/012013. – EDN XVTMGG.
4. Овтов, В. А. Исследование разрушения вала с применением компьютерного моделирования / В. А. Овтов, А. В. Яшин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2021. – № 4. – С. 25-27. – DOI 10.31044/1684-2561-2021-0-4-25-27. – EDN ZNRBIC.
5. Патент на полезную модель № 187135 U1 Российская Федерация, МПК A01C 5/06. Устройство с коническими щетками для заделки лукович в борозде : № 2018141293: заявл. 23.11.2018: опубл. 21.02.2019 / В. А. Овтов, П. А. Емельянов, А. С. Барабанов; заявитель Федеральное государственное бюджетное

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

6. Теоретические исследования щеточного устройства для заделки лукович в борозде / В. А. Овтов, П. А. Емельянов, А. Г. Аксенов, А. В. Сибирев // Нива Поволжья. – 2018. – № 1(46). – С. 103-108. – EDN YTBVYAR.

7. Проверка подшипников ведомого вала бесступенчатого редуктора на долговечность / В. А. Овтов, П. Д. Цуренко, К. А. Горшков, Н. Е. Третьяков // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 3. – С. 131-135. – DOI 10.28983/asj.y2023i3pp131-135. – EDN BERMVJ.

8. Подбор и проверочный расчет подшипников дискового заделывающего устройства / В. А. Овтов, К. А. Горшков, В. К. Усанкин, Д. В. Гришин // Сурский вестник. – 2026. – № 1(34). – С. 48-52. – DOI 10.36461/2619-1202_2026_01_008. – EDN SSOKTW.

BEARING DURABILITY CALCULATION FOR A BRUSH CLOSING DEVICE

V.A. Ovtov, V.K. Usankin, D.V. Grishin

*Penza state agrarian university,
Penza, Russia*

The article presents the design of a brush sealing device and carries out a verification calculation of the durability of the selected and installed rolling bearings.

Keywords: planting, bulb, soil, power, rotation speed, bearing, durability.

УДК 636.2.034

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ КОРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ТЕЛОСЛОЖЕНИЯ

О.В. Оськина, Т.В. Шишкина

*Пензенский государственный аграрный университет,
г. Пенза, Россия*

В статье представлены результаты изучения биохимических показателей крови коров голштинизированной черно-пестрой породы с разным типом телосложения. Животные были разделены на три группы по типу телосложения: I – лептосомный, II – мезосомный, III – эйрисомный, по 20 голов в каждой. Проанализированы показатели белкового (мочевина, общий белок, альбумин), углеводного (глюкоза) обмена и ферментативная активность (АЛТ, АСТ, щелочная фосфатаза). Установлено, что концентрация мочевины (5,7–6,3 ммоль/л), альбумина (36,4–38,1 г/л), АЛТ (30,7–39,4 ед/л) и щелочной фосфатазы (83,7–116,5 ед/л)

находится в пределах физиологической нормы. Показатели общего белка (79,0–83,2 г/л) превышают верхнюю границу нормы за счет глобулиновой фракции, что отражает активный иммунный ответ и синтез молочных белков. Активность АСТ (90,8–117,5 ед/л) существенно выше референсных значений, что свидетельствует о высокой интенсивности обменных процессов в мышечной ткани и адаптационном напряжении организма. Глюкоза во всех группах ниже нормы (2,1–2,3 ммоль/л), что типично для высокопродуктивных лактирующих коров и обусловлено активным потреблением глюкозы молочной железой для синтеза лактозы. Достоверные межгрупповые различия установлены по щелочной фосфатазе (I–II, $P < 0,05$; I–III, $P < 0,001$) и АЛТ (I–III, $P < 0,01$). По остальным показателям достоверных различий не выявлено, что свидетельствует об относительной однородности животных по биохимическому профилю.

Ключевые слова: голштинизированная черно-пестрая порода, тип телосложения, биохимический профиль крови, метаболический статус.

В современных условиях интенсификации молочного скотоводства приоритетом селекционно-племенной работы становится не только повышение продуктивности, но и улучшение технологических качеств молока и адаптивности животных. Тип телосложения коров является важнейшим показателем конституциональных особенностей животного, но несмотря на многочисленные исследования о влиянии экстерьера на продуктивность, вопросы того, как конституциональные особенности влияют на необходимые биохимические компоненты для синтеза молока и общий метаболический потенциал организма, остаются неоднозначными.

Поскольку молоко синтезируется из компонентов крови, ее биохимический профиль выступает фундаментальным и ранним маркером способности животного поддерживать высокое качество сырья в условиях интенсивной эксплуатации. Понимание того, как тип телосложения влияет на системный метаболизм, выраженный через биохимические показатели крови, имеет ключевое значение для прогнозирования не только количественной, но и качественной продуктивности и профилактики скрытых нарушений обмена веществ.

В связи с этим, изучение биохимических показателей крови у коров с разным типом телосложения в условиях промышленного комплекса представляет высокую научно-практическую ценность.

Исходя из вышеизложенного, нами был проведен анализ биохимических показателей крови коров разных типов телосложения. Опыты были проведены в условиях обособленного подразделения учебно-опытного хозяйства «Рамзай» ФГБОУ ВО Пензенского ГАУ на поголовье крупного рогатого скота голштинизированной черно-пестрой породы. Группы были сформированы в зависимости от типа телосложения коров, который определяли на основе индекса широкотелости (индекс Н.М. Замятина). Согласно данной методике на основе двух промеров тела вычисляют индекс телосложения по формуле:

$$\text{ИШ} = \frac{\text{КД}}{\text{ШГ}} \times 100\%,$$

где ИШ – индекс широкотелости;

КД – косая длина туловища;

ШГ – ширина груди.

Выделяют три основных типа телосложения животных: *Лептосомный тип* – характеризуется тонким скелетом, небольшим количеством подкожного жира и слабым развитием мышечной массы. Индекс широкотелости более 318,8 %; *Мезосомный тип* – представляет собой средний тип телосложения с умеренным развитием мышц, подкожного жира и скелета. Индекс широкотелости находится в пределах 301,2-318,8 %; *Эйрисомный тип* – отличается широким сложением с массивным скелетом, развитой мышечной системой и повышенным жировым отложением. Индекс широкотелости менее 301,2 %.

В соответствии с данной методикой, в наших исследованиях, животные были разделены на три опытные группы по 20 голов в каждой: I группа – лептосомный тип, II группа – мезосомный, III группа – эйрисомный и сформированы по методу аналогов с учетом возраста и физиологического состояния, а также имели одинаковые условия кормления и содержания. Биохимические исследования крови проводили в условиях научно-образовательного центра ветеринарной медицины на базе ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ. Для определения показателей использовали ветеринарный автоматический биохимический анализатор iMagic-V7 и набор реагентов «ДиаВетТест» (производитель – «ДиаконВет», Россия).

Статистическая обработка данных проводилась по общепринятым методикам. Были рассчитаны средняя арифметическая (M) и ее ошибка (m). Достоверность различий оценивали путем сопоставления по Стьюденту по трем порогам достоверности: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$.

Результаты исследований по биохимическим показателям крови представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Биохимические показатели крови коров ($M \pm m$)

Показатели	Норма	Группа		
		I	II	III
Мочевина (UREA), ммоль/л	3,1 - 9,2	6,2 $\pm$ 0,25	6,3 $\pm$ 0,17	5,7 $\pm$ 0,44
Аланинаминотрансфераза (ALT), ед/л	6,0-55,0	39,4 $\pm$ 1,80	35,2 $\pm$ 2,01	30,7 $\pm$ 1,9
Щелочная фосфатаза (ALP), ед/л	12,0-227,0	116,5 $\pm$ 7,16	83,7 $\pm$ 11,24	84,4 $\pm$ 3,41
Аспартатаминотрансфераза (AST), ед/л	8,5-49,0	108,3 $\pm$ 8,31	117,5 $\pm$ 15,55	90,8 $\pm$ 7,16
Общий белок (TP), г/л	55,0-75,0	79,9 $\pm$ 1,57	79,0 $\pm$ 1,63	83,2 $\pm$ 2,17
Альбумин (ALB), г/л	24,0-40,0	36,4 $\pm$ 0,55	38,1 $\pm$ 0,9	38,1 $\pm$ 0,81
Глюкоза (GLU), ммоль/л	3,0-7,0	2,3 $\pm$ 0,08	2,1 $\pm$ 0,1	2,2 $\pm$ 0,11

Биохимические показатели крови являются основными критериями метаболического статуса организма, отражающими интенсивность обменных

процессов в организме животного. Изменчивость биохимических показателей обусловлена комплексом факторов, включая породную принадлежность, стадию лактации, уровень энергетического обмена и тип телосложения животного. При этом необходимо отметить, что оценка биохимического и ферментативного статуса крови коров позволяет судить о функциональном состоянии печени, развитии мышечной ткани и общей гомеостатической способности коров.

Показатели белкового обмена (мочевина, общий белок, альбумин) отражают азотистый баланс и синтетическую функцию печени. Концентрация мочевины во всех трех группах находится в пределах физиологической нормы (5,7-6,3 ммоль/л, при норме – 3,1-9,2 ммоль/л, что свидетельствует об оптимальном уровне протеинового питания, отсутствии токсической нагрузки на печень и эффективном выведении конечных продуктов азотистого обмена. При этом показатели общего белка (79,0-83,2 г/л) превышают верхнюю границу референсной нормы (55-75 г/л). Учитывая, что концентрация альбумина (36,4-38,1 г/л) остается в пределах нормы (24-40 г/л), наблюдаемая гиперпротеинемия обусловлена преимущественно увеличением глобулиновой фракции, что указывает на активный иммунный ответ и интенсивную выработку специфических белков, требуемых для синтеза молока.

Наибольший интерес представляет анализ ферментативной активности, характеризующей состояние клеточных мембран и интенсивность тканевого метаболизма. Активность аланинаминотрансферазы (АЛТ) и щелочной фосфатазы (ЩФ) находятся в пределах физиологической нормы (30,7-39,4 ед./л и 83,7-116,5 ед./л соответственно), что подтверждает отсутствие патологических процессов в гепатобилиарной системе и костной ткани. Однако активность аспартатаминотрансферазы (АСТ) существенно превышает нормальные значения (90,8-117,5 ед./л при норме 8,5-49 ед./л). В зоотехнической практике лактирующих коров подобное изолированное повышение АСТ при нормальных показателях АЛТ не является маркером гепатопатологии, и свидетельствует о высокой интенсивности обменных процессов в мышечной ткани и активном участии аминокислот в глюконеогенезе. У животных II группы отмечается максимальное значение АСТ ($117,5 \pm 15,55$ ед./л), что, по-видимому, коррелирует с их гармоничным развитием и максимальной мышечной активностью.

Показатели углеводного обмена (глюкоза) во всех группах находятся ниже нижней границы нормы (2,1-2,3 ммоль/л при норме 3,0-7,0 ммоль/л). Данная физиологическая гипогликемия является типичной для высокопродуктивных коров в период лактации и обусловлена активным потреблением глюкозы молочной железой для синтеза лактозы – основного осмотического регулятора и предшественника объема молока. Минимальная вариабельность показателя ($\pm 0,08-0,11$) подтверждает стабильность механизмов мобилизации энергетических резервов вне зависимости от типа телосложения.

Анализ межгрупповых различий показывает, что животные узкотелого, мезосомного и широкотелого типов проявляют сходный характер метаболического ответа на лактационный стресс. У животных I группы отмечается тенденция к повышению активности АСТ и концентрации общего белка, что

ассоциируется с более выраженным «молочным» типом метаболизма и высокой интенсивностью глюконеогенеза. У коров III группы наблюдается некоторое снижение уровня мочевины (5,7 ммоль/л), что может указывать на особенности перераспределения азота и его более эффективную утилизацию для поддержания соматических функций и роста мышечной ткани. Животные II группы занимают промежуточное положение, показывая сбалансированный метаболический профиль.

По анализу достоверности между группами наблюдается следующее: наибольшее число достоверных различий установлено по показателю щелочная фосфатаза (ALP): между I и II группами ($P < 0,05$), между I и III группами ($P < 0,001$); аланинаминотрансфераза (ALT) достоверно различается только между I и III группами ($P < 0,01$); по остальным показателям (мочевина, AST, общий белок, альбумин, глюкоза) достоверных различий между группами не установлено, что свидетельствует об относительной однородности животных по данным биохимическим параметрам; по ряду показателей (AST, общий белок, глюкоза) значения выходят за пределы физиологической нормы во всех группах, что может указывать на особенности кормления или обмена веществ у животных в период исследований; наиболее выраженные межгрупповые различия касаются ферментов (ALT, ALP), что может отражать различия в интенсивности обменных процессов у животных разных типов телосложения.

Таким образом, в результате анализа биохимических показателей крови коров нами установлено, что тип телосложения коров не оказывает дестабилизирующего влияния на системный метаболизм и биохимический гомеостаз. Выявленные отклонения (гиперпротеинемия, повышение АСТ, гипогликемия) находятся в пределах физиологической адаптации лактирующих коров и не имеют клинически значимых патологических отклонений.

Список использованных источников

1. Баймишев, Х. Б. Морфо-биохимические показатели крови коров в зависимости от периода лактации / Х. Б. Баймишев, М. Х. Баймишев, С. П. Еремин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 1. – С. 48-53. – EDN MRROWQ.

2. Белозерцева, Н. С. Характеристики молочной продуктивности и морфологического состава крови черно-пестрых коров различного типа телосложения / Н. С. Белозерцева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 7(153). – С. 124-128. – EDN YSRMET.

3. Боголюбова, Н. В. Изменение показателей биохимического и клинического статуса крови коров при некоторых метаболических и хозяйственно-значимых нарушениях / Н. В. Боголюбова, Н. С. Колесник // Успехи наук о животных. – 2025. – № 4. – С. 59-70. – DOI 10.25687/3034-493X.2025.5.4.005. – EDN QQMQDZ.

4. Исследование морфологического и биохимического состава крови коров разной линейной принадлежности / Е. В. Ражина, О. Г. Лоретц, Н. В. Садовников,

О. А. Быкова // Молочнохозяйственный вестник. – 2023. – № 1(49). – С. 81-94. – DOI 10.52231/2225-4269_2023_1_81. – EDN NVUJIJ.

5. Оськина, О. В. Экстерьерно-продуктивные особенности коров в зависимости от их типа телосложения / О. В. Оськина, Т. В. Шишкина // Сурский вестник. – 2026. – № 1(34). – С. 24-29. – DOI 10.36461/2619-1202_2026_01_004. – EDN SKFVPR.

6. Теняков, В. А. Биохимические показатели крови и качественные показатели молока коров при использовании иммуномодулятора в сухостойный период / В. А. Теняков, Х. Б. Баймишев, М. Х. Баймишев // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 2. – С. 59-65. – DOI 10.55170/1997-3225-2024-9-2-59-65. – EDN SZHVTI.

7. Уровень основных морфологических и биохимических показателей крови коров в зависимости от продуктивности, количества и стадии лактации / О. А. Федосова, В. В. Кулаков, О. А. Карелина, Г. В. Уливанова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2022. – Т. 14, № 4. – С. 73-82. – DOI 10.36508/RSATU.2022.10.93.011. – EDN AVJPVR.

8. Шишкина, Т. В. Молочная продуктивность и воспроизводительные способности коров голштинизированной черно-пестрой породы / Т. В. Шишкина // Главный зоотехник. – 2026. – № 3(272). – С. 15-27. – DOI 10.33920/sel-03-2603-02. – EDN JBRDBA.

BIOCHEMICAL BLOOD PARAMETERS OF COWS DEPENDING ON BODY CONFORMATION

O.V. Oskina, T.V. Shishkina

*Penza State Agrarian University,
Penza, Russia*

The article presents the results of studying the biochemical blood parameters of cows of the Holsteinized black-and-white breed with different body conformation types. The animals were divided into three groups according to body type: I – leptosomic, II – mesosomic, III – eurysoic, with 20 heads in each group. The parameters of protein metabolism (urea, total protein, albumin), carbohydrate metabolism (glucose), and enzymatic activity (ALT, AST, alkaline phosphatase) were analyzed. It was established that the concentration of urea (5.7–6.3 mmol/L), albumin (36.4–38.1 g/L), ALT (30.7–39.4 U/L), and alkaline phosphatase (83.7–116.5 U/L) is within the physiological norm. The total protein values (79.0–83.2 g/L) exceed the upper limit of the norm due to the globulin fraction, which reflects an active immune response and the synthesis of milk proteins. AST activity (90.8–117.5 U/L) is significantly higher than the reference values, which indicates a high intensity of metabolic processes in muscle tissue and adaptive tension of the body. Glucose in all groups is below the norm (2.1–2.3 mmol/L), which is typical for highly productive lactating cows and is caused by the active consumption of glucose by the mammary gland for lactose synthesis. Significant

intergroup differences were established for alkaline phosphatase (I–II, $P<0.05$; I–III, $P<0.001$) and ALT (I–III, $P<0.01$). For the remaining parameters, no significant differences were found, which indicates the relative homogeneity of the animals in terms of biochemical profile.

Keywords: Holsteinized black-and-white breed, body conformation type, blood biochemical profile, metabolic status.

УДК 631.331.02

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЛАПОВЫХ СОШНИКОВ

Д.В. Рангаев, А.Н. Калабушев, П.Н. Хорев

*Пензенский государственный аграрный университет,
г. Пенза, Россия*

В статье проведен анализ перспективных конструкций лаповых сошников, оборудованных дисковыми ножами для работы по стерновым фонам. Выявлены конструктивные особенности, обеспечивающие снижение тягового сопротивления, улучшение самоочистки дискового ножа от частиц почвы и растительных остатков, защиту рабочих органов от поломок при встрече с препятствиями, а также возможность регулировки вылета дискового ножа относительно рыхлительной лапы для адаптации к различным почвенным условиям.

Ключевые слова: лаповый сошник, дисковый нож, стерновой фон, пружинная подвеска, рыхлительная лапа, тяговое сопротивление, пожнивные остатки, ресурсосберегающие технологии.

Лаповые сошники являются одним из рабочих органов современных сеялок и посевных комплексов. Они позволяют совмещать в одном проходе такие технологические операции, как предпосевная культивация почвы и высев семян с одновременным внесением гранулированных минеральных удобрений [1,2]. В настоящее время множество посевных машин осуществляют высев в лаповый сошник, причем конструкции их лаповых сошников сильно отличаются друг от друга как по способу крепления к раме, так и по способу распределения посевного материала в борозде [3,4]. Несмотря на многообразие моделей, отличающихся друг от друга конструктивным исполнением элементов, лаповые сошники не лишены недостатков [5], устранение которых является важной научной и практической задачей.

Одним из наиболее существенных ограничений применения лаповых сошников является их работа на полях с сохраненной на поверхности стерни и пожнивных остатков. При работе в таких условиях происходит забивание рабочих органов стерней и стеблями растений, что приводит к нарушению

технологического процесса посева [6]. Анализ конструкций анкерных сошников [7], предлагаемых ведущими производителями посевной техники, показывает, что для решения данной задачи успешно применяется оснащение сошников дисковыми ножами. Дисковый нож, установленный перед рабочим органом, разрезает стерню и пожнивные остатки, обеспечивая беспрепятственное заглубление сошника в почву и исключая явление сгребания пожнивных остатков длинной фракции [8,9].

Ввиду вышесказанного, на наш взгляд перспективным направлением модернизации лаповых сошников является интеграция прорезающего устройства в виде дискового ножа непосредственно в их конструкцию. Такое техническое решение позволяет обеспечить качественный посев по полям с пожнивными остатками на поверхности в соответствии с современными требованиями ресурсосберегающего земледелия.

Рассмотрим известные конструкции таких лаповых сошников. Сошник по инновационному патенту Республики Казахстан №2012/1175.1 (рисунок 1) включает стойку 4, которая шарнирно крепится к раме сеялки посредством кронштейна и двух болтов, и имеет жестко закрепленные на ней семятокопровод и рыхлительную лапу 10. В верхней части стойки 4 посредством бруса 3, приваренного к одному краю стойки 4, на двух болтах 2 закреплен дисковый рабочий орган 1. При этом стойка 4 имеет изгиб под 90° , на другом конце которой приварен корпус 9, в который устанавливается ступица 7 с дисковым ножом 1, закрываемая крышкой ступицы 5. Дисковый нож 1 и крышка ступицы 5 крепятся к стойке сошника с помощью болта 6 с гайкой 8. В конструкции сошника предусмотрена пружина, предназначенная для предотвращения поломки рабочего органа при встрече с препятствием [10].

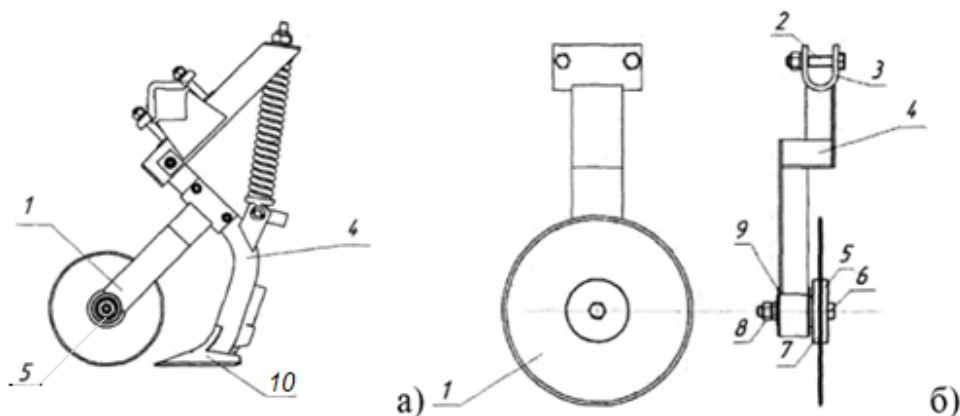


Рисунок 1 – Лаповый сошник по инновационному патенту РК №2012/1175.1:

а – вид сбоку сошника; б – конструкция дискового ножа; 1 – дисковый нож;

2 – болт крепления бруса к стойке сошника; 3 – брус;

4 – стойка сошника; 5 – крышка ступицы; 6 – болт крепления дискового ножа;

7 – ступица; 8 – гайка; 9 – корпус, 10 – рыхлительная лапа

Сошник по инновационному патенту РК №2012/1175.1 работает следующим образом. При движении агрегата дисковый рабочий орган 1, установленный в ступицу 7 и закрепленный крышкой ступицы 5, разрезает стерню и пожнивные

остатки, обеспечивая беспрепятственное заглубление рыхлительной лапы 10. Рыхлительная лапа 10, жестко закрепленная на стойке 4, рыхлит почву и формирует борозду, в которую через семятукопровод подаются семена и гранулированные удобрения. При встрече с препятствием рабочий орган поднимается вверх вместе с сошником за счет пружины, а после преодоления препятствия возвращается в исходное положение той же пружиной, что предотвращает поломку элементов конструкции. Регулировка глубины хода дискового рабочего органа 1 осуществляется совместно с сошником сеялки, что обеспечивает синхронность работы дискового ножа и рыхлительной лапы 10. Жесткое крепление дискового рабочего органа 1 посредством бруса 3 на двух болтах 2 обеспечивает надежность и простоту конструкции, а конфигурация стойки 4 позволяет компактно разместить дисковый нож 1 перед рыхлительной лапой 10, что снижает тяговое сопротивление сошника и уменьшает износ рыхлительной лапы 10 [10].

Сошник по патенту Российской Федерации №2312484 (рисунок 2) состоит из стойки 2, которая жестко крепится к раме 1 с помощью болтов 22 и имеет жестко закрепленные на ней семятукопровод 3 и рыхлительную лапу 4. Дисковый нож 14 прикреплен к стойке 2 посредством боковых планок 13 и вильчатого стержня 5 через пружинную подвеску, включающую пружины 19 со штангами 20 и упорную пластину 21. Вильчатый стержень 5 представляет собой U-образную вилку, жестко соединенную с полым стержнем квадратного сечения, и крепится к стойке 2 с помощью прижимной планки 8. Боковые планки 13 представляют собой пластины прямоугольного сечения и соединяются с дисковым ножом 14, установленным в подшипниковом узле 16, посредством гаек 15. Штанги 20 служат направляющими для пружин 19, работающих на сжатие, и соединяются с боковыми планками 13 посредством болтов 17. Упорная пластина 21 является направляющей для штанг 20 и крепится к раме 1 и стойке 2 посредством болта 22 [11].

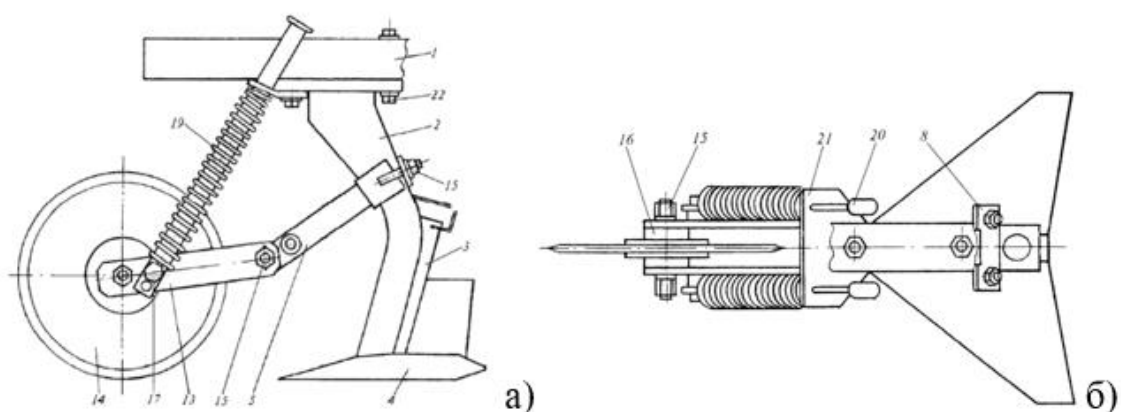


Рисунок 2 – Лаповый сошник по патенту РФ №2312484: а – вид сбоку; б – вид сверху; 1 – рама сеялки; 2 – стойка сошника; 3 – семятукопровод; 4 – рыхлительная лапа; 5 – вильчатый стержень; 8 – прижимная планка; 13 – боковая планка; 14 – дисковый нож; 15 – гайка; 16 – подшипниковый узел; 17 – болт крепления штанги; 19 – пружина; 20 – штанга;

21 – упорная пластина; 22 – болт крепления стойки и упорной пластины

Сошник по патенту РФ №2312484 работает следующим образом. При заглублении сошника в почву дисковый нож 14, установленный в подшипниковом узле 16, разрезает почвенный пласт и растительные остатки перед сошником, рыхлит образованную щель, следом за ним движется стойка 2 с рыхлительной лапой 4 и семятукопроводом 3, производя рыхление почвы и уничтожение сорняков. Регулировка вылета дискового ножа 14 относительно рыхлительной лапы 4 осуществляется путем перемещения вильчатого стержня 5 относительно боковых планок 13, что позволяет адаптировать технологический процесс к почвам с различными физико-механическими свойствами. Пружинная подвеска, включающая пружины 19 со штангами 20, и упорная пластина 21 обеспечивают активное взаимодействие дискового ножа 14 с почвенным пластом [11].

Известна конструкция устройства для внутрипочвенного внесения удобрений через лаповый сошник (рисунок 3). Оно состоит из корпуса 1, к которому крепится стойка 2 с подпружиненным поворотным кронштейном 3 дискового ножа 4. Кроме этого, на корпусе 1 размещено пружинное предохранительное устройство 5 с С-образной стойкой 6 и рыхлительным рабочим органом 7, за которым размещена трубка 8 для внутрипочвенного внесения удобрений.

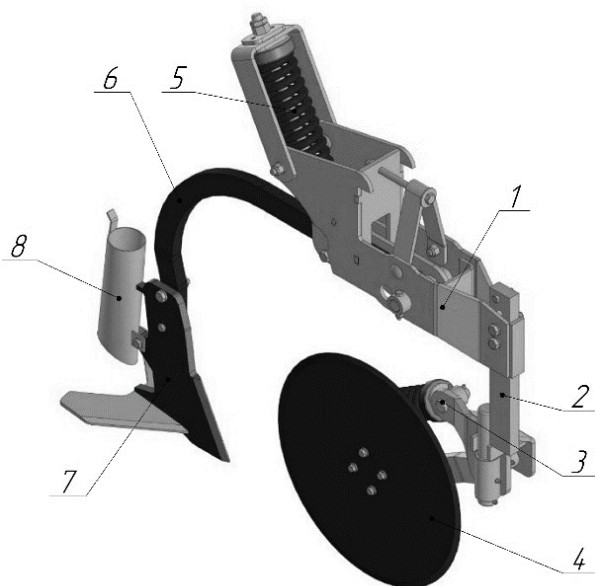


Рисунок 3 – Общий вид устройства для внутрипочвенного внесения удобрений через лаповый сошник: 1 – корпус; 2 – стойка крепления дискового ножа; 3 – подпружиненный поворотный кронштейн; 4 – дисковый нож; 5 – пружинное предохранительное устройство; 6 – С-образная стойка; 7 – рыхлительный рабочий орган; 8 – трубка для внутрипочвенного внесения удобрений

Работает рассматриваемое устройство следующим образом. При движении агрегата дисковый нож 4, установленный на стойке 2 через подпружиненный поворотный кронштейн 3, разрезает стерню и пожнивные остатки, обеспечивая беспрепятственное заглубление С-образной стойки 6 с рыхлительным рабочим

органом 7. Рыхлительный рабочий орган 7 рыхлит почву и формирует борозду, в которую через трубку 8 подаются гранулированные удобрения. Пружинное предохранительное устройство 5, размещенное на корпусе 1, обеспечивает защиту сошника от поломок при встрече с препятствием. Подпружиненный поворотный кронштейн 3, в свою очередь, позволяет дисковому ножу 4 копировать рельеф поля, обеспечивая стабильное прорезание стерни независимо от колебаний глубины хода основного рабочего органа. Таким образом, рассматриваемый рабочий орган позволяет производить сплошную обработку почвы с одновременным внутривспашечным внесением удобрений на полях с большим количеством пожнивных остатков на поверхности.

В результате проведенного анализа можно сделать вывод, что одним из перспективных направлений совершенствования лаповых сошников является интеграция в их конструкцию дисковых ножей. Это позволяет эффективно работать по стерневым фонам с большим количеством пожнивных остатков, предотвращая их сгребание и забивание сошников, что соответствует современным требованиям ресурсосберегающих технологий No-Till и Mini-Till.

Список использованных источников

1. Припоров, Е. В. Анализ сошников сеялок ресурсосберегающих технологий посева зерновых культур / Е. В. Припоров, Д. С. Левченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 109. – С. 379-391. – EDN TWGMKP.

2. Повышение качества посева семян зерновых культур совершенствованием лапового сошника посевного комплекса ПК-9,7 «Кузбасс» / М. А. Терехин, В. В. Шумаев, А. В. Яшин, Е. И. Ишонин // Перспективные технологии и инновации в АПК в условиях цифровизации : Материалы V Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 06 февраля 2026 года. – Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет, 2026. – С. 296-298. – EDN RMMSTY.

3. Патент № 2853326 С1 Российская Федерация, МПК А01С 7/20, А01С 5/08, А01В 61/04. Лаповый сошник: заявл. 22.05.2025; опубл. 23.12.2025 / А. Н. Калабушев, М. А. Терехин, И. М. Митясов, У. А. Дыдыкина; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Пензенский государственный аграрный университет". – EDN GHFNPE.

4. Ивженко, С. А. Лаповый сошник с направителем-распределителем семян / С. А. Ивженко, А. В. Перетяtko, А. М. Кунташов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2006. – № 3. – С. 79-81. – EDN KVLLGF.

5. Терехин, М. А. Анализ конструктивных недостатков лаповых сошников сеялок и посевных комплексов / М. А. Терехин, А. Н. Калабушев, И. М. Митясов // Инновационные технологии в АПК: теория и практика : Сборник статей XIII Международной научно-практической конференции, Пенза, 11–12 марта 2025

года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2025. – С. 248-253. – EDN AGFSIT.

6. Терехин, М. А. Лаповый сошник комбинированных пневматических посевных комплексов / М. А. Терехин, П. А. Косяков, А. А. Тыкушин // Сельский механизатор. – 2025. – № 2. – С. 12-13. – DOI 10.47336/0131-7393-2025-2-12-13-18. – EDN LEOALZ.

7. Шпагин, Н. Н. Анализ конструкций анкерных сошников зерновых сеялок и посевных комплексов / Н. Н. Шпагин, П. Н. Хорев // АПК России: образование, наука, производство: Сборник статей X Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Саратов, 29–30 июня 2026 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2026. – С. 204-209. – EDN FMAOAD.

8. Шпагин, Н. Н. Оценка прочности прорезающего устройства анкерного сошника / Н. Н. Шпагин, М. А. Терехин, П. Н. Хорев // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса : Сборник материалов международной научно-практической конференции молодых ученых, Пенза, 26–27 марта 2026 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2026. – С. 107-110. – EDN EKPEWD.

9. Терехин, М. А. Модернизация анкерного сошника зерновой сеялки для обеспечения возможности работы по стерневому фону / М. А. Терехин, П. Н. Хорев // Технологии, машины и оборудование в сельском хозяйстве: Сборник научных трудов научно-практической конференции, Кинель, 10 декабря 2025 года. – Кинель: Самарский государственный аграрный университет, 2026. – С. 30-35. – EDN RDBPZF.

10. Инновационный патент № 2012/1175.1 Республика Казахстан, МПК A01C 7/20. Сошник: заявл. 07.11.2012: опубл. 15.07.2013, бюл. № 7 / В. Г. Кушнир, О. А. Бенюх, А. П. Комаров; заявитель Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «Костанайский государственный университет им. А. Байтурсынова» Министерства образования и науки Республики Казахстан.

11. Патент № 2312484 C1 Российская Федерация, МПК A01C 7/20. Сошник: № 2006121727/12: заявл. 19.06.2006: опубл. 20.12.2007 / Н. М. Беспмятнова, С. В. Кравченко; заявитель Государственное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт механизации и электрификации сельского хозяйства».

ANALYSIS OF PROMISING DESIGNS OF HOE COULTERS

D.V. Rangaev, A.N. Kalabushev, P.N. Khorev

*Penza State Agricultural University,
Penza, Russia*

The article presents an analysis of promising designs of hoe coulters equipped with disc knives for operation on stubble backgrounds. Design features ensuring

reduction of draft resistance, improvement of self-cleaning of the disc knife from soil particles and plant residues, protection of working tools against breakage when encountering obstacles, as well as the possibility of adjusting the disc knife overhang relative to the loosening share for adaptation to various soil conditions have been identified.

Keywords: hoe coulter, disc knife, stubble background, spring suspension, loosening share, draft resistance, crop residues, resource-saving technologies.

УДК 631.9, 004.93

АЛГОРИТМЫ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

С.С. Рязанов, В.И. Кулагина

*Институт проблем экологии и недропользования АН РТ (обособленное
подразделение ГНБУ «Академия наук Республики Татарстан»),
г. Казань, Россия*

Кластеризация временных рядов вегетационных индексов позволяет автоматически выделять группы сельскохозяйственных культур по сходству динамики их развития. Проведён обзор алгоритмов кластеризации: k-means, k-medoids, k-Shape, агломеративной и спектральной кластеризации. Рассмотрены особенности применения каждого метода для задач классификации культур по спутниковым данным с учётом реальных агроклиматических условий. Показано, что выбор алгоритма существенно влияет на результат и должен определяться характеристиками доступных данных и целями исследования.

Ключевые слова: кластеризация временных рядов; дистанционное зондирование Земли; сельскохозяйственные культуры; k-means; k-Shape; спектральная кластеризация.

Спутниковый мониторинг сельскохозяйственных земель основан на анализе временных рядов вегетационных индексов, отражающих динамику развития растительности в течение сезона. Кластеризация таких рядов позволяет автоматически выделять группы культур со сходными фенологическими паттернами без привлечения дорогостоящей экспертной разметки полей (Рязанов и Кулагина, 2021). Однако эффективность кластеризации зависит не только от выбора вегетационного индекса и меры сходства, но и от алгоритма группировки (Javed et al., 2020).

Для сельскохозяйственных задач характерны фазовые сдвиги фенологических кривых, обусловленные различиями в датах посева, погодных условиях и агротехнологиях. Кроме того, абсолютные значения вегетационных индексов могут существенно различаться между полями из-за особенностей фона почвы и состояния растений. Эти факторы необходимо учитывать при выборе алгоритма

кластеризации. Цель работы – обзор основных алгоритмов кластеризации временных рядов с точки зрения их применимости для классификации сельскохозяйственных культур по данным дистанционного зондирования Земли.

Задача кластеризации заключается в разбиении совокупности временных рядов на группы так, чтобы ряды внутри каждой группы были максимально похожи, а между группами – максимально различны.

K-means (метод к-средних) – наиболее распространённый алгоритм. Для каждой группы вычисляется усреднённый профиль (центроид), и каждый полевой участок относится к группе с ближайшим центроидом. Преимущество метода в простоте и высокой скорости работы, что позволяет оперативно обрабатывать большие территории. Однако усреднённый профиль может не соответствовать реальному профилю развития ни одной культуры. Метод чувствителен к фазовым сдвигам: если часть полей была посеяна позже из-за погодных условий, их пики вегетации сдвинуты во времени, и k-means может ошибочно разделить одну культуру на несколько групп.

K-medoids (Partitioning Around Medoids, PAM) – в качестве представителя каждой группы выбирается реальный полевой участок с наиболее типичным профилем развития, что делает метод устойчивым к выбросам (поля с аномальными условиями выращивания). Он хорошо работает с различными мерами сходства, включая эластичные, допускающие фазовые сдвиги во времени, но требует значительных вычислительных ресурсов (Holder et al., 2023).

K-Shape – алгоритм, разработанный специально для кластеризации временных рядов (Paparrizos and Gravano, 2015). Использует меру сходства на основе кросс-корреляции (shape-based distance, SBD), которая инвариантна к масштабированию и сдвигу по фазе. Для сельскохозяйственных данных это означает, что метод корректно распознаёт одну и ту же культуру на разных полях, даже если пики вегетации сдвинуты по времени или абсолютные значения индексов различаются из-за фона почвы. Профиль развития культуры вычисляется как типичная форма кривой, а не как среднее арифметическое.

Агломеративная кластеризация – иерархический подход, при котором каждый временной ряд выделяется как отдельная группа, затем группы последовательно объединяются на основе сходства профилей развития. Результатом является дендрограмма – дерево слияний, позволяющее выбрать число групп на основе визуального анализа. Метод не требует задания числа групп заранее, что удобно при обследовании новых территорий. Однако для больших наборов данных метод требует значительных вычислительных ресурсов и памяти.

Спектральная кластеризация – использует собственные значения матрицы сходства для снижения размерности данных перед кластеризацией. Метод особенно эффективен, когда группы имеют сложную, нелинейную структуру в пространстве признаков. Rivera et al. (2022) на данных Sentinel-2 по региону Бретань (Франция) за один сезон показали, что спектральная кластеризация превосходит партиционные и иерархические методы при картировании пяти культур по временным рядам вегетационного индекса NDVI на более чем 45 000 земельных участках; наилучшие результаты получены в сочетании с евклидовым и манхэттенским расстояниями.

Таблица 1 – Сравнение алгоритмов кластеризации временных рядов

Алгоритм	Тип	Сложность	Параметры	Реализация в языках программирования
K-means	Партиционный	$O(n \cdot k \cdot m)$	k	R: stats, dtwclust; Python: scikit-learn
K-medoids (PAM)	Партиционный	$O(k \cdot n^2)$	k	R: cluster, dtwclust; Python: scikit-learn-extra
K-Shape	Партиционный	$O(n \cdot k \cdot m \cdot \log(m))$	k	R: dtwclust; Python: tslearn
Агломеративная	Иерархическая	$O(n^2 \log n)$	linkage	R: stats, fastcluster; Python: scikit-learn
Спектральная	Графовый	$O(n^3)$	k	R: kernlab; Python: scikit-learn

Примечание. n - число временных рядов, k - число групп, m - длина ряда; сложность партиционных методов приведена в расчёте на одну итерацию.

Выбор алгоритма кластеризации определяется характеристиками доступных данных и целями исследования. K-Shape наиболее эффективен для учёта фазовых сдвигов фенологических кривых, вызванных различиями в датах посева и погодных условиях. K-medoids устойчив к полям с аномальной вегетацией, вызванной локальными стрессами (засуха, переувлажнение, повреждения). Спектральная кластеризация показала наивысшую точность для культур с различными фенологическими циклами при использовании простых мер сходства на данных одного сезона в Бретани (Rivera et al., 2022). Ни один алгоритм не превосходит все остальные на всех типах данных, что подчёркивает необходимость тестирования нескольких методов и использования пула алгоритмов (Javed et al., 2020).

Для практического применения рекомендуется начинать с k-means как базового метода, затем тестировать k-Shape для учёта фазовых сдвигов и спектральную кластеризацию для культур с различными циклами развития. При схожих фенологических паттернах культур (например, ячмень и пшеница) следует привлекать дополнительные признаки, такие как мультиспектральные данные или радиолокационная съёмка.

Список использованных источников

1. Рязанов С.С. Кластеризация временных рядов вегетационного индекса сельскохозяйственных культур методом k-Shape / С.С. Рязанов, В.И. Кулагина // Проблемы и мониторинг природных экосистем: сб. статей VIII Всерос. науч.-практ. конф. – Пенза: РИО ПГАУ, 2021. – С. 124–127.
2. Javed A. A benchmark study on time series clustering / A. Javed, B.S. Lee, D.M. Rizzo // Machine Learning with Applications. – 2020. – Vol. 1. – P. 100001. – DOI: 10.1016/j.mlwa.2020.100001.

3. Paparrizos J. k-Shape: Efficient and accurate clustering of time series / J. Paparrizos, L. Gravano // Proceedings of the 2015 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data. – New York: ACM, 2015. – P. 1855–1870. – DOI: 10.1145/2723372.2737793.

4. Holder C. A review and evaluation of elastic distance functions for time series clustering / C. Holder, M. Middlehurst, A. Bagnall // Knowledge and Information Systems. – 2023. – Vol. 66. – P. 765–809. – DOI: 10.1007/s10115-023-01952-0.

5. Rivera A.J. Analysis of clustering methods for crop type mapping using satellite imagery / A.J. Rivera, M.D. Pérez-Godoy, D. Elizondo, L. Deka, M.J. del Jesus // Neurocomputing. – 2022. – Vol. 492. – P. 91–106. – DOI: 10.1016/j.neucom.2022.04.002.

TIME-SERIES CLUSTERING ALGORITHMS FOR CROP CLASSIFICATION

S.S. Ryazanov, V.I. Kulagina

*Institute for Ecology and Subsoil Use of the Academy of Sciences
of the Republic of Tatarstan,
Kazan, Russia*

Time-series clustering of vegetation indices allows automatic identification of crop groups based on the similarity of their development dynamics. A review of clustering algorithms was conducted: k-means, k-medoids, k-Shape, hierarchical, and spectral clustering. The practical features of each method for crop classification tasks using satellite data under real agro-climatic conditions were considered. It was shown that the choice of algorithm significantly affects the result and should be determined by the characteristics of available data and research objectives.

Keywords: time-series clustering; remote sensing; agricultural crops; k-means; k-Shape; spectral clustering.

УДК 631.9, 004.93

МЕРЫ РАССТОЯНИЯ ДЛЯ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

С.С. Рязанов, В.И. Кулагина

*Институт проблем экологии и недропользования АН РТ (обособленное
подразделение ГНБУ «Академия наук Республики Татарстан»),
г. Казань, Россия*

Кластеризация временных рядов вегетационных индексов – эффективный метод идентификации сельскохозяйственных культур. Ключевым фактором качества кластеризации выступает выбор меры расстояния. Проведён обзор

основных мер: евклидова расстояния (ED), динамического искривления времени (DTW) и меры на основе формы (SBD), а также модификации DTW для сельскохозяйственных данных: time-weighted DTW (TWDTW) и phenology-time weighted DTW (PT-DTW).

Ключевые слова: кластеризация временных рядов; меры расстояния; динамическое искривление времени; евклидово расстояние; мера на основе форм; дистанционное зондирование Земли.

Временные ряды вегетационных индексов из спутниковых данных применяются для идентификации сельскохозяйственных культур (Рязанов, Кулагина, 2021). Ключевым фактором качества кластеризации является выбор меры расстояния. Стандартные меры, такие как евклидово расстояние (ED), не учитывают фазовые сдвиги (Holder et al., 2024). Эластичные меры, в частности динамическое искривление времени (Dynamic Time Warping, DTW), допускают нелинейное выравнивание, но требуют настройки параметров (Maus et al., 2016). Альтернативный подход – меры на основе формы – обеспечивает инвариантность к масштабированию и сдвигу (Paparrizos and Gravano, 2015). При этом превосходство эластичных мер над ED проявляется не для всех алгоритмов кластеризации (Holder et al., 2024).

Цель работы – обзор и сравнение основных мер расстояния для кластеризации временных рядов в сельском хозяйстве с учётом их взаимодействия с алгоритмами кластеризации.

Задача кластеризации временных рядов заключается в разбиении совокупности N рядов равной длины m на K групп по степени сходства, определяемой мерой расстояния $d(x_i, x_j)$ (Javed et al., 2020).

Евклидово расстояние (Euclidean Distance, ED) – мера поточечного сравнения. ED не учитывает фазовые сдвиги, типичные для сельскохозяйственных рядов, когда одна культура на разных полях проходит фенологические стадии в разные сроки, однако в сочетании с k -means демонстрирует результаты, сопоставимые с более сложными мерами (Holder et al., 2024; Javed et al., 2020).

Динамическое искривление времени (DTW) находит оптимальное нелинейное выравнивание двух рядов путём их взаимного растяжения и сжатия во временной оси, минимизируя суммарное попарное расстояние между сопряжёнными точками. Для снижения вычислительной сложности применяется DTW с ограничением полосы (constrained DTW, cDTW) с окном $w \in [0, 1]$ (Holder et al., 2024). В задачах ДЗЗ стандартный DTW может выравнивать фенологически несущественные участки (Maus et al., 2016). TWDTW (time-weighted DTW) вводит временные веса, что позволяет повысить точность классификации до 87,3 % против 70,1 % у стандартного DTW (Maus et al., 2016). PT-DTW (phenology-time weighted DTW) придаёт повышенный вес ключевым фенологическим фазам; при картировании озимой пшеницы точность достигает 89,9 % против 80,5 % у TWDTW (Dong et al., 2020).

Мера на основе формы (Shape-Based Distance, SBD) использует последовательный сдвиг рядов относительно друг друга и вычисление нормализованной

кросс-корреляции для каждого сдвига (Paparrizos and Gravano, 2015). Ключевые свойства SBD: инвариантность к масштабированию и сдвигу, отсутствие параметров, требующих подбора (Paparrizos and Gravano, 2017). Для сельскохозяйственных данных SBD перспективна тем, что z-нормализация устраняет различия в абсолютных значениях вегетационных индексов (Рязанов и Кулагина, 2021).

Сводные характеристики мер представлены в таблице 1.

Выбор меры расстояния тесно связан с алгоритмом кластеризации. Алгоритм k-means требует вычисления центроида как среднего арифметического элементов кластера, что корректно только для ED; при использовании эластичных мер центроид, вычисленный как среднее, может утратить характеристики, обусловившие сходство рядов (Holder et al., 2024). Алгоритм k-medoids (PAM) использует в качестве представителей кластеров реальные объекты данных, поэтому совместим с произвольной мерой расстояния, включая DTW и SBD (Javed et al., 2020). Алгоритм k-Shape разработан специально для SBD и применяет метод ShapeExtraction для вычисления центроидов через декомпозицию матрицы выровненных рядов (Paparrizos and Gravano, 2015). Иерархическая агломеративная кластеризация совместима с любой мерой расстояния, однако при использовании DTW вычислительные затраты растут квадратично с увеличением числа рядов. Спектральная кластеризация также допускает произвольные меры, но требует предварительного построения матрицы попарных расстояний.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика мер расстояния

Мера	Сложность	Настраиваемые параметры	Инвариантность к сдвигу	Чувствительность к шуму
ED	$O(m)$	Нет	Нет	Высокая
cDTW	$O(m^2)$	Окно w	Частичная	Средняя
TWDTW	$O(m^2)$	Окно w , модель веса	Частичная	Средняя
SBD	$O(m \log m)$	Нет	Да	Низкая

Проведённый обзор показывает, что выбор меры расстояния является определяющим фактором качества кластеризации временных рядов сельскохозяйственных культур. ED, несмотря на простоту и линейную вычислительную сложность, не учитывает фазовые сдвиги фенологических кривых и может существенно уступать эластичным мерам. DTW и его модификации (TWDTW, PT-DTW) обеспечивают более точное выравнивание рядов, однако требуют настройки параметров, зависящих от фенологии конкретных культур и временного разрешения данных. SBD представляет собой эффективную альтернативу: не требует подбора параметров, инвариантна к масштабированию и сдвигу, а её вычислительная сложность существенно ниже, чем у DTW.

Список использованных источников

1. Рязанов С.С., Кулагина В.И. Кластеризация временных рядов вегетационного индекса сельскохозяйственных культур методом k-Shape // Проблемы и мониторинг природных экосистем: сборник статей VIII Всероссийской научно-практической конференции. – Пенза: РИО ПГАУ, 2021. – С. 124-128.
2. Holder C., Middlehurst M., Bagnall A. A review and evaluation of elastic distance functions for time series clustering // Knowledge and Information Systems. – 2024. – V. 66. – P. 765-809. – DOI: 10.1007/s10115-023-01952-0.
3. Maus V., Câmara G., Cartaxo R., Sanchez A., Ramos F.M., de Queiroz G.R. A time-weighted dynamic time warping method for land-use and land-cover mapping // IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. – 2016. – V. 9. – Iss. 8. – P. 3729-3739. – DOI: 10.1109/JSTARS.2016.2517118.
4. Javed A., Lee B.S., Rizzo D.M. A benchmark study on time series clustering // Machine Learning with Applications. – 2020. – V. 1. – P. 100001. – DOI: 10.1016/j.mlwa.2020.100001.
5. Paparrizos J., Gravano L. k-Shape: Efficient and accurate clustering of time series // Proceedings of the 2015 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data. – New York: ACM, 2015. – P. 1855-1870. – DOI: 10.1145/2723372.2737793.
6. Paparrizos J., Gravano L. Fast and accurate time-series clustering // ACM Transactions on Database Systems. – 2017. – V. 42. – No 2. – Article 8. – DOI: 10.1145/3044711.
7. Dong Q., Chen X., Chen J, Zhang C., Liu L., Cao X., Zang Y., Zhu X., Cui X. Mapping winter wheat in North China using Sentinel 2A/B data: a method based on phenology-time weighted dynamic time warping // Remote Sensing. – 2020. – V. 12. – P. 1274. – DOI: 10.3390/rs12081274.

DISTANCE MEASURES FOR TIME SERIES CLUSTERING OF AGRICULTURAL CROPS

S.S. Ryazanov, V.I. Kulagina

*Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan
Academy of Science,
Kazan, Russian Federation*

Clustering of vegetation index time series derived from satellite remote sensing data is an effective method for crop identification. A critical factor determining clustering quality is the choice of distance measure. This paper reviews the main distance measures: Euclidean distance (ED), dynamic time warping (DTW), and shape-based distance (SBD), as well as DTW modifications that account for agricultural data specifics are considered: time-weighted DTW (TWDTW) and phenology-time weighted DTW (PT-DTW).

Keywords: time series clustering; distance measures; dynamic time warping; Euclidean distance; shape-based distance; remote sensing.

ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА КОНТРОЛИРУЕМЫХ ОДНИМ ОПЕРАТОРОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РОБОТОВ НА СЕБЕСТОИМОСТЬ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ В СЕЛЕКЦИИ И СЕМЕНОВОДСТВЕ

И.А. Старостин, С.А. Давыдова, А.В. Ещин

*Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
г. Москва, Россия*

В статье приводится теоретическая оценка себестоимости эксплуатации сельскохозяйственных роботов на примере беспилотных тракторов, которые могут применяться в селекции и семеноводстве сельскохозяйственных культур, при реализации концепции управления одним оператором. Получена теоретическая зависимость себестоимости мото-часа эксплуатации контролируемых одним оператором беспилотных тракторов тяговых классов 0,2-1,4 от их количества. Установлено, что с увеличением тягового класса (мощности) контролируемых одним оператором беспилотных тракторов степень влияния изменения их количества на себестоимость мото-часа эксплуатации снижается в связи со снижением доли затрат, приходящихся на заработную плату оператора. Увеличение количества контролируемых одним оператором беспилотных тракторов свыше 10 не приводит к значительному снижению себестоимости мото-часа работы, при этом будет требовать повышенной концентрации оператора, приводить к росту утомляемости и увеличению риска возникновения ошибок, обусловленных человеческим фактором.

Ключевые слова: сельскохозяйственный робот, беспилотный трактор, цифровое сельское хозяйство, автоматизация сельского хозяйства, селекционная техника.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России FGUN-2025-0002.

В себестоимости выполнения полевых сельскохозяйственных работ, в частности при выполнении механизированных операций в селекции и семеноводстве, определенную долю затрат занимает заработная плата механизатора (тракториста). Применение в ближайшей перспективе сельскохозяйственных роботов, в частности беспилотных тракторов, предполагает замену механизатора, непосредственно работающего на каждом тракторе, на оператора диспетчерского центра, осуществляющего дистанционный контроль за работой нескольких сельскохозяйственных агрегатов в составе с беспилотными тракторами (сельскохозяйственных роботов) [1, 2]. Это позволяет снизить себестоимость выполнения работ, в частности за счет распределения затрат на заработную плату оператора между несколькими беспилотными тракторами [3]. Однако, остается не решенным вопрос какое количество беспилотных тракторов потенциально

может контролироваться одним оператором. Данное количество может определяться несколькими факторами: оптимальная физиологическая нагрузка на оператора [4], позволяющая ему в течение смены эффективно контролировать работу нескольких одновременно работающих беспилотных тракторов или иных самоходных машин; возможности оборудования [5]; экономическая эффективность дистанционного управления мобильной сельскохозяйственной техникой [6] и т.п. В данном исследовании поставлена задача оценить влияние количества контролируемых одним оператором одновременно работающих беспилотных тракторов, которые могут применяться в селекции и семеноводстве, на снижение себестоимости их эксплуатации и определить их оптимальное значение.

При осуществлении оценки использовалась методика расчета себестоимости мото-часа работы беспилотных тракторов. Себестоимость одного мото-часа эксплуатации тракторов определяется по формуле [3]:

$$S_{\text{ч}} = S_{\text{а}} + S_{\text{рто}} + S_{\text{тсм}} + S_{\text{з}} + S_{\text{в}}, \quad (1)$$

где $S_{\text{а}}$ – сумма амортизационных отчислений, руб./мото-час;

$S_{\text{рто}}$ – сумма отчислений на текущий ремонт и ТО, руб./мото-час;

$S_{\text{тсм}}$ – затраты на топливо и смазочные материалы, руб./мото-час;

$S_{\text{з}}$ – затраты на заработную плату оператора, руб./ч; $S_{\text{в}}$ – прочие вспомогательные расходы, руб./ч.

Размер амортизационных отчислений определяется по формуле:

$$S_{\text{а}} = \frac{\text{Ц} \cdot a_{\text{мс}}}{T_{\text{г}}}, \quad (2)$$

где $a_{\text{мс}}$ – норма годовых амортизационных отчислений трактора, в % к балансовой стоимости;

$T_{\text{г}}$ – годовая загрузка трактора, ч.

Размер отчислений на ремонт и ТО определяется по формуле:

$$S_{\text{рто}} = \frac{\text{Ц} \cdot a_{\text{рто}}}{T_{\text{г}}}, \quad (3)$$

где $a_{\text{рто}}$ – норма годовых отчислений на ремонт и ТО, в % к балансовой стоимости.

Затраты на топливо и смазочные материалы $S_{\text{тсм}}$ определяются по формуле:

$$S_{\text{тсм}} = C_{\text{т}} \cdot q \cdot N_{\text{е}} \cdot 1,03 \cdot (k_{\text{дв}} \cdot (k_{\text{дм}} \cdot k_{\text{н}} - k_{\text{х}}) + k_{\text{х}}) \cdot 10^{-3}, \quad (4)$$

где $C_{\text{т}}$ – комплексная цена топлива, руб/кг;

q – удельный часовой расход топлива, г/кВтч;

$N_{\text{е}}$ – эффективная мощность двигателя трактора, кВт;

$k_{\text{дв}}$ – коэффициент использования двигателя по времени;

$k_{\text{дм}}$ – коэффициент использования двигателя по мощности;

$k_{\text{н}}$ – коэффициент, учитывающий изменение расхода топлива в зависимости от степени использования двигателя по мощности;

$k_{\text{х}}$ – коэффициент, учитывающий расход топлива на холостом ходу.

Применение беспилотных тракторов позволяет отказаться непосредственно от механизатора, но при этом необходимо привлечь оператора, дистанционно контролирующего работу беспилотных тракторов. Такой оператор способен одновременно осуществлять контроль за несколькими беспилотными тракторами – n_{mc} и составленными на их основе агрегатами. Удельные затраты на заработную плату оператора диспетчерского центра, приходящиеся на один беспилотный трактор, будут определяться по формуле:

$$S_3 = \frac{\delta_n Z_0}{n_{mc}}, \quad (5)$$

где δ_n – коэффициент, учитывающий начисления на зарплату;

Z_0 – часовая тарифная ставка оператора, руб.;

n_{mc} – количество одновременно контролируемых оператором диспетчерского центра тракторов, ед.

Прочие вспомогательные затраты определяются по формуле:

$$S_b \approx 0,05 (S_a + S_{пто} + S_{тсм} + S_3). \quad (6)$$

Таким образом, снижение себестоимости выполнения работ при использовании беспилотных тракторов достигается в том числе путем распределения затрат на заработную плату одновременно контролирующего работу нескольких беспилотных тракторов оператора диспетчерского центра между данными беспилотными тракторами.

При проведении данных исследований в формуле определения затрат на заработную плату (5) осуществлялось варьирование значением количества одновременно контролируемых оператором беспилотных тракторов. Интервал варьирования был выбран от 1 до 20 с шагом 1. Рассматривались применяющиеся в селекции и семеноводстве сельскохозяйственные тракторы тяговых классов 0,2-1,4 (мощность 10-94 кВт). Исходные данные для расчетов приведены в [3].

Полученные данные представлены зависимостями себестоимости мото-часа работы от числа одновременно контролируемых беспилотных тракторов в виде графиков на рисунке 1.

Как видно из представленных зависимостей, при увеличении количества беспилотных тракторов, одновременно контролируемых одним оператором, себестоимость мото-часа их работы заметно снижается до определенного значения, после которого с дальнейшим увеличением количества себестоимость изменяется не существенно.

Определим темп снижения себестоимости мото-часа работы при увеличении количества контролируемых оператором беспилотных тракторов, который показывает на сколько процентов снижается себестоимость с каждым последующим шагом увеличения количества беспилотных тракторов, контролируемых одним оператором. Результаты расчета представлены в форме графиков на рисунке 2.

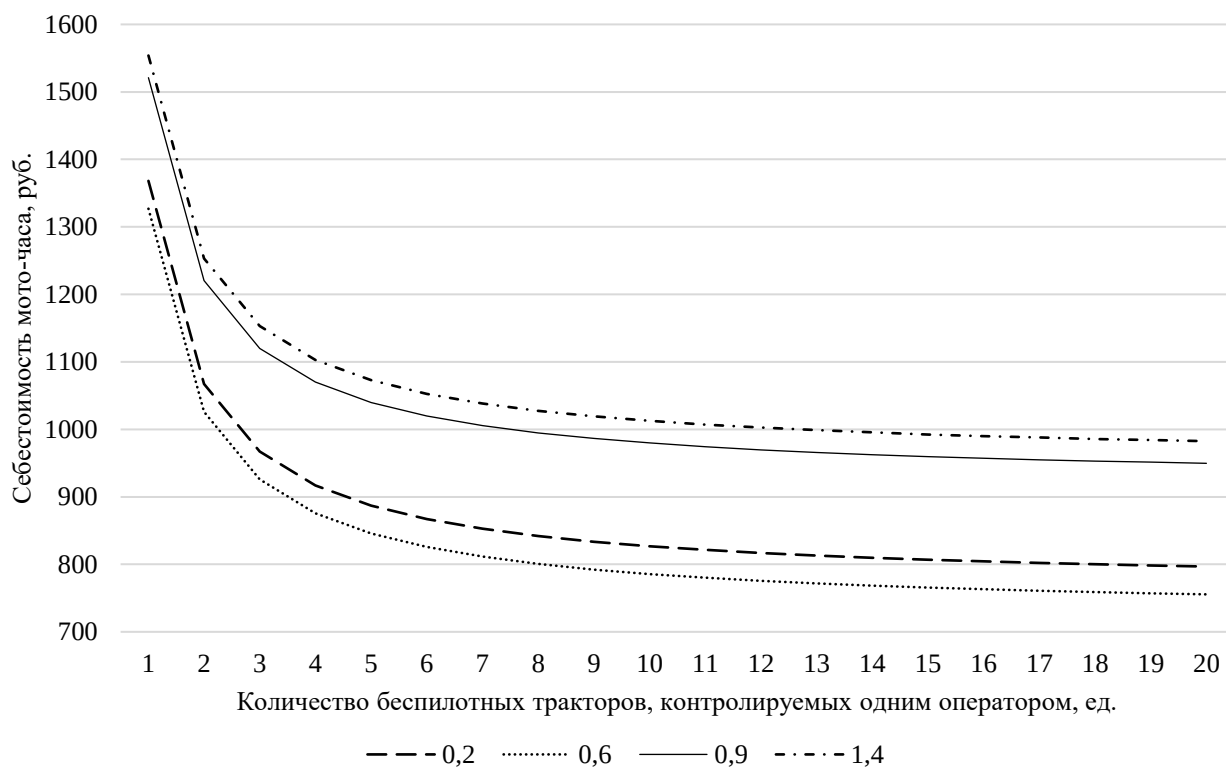


Рисунок 1 – Себестоимость мото-часа работы в зависимости от числа контролируемых оператором беспилотных тракторов тяговых классов 0,2-1,4

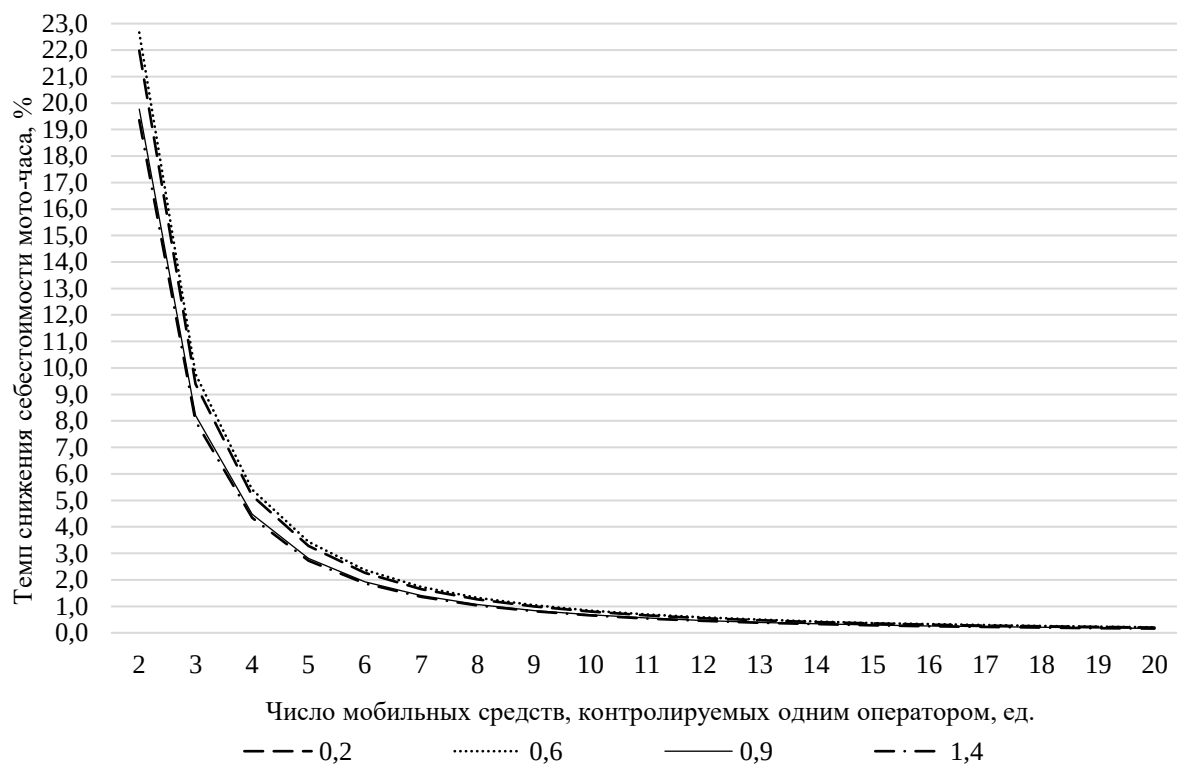


Рисунок 2 – Темп снижения себестоимости мото-часа эксплуатации беспилотных тракторов тяговых классов 0,2-1,4 в зависимости от контролируемого одним оператором их количества

Как видно из представленных графиков с увеличением тягового класса беспилотных тракторов степень влияния изменения количества контролируемых одним оператором беспилотных тракторов на себестоимость мото-часа их эксплуатации снижается, поскольку с увеличением тягового класса тракторов в общей себестоимости мото-часа работы снижается доля затрат, приходящаяся на заработную плату оператора. Представленные графики показывают, что темп снижения себестоимости мото-часа работы беспилотных тракторов становится менее 1% при числе беспилотных тракторов 9-10 ед.

Таким образом, увеличение числа контролируемых одним оператором эксплуатирующихся в селекции и семеноводстве беспилотных тракторов (сельскохозяйственных роботов) свыше 10 не приводит к значительному снижению себестоимости мото-часа их работы (менее 1%), а значит является экономически низкоэффективным. В тоже время увеличение числа контролируемых одним оператором беспилотных тракторов будет требовать его повышенной концентрации, приводить к росту утомляемости и увеличению риска возникновения ошибок, обусловленных человеческим фактором.

Список используемых источников.

1. Измайлов А. Ю. Оптимизация управления технологическими процессами в растениеводстве / А. Ю. Измайлов, Я. П. Лобачевский, В. К. Хорошенков, И. Г. Смирнов, Н. Т. Гончаров, Е. С. Лужнова // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12, № 3. С. 4-11. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-3-4-11. EDN UUULOB.

2. Старостин И. А. Концептуальные направления развития беспилотных мобильных энергетических средств сельскохозяйственного назначения / И. А. Старостин, А. В. Ещин, Т. З. Годжаев, С. А. Давыдова // Тракторы и сельхозмашины. 2024. Т. 91, № 1. С. 23-38. DOI 10.17816/0321-4443-567812. EDN IKEUPZ.

3. Старостин И. А. Оценка себестоимости эксплуатации беспилотных сельскохозяйственных агрегатов / И. А. Старостин, С. А. Давыдова, А. В. Ещин, Е. Д. Дегтярева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. Т. 19, № 2(74). С. 105-112. DOI 10.12737/2073-0462-2024-105-112. EDN AWBRBP.

4. Дорохов А. С. Исследования структуры затрат рабочего времени оператора на управление технологическим процессом обработки сельхозпродукции / А. С. Дорохов, А. И. Учеваткин, И. Г. Ершова, В. А. Лавров // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2019. № 2(35). С. 63-70. EDN LJTHXZ.

5. Старостин И. А. Интеллектуальная система управления сельскохозяйственными роботами: формирование структуры / И. А. Старостин, С. А. Давыдова, А. В. Ещин // Агроинженерия. 2023. Т. 25, № 3. С. 49-56. DOI 10.26897/2687-1149-2023-3-49-56. EDN SUYDSC.

6. Лобачевский Я. П. Разработка алгоритмов и программного обеспечения систем управления движением роботизированного почвообрабатывающего агрегата / Я. П. Лобачевский, С. Э. Лонин, И. С. Алексеев, Н. Т. Гончаров, И. И.

INFLUENCE OF THE NUMBER OF AGRICULTURAL ROBOTS CONTROLLED BY A SINGLE OPERATOR ON THE COST OF THEIR OPERATION IN PLANT BREEDING AND SEED PRODUCTION

I.A. Starostin, S.A. Davydova, A.V. Eshchin

*Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
Moscow, Russia*

The article provides a theoretical assessment of the operating costs of agricultural robots, using the example of unmanned tractors that can be used in plant breeding and seed production under a single-operator control concept. A theoretical dependence of the operating cost per engine-hour of unmanned tractors (traction classes 0.2–1.4) controlled by a single operator on their quantity has been derived. It has been established that as the traction class (power) of the unmanned tractors controlled by a single operator increases, the degree of influence of their quantity on the operating cost per engine-hour decreases due to a reduction in the share of costs attributed to the operator's wages. Increasing the number of unmanned tractors controlled by a single operator beyond 10 does not lead to a significant reduction in the operating cost per engine-hour; furthermore, it requires increased operator concentration, leading to higher fatigue and an increased risk of human-factor errors.

Keywords: agricultural robot, unmanned tractor, digital agriculture, agricultural automation, breeding machinery.

УДК 632.9

ОЦЕНКА ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ХЕЛАТНЫХ МИКРОУДОБРЕНИЙ ПРОТИВ АЛЬТЕРНАРИОЗА КАРТОФЕЛЯ В ЗАПАДНОМ ПРЕДКАМЬЕ

М.Ш. Тагиров

*АО «Щелково Агрохим»,
г. Казань, Россия*

В работе представлены результаты оценки защитного действия хелатных микроудобрений ЖУСС-1 и ЖУСС-2 против альтернариоза картофеля в почвенно-климатических условиях Западного Предкамья Республики Татарстан. Установлено, что скорость развития альтернариоза варьировала от 0,063 до 0,146 усл. ед. в зависимости от препарата, концентрации, кратности обработок и агрофона. На неудобренном фоне наибольшую эффективность показал ЖУСС-2 при

двукратной обработке в концентрации 0,1% – снижение скорости развития альтернариоза на 37,6% относительно контроля. На фоне внесения минеральных удобрений лучший результат обеспечил ЖУСС-1 (двукратно, 0,1%) – снижение на 22,4%. Для ЖУСС-2 выявлена чёткая дозозависимая закономерность, для ЖУСС-1 подобной зависимости не установлено.

Ключевые слова: хелатные микроудобрения, ЖУСС-1, ЖУСС-2, альтернариоз, картофель, Западное Предкамье, Республика Татарстан.

Введение

Альтернариоз, или ранняя сухая пятнистость – это грибковая инфекция, которая вызывается грибами рода *Alternaria*. От альтернариоза страдают многие сельскохозяйственные культуры, и особую опасность она представляет для картофеля, так как болезнь начинает проявляться в фазе бутонизации, и продолжает развиваться и прогрессировать на протяжении всего вегетационного периода. Опасность альтернариоза заключается в том, что он поражает стебли, листья, клубни и черешки картофеля, что снижает фотосинтетическую активность растения из-за уменьшения площади листовой поверхности. Урожайность в таком случае может снизиться на 20–40%, а в очагах поражения ущерб может превышать 60% [1; 2].

Болезнь распространена в целом по России, однако особенно сильно от него страдает Поволжье, и в частности Республика Татарстан, где его на посадках картофеля регистрируют особенно часто. Развитию заболевания в этом регионе способствуют колебания влажности – жаркое лето с периодически выпадающими кратковременными дождями, а также обильные утренние росы. Борьба с альтернариозом затрудняется тем, что, в отличие от других грибных заболеваний картофеля, химические методы борьбы с ним не так эффективны, что связано с необходимостью проведения обработок по первым симптомам, а не профилактически, а также медленным нарастанием болезни [1; 2; 3].

Одним из эффективных способов повышения устойчивости картофеля к альтернариозу считается применение хелатных микроудобрений, в частности препаратов ЖУСС (жидкие удобрительно-стимулирующие составы). Особенность которых заключается в том, что они помимо обеспечения растений микроэлементами также активируют защитные механизмы растений и тем самым повышают их устойчивость к грибным инфекциям. Однако влияние препаратов ЖУСС-1 и ЖУСС-2 на развитие альтернариоза картофеля в почвенно-климатических условиях Западного Предкамья Республики Татарстан изучено недостаточно [3; 4].

В связи с этим целью работы являлась оценка защитного эффекта хелатных микроудобрений ЖУСС-1 и ЖУСС-2 в отношении альтернариоза картофеля в условиях Западного Предкамья Республики Татарстан.

Материалы и методы

В работе использованы материалы полевых исследований, выполненных в Лаишевском районе Республики Татарстан (Западное Предкамье) [5].

Гранулометрический состав почвы опытного участка характеризуется как тяжелосуглинистая, а тип почвы относится к серым лесным.

Опыт проводили в период вегетации картофеля, который в условиях Западного Предкамья Республики Татарстан длится с мая по сентябрь. В качестве объекта исследований использовали сорт картофеля «Пушкинец», включённый в Государственный реестр селекционных достижений по Средневолжскому региону, в том числе для возделывания в Республике Татарстан. Сорт характеризуется хорошо изученными агробиологическими свойствами и умеренной восприимчивостью к альтернариозу, что обеспечивает объективную оценку защитного действия изучаемых препаратов.

Опыт закладывали на двух уровнях минерального питания: на одном участке удобрения не применяли, на другом вносили минеральные удобрения (NPK) в дозе $N_{82-97} P_{0-7} K_{113-124,5}$ кг д.в./га под планируемую урожайность 25 т/га. Удобрения вносили весной за 3–5 дней до посадки картофеля под предпосадочную культивацию. Фосфорные и калийные удобрения применяли в полной дозе, азотные – дробно: 70% под культивацию и 30% в подкормку в фазу бутонизации.

В исследованиях применяли два жидких удобрительно-стимулирующих состава (ЖУСС): ЖУСС-1, содержащий медь и бор, и ЖУСС-2, в состав которого входят медь и молибден. Обработку растений проводили методом внекорневого опрыскивания в фазу бутонизации – начала цветения. При двукратной схеме вторую обработку выполняли через 10–14 дней после первой. Изучали однократное и двукратное внесение каждого препарата в концентрациях 0,05% и 0,1%.

Опыты закладывали в трёхкратной повторности, в работе представлены средние значения изученных показателей.

Результаты и обсуждение

Как видно из диагр. 1 и 2, скорость развития альтернариоза варьировала от 0,063 до 0,146 усл. ед. в зависимости от препарата, концентрации, кратности обработок и агрофона.

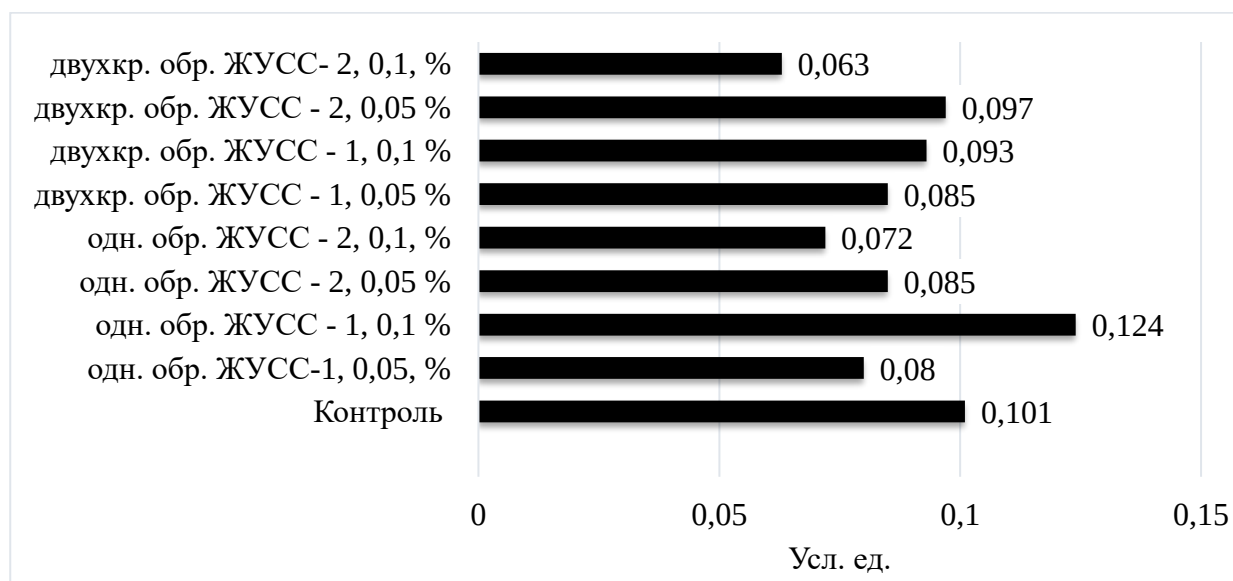


Рисунок 1 – Скорость развития альтернариоза в вегетационный период при применении препаратов ЖУСС на неудобренном фоне, усл. ед.

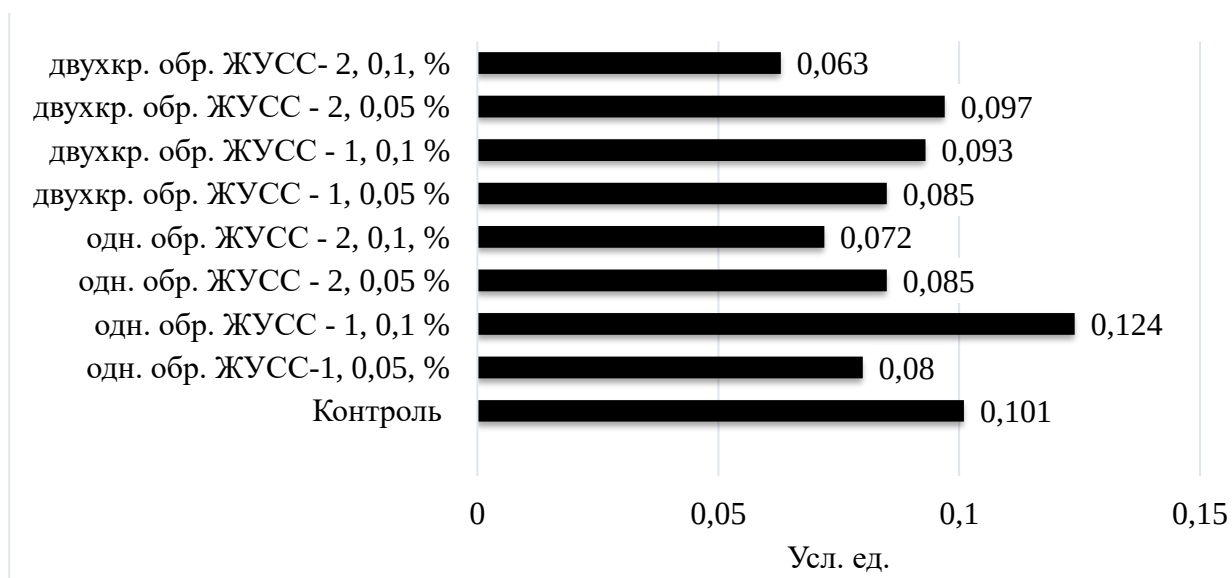


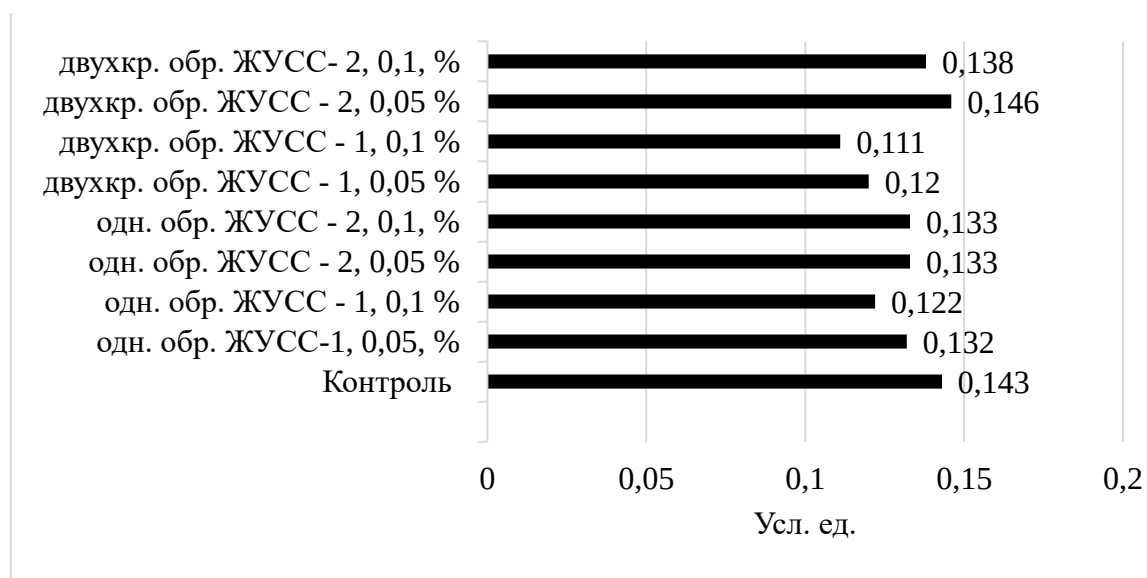
Рисунок 2 – Скорость развития альтернариоза в вегетационный период при применении препаратов ЖУСС на удобренном фоне (NPK), усл. ед.

На неудобренном фоне преимущество имел ЖУСС-2: его применение в концентрации 0,1% при двукратной обработке снижало скорость развития альтернариоза на 37,6% относительно контроля (диагр. 1). Полученные результаты согласуются с литературными данными о том, что медь и молибден, входящие в состав ЖУСС-2, активируют защитные ферменты растений (пероксидазу и полифенолоксидазу) и повышают устойчивость к грибным заболеваниям [3].

На удобренном фоне ситуация изменилась: лучший результат показал ЖУСС-1 (двукратно, 0,1%), снизивший скорость развития альтернариоза на 22,4% (диагр. 2). Вероятно, это связано с тем, что бор на фоне сбалансированного минерального питания лучше усваивается растениями и способствует укреплению клеточных стенок [1; 2; 3].

Для ЖУСС-2 на неудобренном фоне выявлена чёткая закономерность: повышение концентрации с 0,05% до 0,1% при двукратной обработке снижало скорость развития альтернариоза с 0,097 до 0,063 (на 35,1%). Это указывает на дозозависимый эффект препарата. Для ЖУСС-1 подобной закономерности не установлено: на неудобренном фоне однократная обработка 0,1% дала худший результат (0,124), а на удобренном – лучший (0,111 при двукратной обработке 0,1%). Это может свидетельствовать о нестабильности действия бора в зависимости от условий [1; 2; 3].

Внесение минеральных удобрений увеличило скорость развития альтернариоза в контроле на 41,6% (с 0,101 до 0,143). Такое ускоренное развитие патогена следует связать с тем, что при внесении минеральных удобрений картофель получает питательные вещества в большом объёме, что способствует развитию более мощного листового аппарата, формирующего благоприятные условия для распространения болезни. Кроме того, азотные удобрения удлиняют период вегетации растений, что увеличивает время экспозиции к инфекции [1; 2; 3; 4].



Тем не менее все варианты с ЖУСС (кроме двукратной обработки ЖУСС-2, 0,05%) показали снижение скорости развития альтернариоза относительно контроля, что подтверждает сохранение защитного эффекта препаратов в условиях минерального питания (диагр. 2).

Выводы

В почвенно-климатических условиях Западного Предкамья Республики Татарстан установлено, что на неудобренном фоне наибольшую эффективность против альтернариоза показал ЖУСС-2 (двукратно, 0,1%) – снижение скорости развития альтернариоза составило 37,6%. На фоне внесения минеральных удобрений лучший результат обеспечил ЖУСС-1 (двукратно, 0,1%) – снижение на 22,4%. Внесение минеральных удобрений увеличило скорость развития альтернариоза в контроле на 41,6%, что указывает на необходимость обязательной защиты растений на удобренном фоне. Для ЖУСС-2 выявлена чёткая дозозависимая закономерность, для ЖУСС-1 подобной зависимости не установлено.

Список использованных источников

1. Уколова А. Ю. Совместное применение биостимуляторов с биологическими и химическими фунгицидами для контроля фитофтороза и альтернариоза на картофеле / А. Ю. Уколова, М. А. Кузнецова // Овощи России. 2025. № 3. С. 83–89. DOI: 10.18619/2072-9146-2025-3-83-89.
2. Ганнибал Ф. Б. Альтернариозы сельскохозяйственных культур на территории России / Ф. Б. Ганнибал, А. С. Орина, М. М. Левитин // Защита и карантин растений. 2010. № 5. С. 30–31.
3. Полифункциональные хелатные микроудобрения: практика применения и механизм действия: монография / И. А. Гайсин, В. М. Пахомова, А. И. Даминова [и др.]. 3-е изд., испр. и доп. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2021. 419 с. ISBN 978-5-00130-500-2.
4. Пакина Е. Н. Оценка эффективности биопрепаратов для контроля наиболее значимых микозов на посадках картофеля / Е. Н. Пакина, С. И. Шкуркин, М.

Т. Мухина // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2023. Т. 18. № 4. С. 501–507. DOI: 10.22363/2312-797X-2023-18-3-501-507.

5. Тагиров М. Ш. Технологические приемы повышения эффективности возделывания картофеля в условиях лесостепи Поволжья / М. Ш. Тагиров. Казань: Издательство «Фэн» АН РТ, 2008. 168 с.

EVALUATION OF THE PROTECTIVE PROPERTIES OF CHELATED MICRONUTRIENTS AGAINST POTATO EARLY BLIGHT IN THE WESTERN PRE-KAMA REGION

M.Sh. Tagirov

*JSC «Shchelkovo Agrokhim»,
Kazan, Russia*

This paper evaluates the protective effect of the chelated micronutrients ZhUSS-1 and ZhUSS-2 against potato early blight under the soil and climatic conditions of the Western Pre-Kama region (Republic of Tatarstan). The early blight infection rate varied from 0.063 to 0.146 conventional units, depending on the specific formulation, concentration, application frequency, and background fertilizer regime. Without fertilization, ZhUSS-2 demonstrated the highest efficacy (twofold application at 0.1%), reducing the infection rate by 37.6% compared to the control. Conversely, under the fertilized background, the best results were achieved with ZhUSS-1 (twofold application at 0.1%), yielding a 22.4% reduction. While ZhUSS-2 exhibited a clear dose-dependent pattern, no such relationship was established for ZhUSS-1.

Keywords: chelated micronutrients, ZhUSS-1, ZhUSS-2, early blight, potato, Western Pre-Kama region, Republic of Tatarstan.

УДК 632.9

СКОРОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ФИТОФТОРОЗА КАРТОФЕЛЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ХЕЛАТНЫХ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА РАЗНЫХ АГРОФОНАХ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОГО ПРЕДКАМЬЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

М.Ш. Тагиров

*АО «Щелково Агрохим»,
г. Казань, Россия*

В работе представлены результаты оценки защитного действия хелатных микроудобрений ЖУСС-1 и ЖУСС-2 на скорость развития фитофтороза картофеля в почвенно-климатических условиях Западного Предкамья Республики

Татарстан. Установлено, что препарат ЖУСС-2 обеспечивает более низкую скорость инфекции по сравнению с ЖУСС-1: наименьший показатель (0,078 усл. ед./день) зафиксирован при двукратной обработке ЖУСС-2 в концентрации 0,05% на фоне внесения минеральных удобрений, что на 29,7% ниже контроля. Для ЖУСС-2 выявлена чёткая закономерность: двукратная обработка эффективнее однократной, тогда как для ЖУСС-1 подобной зависимости не установлено. Внесение минеральных удобрений усиливало защитный эффект ЖУСС-2, тогда как эффективность ЖУСС-1 на удобренном фоне оставалась низкой.

Ключевые слова: хелатные микроудобрения, жидкие удобрительно-стимулирующие составы (ЖУСС), фитофтороз, картофель, Республика Татарстан.

ВВЕДЕНИЕ

Картофель является одной из основных сельскохозяйственных культур в Российской Федерации, а Республика Татарстан вносит существенный вклад в его валовое производство. Однако выращивание картофеля лимитируется комплексом заболеваний, среди которых наиболее опасным является фитофтороз, способный вызывать значительные потери урожая как в период вегетации, так и при хранении клубней [1;2].

В связи с этим актуальным является поиск эффективных приёмов защиты культуры от данного патогена. Одним из таких направлений считается применение хелатных микроудобрений, в частности препаратов ЖУСС (жидкие удобрительно-стимулирующие составы), которые обладают способностью повышать устойчивость растений к болезням за счёт активации защитных механизмов [3;4;5].

Вместе с тем, недостаточно изученным остаётся влияние препаратов ЖУСС-1 и ЖУСС-2 на скорость развития инфекционного процесса, что позволяет более точно оценить динамику заболевания. Кроме того, требуют уточнения закономерности действия препаратов на разных агрофонах (с внесением минеральных удобрений и без них) [3;4;5].

Цель исследований – оценить защитное действие хелатных микроудобрений ЖУСС-1 и ЖУСС-2 на скорость развития фитофтороза картофеля в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на основе полевых материалов, полученных в Лаишевском районе Республики Татарстан (Западное Предкамье) [6].

Почва опытного участка – серая лесная тяжелосуглинистая.

Исследования проводили на двух агрофонах: первый – без внесения минеральных удобрений, второй – с их внесением в дозе $N_{82-97} P_{0-7} K_{113-124,5}$ кг д.в./га, рассчитанной на планируемую урожайность 25 т/га. Минеральные удобрения вносили весной под предпосадочную культивацию почвы за 3–5 дней до посадки картофеля. Фосфорные и калийные удобрения вносили полностью под основную обработку, азотные – в два срока: 70% под культивацию, 30% – в подкормку в фазу бутонизации в период вегетации.

В работе использовали два жидких удобрительно-стимулирующих состава (ЖУСС): ЖУСС-1 (медь + бор) и ЖУСС-2 (медь + молибден). Препараты ЖУСС-1 и ЖУСС-2 вносили методом внекорневой обработки в фазу бутонизации – начала цветения картофеля. Первую обработку проводили в фазу бутонизации, вторую (при двукратной схеме) – через 10–14 дней после первой. Схема опыта предусматривала однократное и двукратное применение каждого препарата в концентрациях 0,05% и 0,1%.

Для опытов выбран сорт картофеля «Пушкинец», широко используемый в Средневолжском регионе и имеющий хорошо изученные агробиологические характеристики. Его умеренная поражаемость фитофторозом позволяет корректно сравнивать эффективность разных схем обработки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ полученных данных показал, что препарат ЖУСС-2 во всех изученных вариантах обеспечивал более низкую скорость развития фитофторозной инфекции по сравнению с ЖУСС-1 (табл. 1, 2). Наименьший показатель (0,078 усл. ед./день) зафиксирован при двукратной обработке ЖУСС-2 в концентрации 0,05% на фоне NPK, что на 29,7% ниже контроля (табл. 1, 2). На неудобренном фоне (без NPK) этот же вариант показал снижение на 25,7% (табл. 1, 2).

Для ЖУСС-2 выявлена чёткая закономерность: двукратная обработка эффективнее однократной. На фоне NPK переход от однократной к двукратной обработке в концентрации 0,05% снизил скорость инфекции с 0,100 до 0,078 (на 22,0%) (табл. 1, 2). Для ЖУСС-1 подобной закономерности не установлено (табл. 1, 2).

Таблица 1 – Скорость фитофторозной инфекции при обработках ЖУСС-1 на разных агрофонах, усл. ед./день

Вариант обработки	Без NPK (среднее значение)	С NPK (среднее значение)
Контроль (без обработки)	0,113	0,111
Одн. обр. 0,05%	0,114	0,109
Одн. обр. 0,1%	0,108	0,120
Двукр. обр. 0,05%	0,118	0,112
Двукр. обр. 0,1%	0,102	0,117

Внесение минеральных удобрений усиливало защитный эффект ЖУСС-2 (снижение на 7,1% по сравнению с неудобренным фоном), что объясняется активизирующим действием молибдена на азотный обмен и стрессоустойчивость растений. Для ЖУСС-1 удобрения в большинстве вариантов ухудшали ситуацию, что может быть связано с избыточным накоплением бора в тканях [3;4;5].

Препарат ЖУСС-2, содержащий медь и молибден, подавляет развитие возбудителя фитофтороза благодаря активации антиоксидантных ферментов и укреплению клеточных стенок растений. ЖУСС-1 (медь + бор) уступает ему по

способности индуцировать системную устойчивость к грибным инфекциям, а при повторных обработках может проявлять фитотоксическое действие [3;4;5].

Таблица 2 – Скорость фитофторозной инфекции при обработках ЖУСС-2 на разных агрофонах, усл. ед./день

Вариант обработки	Без NPK (среднее значение)	С NPK (среднее значение)
Контроль (без обработки)	0,113	0,111
Одн. обр. 0,05%	0,104	0,100
Одн. обр. 0,1%	0,096	0,101
Двукр. обр. 0,05%	0,084	0,078
Двукр. обр. 0,1%	0,089	0,083

ВЫВОДЫ

Таким образом, в условиях Западного Предкамья Республики Татарстан препарат ЖУСС-2 обеспечивал более низкую скорость развития фитофторозной инфекции по сравнению с ЖУСС-1. Наилучший результат (0,078 усл. ед./день) получен при двукратной обработке ЖУСС-2 в концентрации 0,05% на фоне NPK, что на 29,7% ниже контроля. Для ЖУСС-2 выявлена чёткая зависимость эффективности от кратности обработок, тогда как для ЖУСС-1 подобной закономерности не установлено. Для снижения скорости распространения фитофтороза картофеля в регионе рекомендуется двукратное применение ЖУСС-2 в концентрации 0,05% в фазу бутонизации – начала цветения.

Список использованных источников

1. Российский статистический ежегодник. 2025: стат. сб. / Росстат. – Москва, 2025. – 621 с.
2. Сельское хозяйство в России. 2025: стат. сб. / Росстат. – Москва, 2025. – 81 с.
3. Иванов, А. И. Отзывчивость картофеля на удобрение и потери урожая от фитофтороза в условиях Северо-Запада России / А. И. Иванов, Ж. А. Иванова, О. И. Якушева, П. А. Филиппов // Картофель и овощи. – 2019. – № 3. – С. 14–18. – DOI: 10.25630/PAV.2019.49.66.001.
4. Гайсин, И. А. Полифункциональные хелатные микроудобрения: монография / И. А. Гайсин, Ф. А. Хисамеева. – 2-е изд. – Казань: Центр инновационных технологий, 2009. – 256 с.
5. Гайсин, И. А. Хелатные микроудобрения: практика применения и механизм действия: монография / И. А. Гайсин, В. М. Пахомова. – Йошкар-Ола, 2014. – 344 с.
6. Тагиров, М. Ш. Технологические приемы повышения эффективности возделывания картофеля в условиях лесостепи Поволжья / М. Ш. Тагиров. – Казань: Издательство «Фэн» АН РТ, 2008. – 168 с.

RATE OF POTATO LATE BLIGHT SPREAD UNDER THE APPLICATION OF CHELATED MICRONUTRIENTS ON DIFFERENT FERTILIZATION BACKGROUNDS IN THE WESTERN PRE-KAMA REGION OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

M.Sh. Tagirov

*JSC «Shchelkovo Agrokhim»,
Kazan, Russia*

This paper evaluates the protective effects of the chelated micronutrients ZhUSS-1 and ZhUSS-2 on the development rate of potato late blight under the soil and climatic conditions of the Western Pre-Kama region (Republic of Tatarstan). The results indicate that ZhUSS-2 provides a lower infection rate than ZhUSS-1. Specifically, the lowest infection rate (0.078 arbitrary units/day) was recorded following a double treatment with 0.05% ZhUSS-2 combined with mineral fertilizers, representing a 29.7% reduction compared to the control. A clear pattern emerged for ZhUSS-2, where the double treatment proved more effective than a single application; however, no such relationship was found for ZhUSS-1. Furthermore, mineral fertilizers enhanced the protective effect of ZhUSS-2, whereas the effectiveness of ZhUSS-1 remained low under fertilized conditions.

Keywords: chelated micronutrients, liquid fertilizer-stimulating compositions (ZhUSS), late blight, potato, Republic of Tatarstan.

УДК 621:313.3

ОБЗОР НЕКОТОРЫХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В.В. Максимов, А.Ю. Алексеев,

*Казанский государственный энергетический университет,
г. Казань, Россия*

В данной работе рассмотрены методы диагностики силовых трансформаторов. Представлен обзор на опыт других исследователей в области диагностики трансформаторного оборудования. Отмечена необходимость использования инструментов анализа больших объемов данных для повышения объективности получаемых результатов диагностики.

Ключевые слова: диагностика, трансформатор, масло, нагрев, тепловизионный контроль.

Рассматривая диагностику трансформаторов можно выделить следующие способы диагностирования:

- визуальный осмотр и контроль фиксирующих приборов;
- анализ трансформаторного масла: физико-химический анализ, хроматографический анализ растворённых газов, измерение пробивного напряжения, определение тангенса угла диэлектрических потерь;
- тепловизионный контроль узлов трансформатора.

В ходе осмотра трансформаторов и контроля фиксирующих приборов дежурный персонал объекта электроэнергетики может выявить следующие потенциальные дефекты, которые могут привести к повреждению оборудования:

- неверные показания измерительных приборов;
- состояние внешней изоляции (вводов);
- состояние токоведущих частей: ошиновок, кабельных вводов и мостов, шинных мостов, контактные соединения;
- состояние фланцев системы маслоснабжения и наличие течи масла;
- наличие и уровень масла в маслонаполненных вводах и расширительном баке;
- состояние контура заземления;
- состояние маслоприёмника;
- работоспособность системы охлаждения [1].

Важно отметить, что визуальный осмотр не даёт полного понимания дежурному персоналу о состоянии трансформатора, т.к. внутренние повреждения изоляции можно обнаружить только при анализе масла или использовании других методов диагностики.

В процессе эксплуатации трансформатора масло циркулирует по всей системе охлаждения, но при изменении условий работы оборудования, масло меняет своих физические и химические характеристики, которые в дальнейшем приводят к старению диэлектрика и ухудшению эффективности охлаждения. В нормально работающем трансформаторе в масле растворяются те газы, которые выделяются при различных критических режимах работы – перегрузка, короткое замыкание. Для наиболее объективной оценки технического состояния трансформатора производится хроматографический анализ масла (ХАРГ). В работе Ворначевой И.В., Ларина О.М., Фастовой Н.В., Серебровского В.И., Кончина В.А. представлены результаты хроматографического анализа масла с газоанализатора DGA-900, которые сигнализируют о повышенном содержании C_2H_6 , C_2H_4 – данные газы выделяются при нагреве масла и бумажной изоляции в 300-400 °С, выше 600°С соответственно [2].

Важно отметить, что при комплексном анализе состояния трансформатора можно определить оптимальный режим работы оборудования. Кабиров А.А. в своём исследовании указывает, что ХАРГ, тепловизионный контроль и акустический анализ позволяет работать АДЦТН-250000/220/110 при текущем

состоянии только с нагрузкой 70 МВА и полностью включенной системой охлаждения [3].

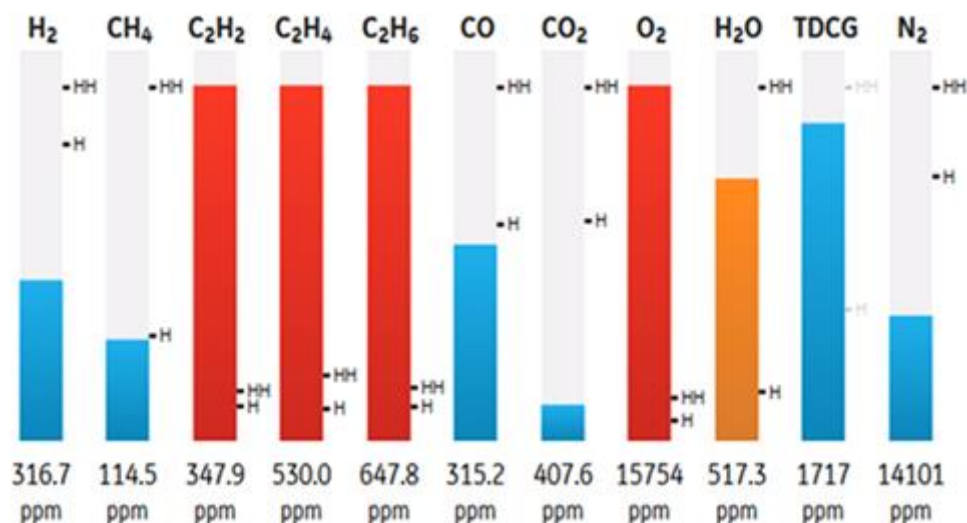


Рисунок 1 – Цветовое кодирование газов в зависимости от концентрации [2]

Как правило, при выявлении повышенной концентрации газов в масле предпринимается частичная замена масла в трансформаторе, т.к. таким образом можно разбавить новым маслом диэлектрик, находящийся в трансформаторе. Частичная замена объясняется тем, что в трансформаторах большой мощности достаточно внушительный объем бака. Например, в АОДЦН-167000/500/220 объем бака составляет 42 тонны [4]. Сложность анализа результатов ХАРГ заключается в необходимости наличия большой базы данных исследований – это позволит наиболее объективно судить о состоянии масла в трансформаторе. Шеломенцев В.А., Хамитов Р.Н. подчёркивают важность использования методов машинного обучения – регрессионных моделей и искусственных нейронных сетей, т.к. классические модели не позволяют учитывать сложные нелинейные зависимости, что осложняет точность при различных условиях эксплуатации трансформатора [5].

Одним из перспективных методов диагностики можно назвать инфракрасную термографию, но для повышения эффективности необходимо использовать современные методы обработки получаемых изображений. Это объясняется тем, что внушительный объем данных, получаемых с приборов или иного измерительного оборудования, невозможно обработать человеку.

Авторами в [6] подчёркивается, что актуальность исследуемого направления достаточно высока, т.к. на объектах электроэнергетики без постоянно дежурного оперативного персонала достаточно сложно выявлять и предупреждать опасные дефекты. Для оптимизации и повышения оперативности выявления дефекта необходимо использовать сложные автоматизированные системы управления технологических процессов, функционирующих на основе предиктивной аналитики.

Список использованных источников

1. Осмотр силовых трансформаторов // НПО ЭлектроКомплект URL: <https://elekom21.ru/articles/osmotrtrans?ysclid=mtomfcs5yr857399358> (дата обращения: 05.09.2026).
2. Результаты хроматографического анализа газов, растворённых в трансформаторном масле, полученных различными методами с применением искусственного интеллекта / И. В. Ворначева, О. М. Ларин, Н. В. Фастова [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2026. – № 1(117). – С. 157-164. – DOI 10.37670/2073-0853-2026-117-1-157-164.
3. Кабиров, А. А. Хроматографический метод анализа растворённых газов трансформаторных масел в эксплуатируемых сетях / А. А. Кабиров // Мировые научные достижения в области естественных и технических наук : Материалы X Международной научно-практической конференции, Рязань, 30 июня 2023 года. – Рязань: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "Концепция", 2023. – С. 168-170.
4. ГОСТ 17544-85. Трансформаторы силовые масляные общего назначения классов напряжения 220,330,500 и 750 кВ. - Москва: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. - 38 с.
5. Шеломенцев, В. А. Оценка состояния силовых трансформаторов по данным хроматографического анализа с применением гибридных моделей машинного обучения / В. А. Шеломенцев, Р. Н. Хамитов // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике, Казань, 26–28 ноября 2024 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2025. – С. 541-544.
6. Алексеев А.Ю., Максимов В.В. Анализ существующих методов, направленных на совершенствование методики температурных аномалий электротехнического оборудования // Интеллектуальная энергетика : сборник трудов III Всероссийской научно-практической конференции. - Томск: Томский политехнический университет, 18–20 ноября 2025 г. - С. 12-14.

AN OVERVIEW OF SOME DIAGNOSTIC METHODS FOR TRANSFORMER EQUIPMENT

A.Y. Alekseev, V.V. Maksimov

*Kazan State Power Engineering University,
Kazan, Russia*

In this paper, diagnostic methods for power transformers are considered. An overview of the experience of other researchers in the field of transformer equipment diagnostics is presented. The necessity of using tools for analyzing large amounts of data to increase the objectivity of the diagnostic results was noted.

Keywords: diagnostics, transformer, oil, heating, thermal imaging control.

АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ КОМБИНИРОВАННОЙ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СЕЯЛКИ KUHN ESPRO 6000 RC

М.А. Терехин¹, А.В. Яшин², П.Н. Хорев²

¹АО «Радиозавод»,
г. Пенза, Россия

²Пензенский государственный аграрный университет,
г. Пенза, Россия

В статье представлены общее устройство, краткие технические характеристики и конструктивные особенности комбинированной пневматической сеялки Kuhn ESPRO 6000 RC. Проведен анализ технологического процесса работы сеялки при посеве зерновых культур, рассмотрена последовательность операций от подачи семян до заделки их в почву, а также представлено назначение опционального оснащения рассматриваемой сеялки.

Ключевые слова: сеялка пневматическая комбинированная, Kuhn ESPRO 6000 RC, конструктивные особенности, технологический процесс, отдельный высев удобрений, предпосевная обработка почвы.

Сеялка Kuhn ESPRO 6000 RC (рисунок 1) представляет собой комбинированную пневматическую посевную машину, разработанную для работы по традиционной технологии посева, а также при минимальной обработке почвы и прямом посеве по стерне. Модель с рабочей шириной 6 м оснащена отдельным бункером общей емкостью 5500 л, разделенным на два отделения объемом 3300 и 2200 л, что обеспечивает высокую производительность и автономность работы. Конструктивные особенности почвообрабатывающих рабочих органов сеялки обеспечивают снижение энергозатрат, что позволяет агрегатировать ее с тракторами мощностью 200...350 л.с. и при этом осуществлять посев на скоростях до 17 км/ч без потери качества высева [1-3].



Рисунок 1 – Общий вид сеялки Kuhn ESPRO 6000 RC в агрегате с трактором

Краткие технические характеристики сеялки Kuhn ESPRO 6000 RC представлены в таблице [1,2].

Таблица 1 – Краткие технические характеристики сеялки Kuhn ESPRO 6000 RC

Параметр	Значение
Рабочая ширина, м	6
Количество высеваемых рядков, шт.	40
Рабочая скорость, км/ч	До 17
Тип системы высева	пневматическая, централизованная
Тип сошника	двухдисковый, комбинированный, с прикатывающим колесом и пружинным загортачом
Ширина междурядий, мм	150
Транспортная ширина, м	3
Масса сеялки без установленного дополнительного оборудования, кг	8000
Объем бункера, л	5500
Требуемая мощность трактора, л.с.	200...350

Конструкция сеялки включает следующие основные элементы (рисунок 2): дышло 3, центральную раму 4, бункер 5, боковые рамы 16 почвообрабатывающих рабочих органов, сошниковые рамы 17 и систему пневматического высева. На дышле 3 установлена перекладина сцепного устройства 1, служащая для агрегатирования с двухточечным навесным устройством трактора, и опорная стойка 2. На центральной раме 4 шарнирно установлены боковые рамы 16, на которых в свою очередь располагаются батарея опорных колес 10, два ряда дисковых почвообрабатывающих рабочих органов 11 и батарея опорно-прикатывающих колес 12. Также на центральной раме 4 шарнирно установлены сошниковые рамы 17 с гидравлическим механизмом 18 привода регулировки положения сошников, на которой через эластомеры с междурядьем 15 см располагаются комбинированные двухдисковые сошники 13 с прикатывающими колесами 14 и загортачами 15, выполненными в виде пружинных борон. Над центральной рамой 4 расположен бункер 5 с площадкой обслуживания 6. Элементы пневмовысевающей системы включают вентилятор 7, два высевających аппарата 8 и распределитель 9 вертикального типа, соединенные между собой гибкими воздухопроводами и семяпроводами.

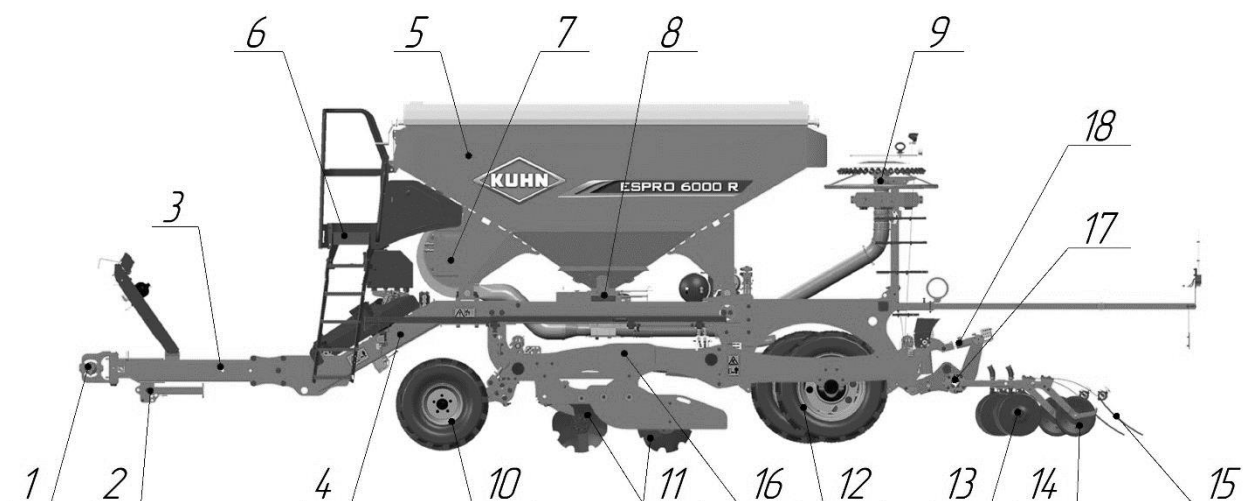


Рисунок 2 – Схема сеялки Kuhn ESPRO 6000 RC: 1 – перекладина сцепного устройства; 2 – стойка опорная; 3 – дышло; 4 – рама центральная; 5 – бункер; 6 – площадка обслуживания; 7 – вентилятор; 8 – аппараты высевальные; 9 – распределитель вертикального типа; 10 – батарея опорных колес; 11 – дисковые почвообрабатывающие рабочие органы; 12 – батарея опорно-прикатывающих колес; 13 – сошник двухдисковый; 14 – прикатывающее колесо сошника; 15 – загортач в виде пружинной борозы; 16 – боковые рамы почвообрабатывающих рабочих органов; 17 – сошниковые рамы; 18 – гидравлический механизм регулировки сошников

Технологический процесс работы машины осуществляется следующим образом. Сеялка в агрегате с трактором с загруженным посевным материалом в бункер 5 движется по полю. Из бункера 5 семена поступают в высевальные аппараты 8, катушки которых получают вращение от приводного механизма. Центробежный вентилятор 7 создает воздушный поток, который транспортирует дозируемые высевальными аппаратами семена сначала в распределитель 9, а затем по семяпроводам к двухдисковым сошникам 13. Передняя батарея опорных колес 10 перекачивается по почве, обеспечивая равномерную глубину обработки почвы и посева, а также распределяя вес сеялки на большую площадь опорной поверхности. Затем два ряда сферических дисковых рабочих органов 11 диаметром 460 мм интенсивно рыхлят почву, заделывая пожнивные остатки. Идущие вслед за ними опорно-прикатывающие колеса 12 диаметром 900 мм, размещенные в батареях в два ряда со смещением на 200 мм, осуществляют обратное уплотнение почвы перед сошниками, создавая оптимальное семенное ложе. Сошники 13 с дисками диаметром 350 мм образуют борозды заданной глубины, на дно которых укладывают семена и удобрения. Прикатывающие колеса 14 диаметром 350 и шириной 50 мм перекачиваются по борозде, обеспечивая контакт семян с почвой, а загортачи 15 завершают рабочий процесс, укрывая семена в борозде

рыхлой почвой и выравнивая поверхность поля, обеспечивая защиту от образования корки [4,5].

Для сеялки Kuhn ESPRO 6000 RC производитель предлагает широкое дополнительное оснащение, включающее систему раздельного внесения гранулированных минеральных удобрений, установку следорыхлителей, маркеров технологической колеи и терминала ISOBUS. Рассмотрим подробнее его назначение и конструктивное исполнение.

Система раздельного внесения гранулированных минеральных удобрений (рисунок 3, а) подразумевает установку отдельного распределителя и одного ряда однодисковых сошников (рисунок 3, б), устанавливаемых между дисковыми почвообрабатывающими рабочими органами и батареей опорно-прикатывающих колес. Расстановка однодисковых сошников на раме осуществляется с междурядьем 300 мм, причем они располагаются точно между двумя рядами основных двухдисковых сошников и при этом имеют возможность регулировки по глубине отдельно от них на величину от 2 до 8 см. При таком способе раздельного высева семян и удобрений (рисунок 3, в) культуры получают оптимальный прикорм на ранней стадии роста без риска возникновения ожогов для корневой системы [6].

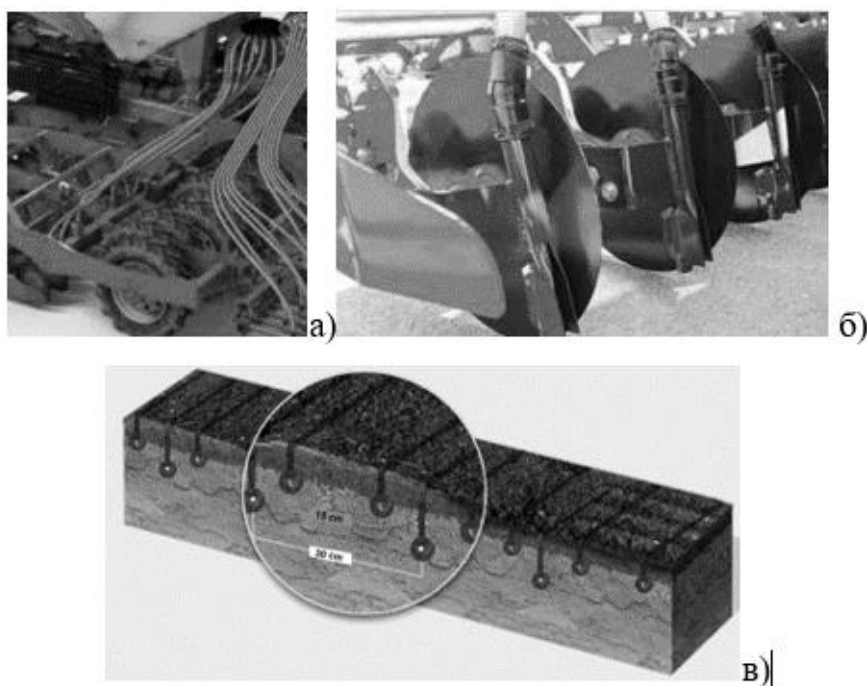


Рисунок 3 – Особенности системы раздельного внесения минеральных удобрений: а – общий вид размещения элементов системы на сеялке; б – общий вид однодисковых сошников; в – схема размещения семян и гранул минеральных удобрений

Для разуплотнения следов после прохода колес агрегирующего сеялку трактора можно устанавливать до двух пар следорыхлителей (рисунок 4, а) с гидравлической системой их складывания, позволяющей быстро выглублять их из

почвы во время разворотов МТА у края поля [7]. Для разметки технологической колеи на поле на сеялку можно установить довсходовые маркеры (рисунок 4, б), регулируемые по ширине. Для управления из кабины трактора рабочим процессом, а именно глубиной обработки почвы и посева, нормой высева, довсходовыми маркерами и автоматическими разворотами производитель предлагает установку терминала ISOBUS CCI 200/VT 50 (рисунок 4, в).

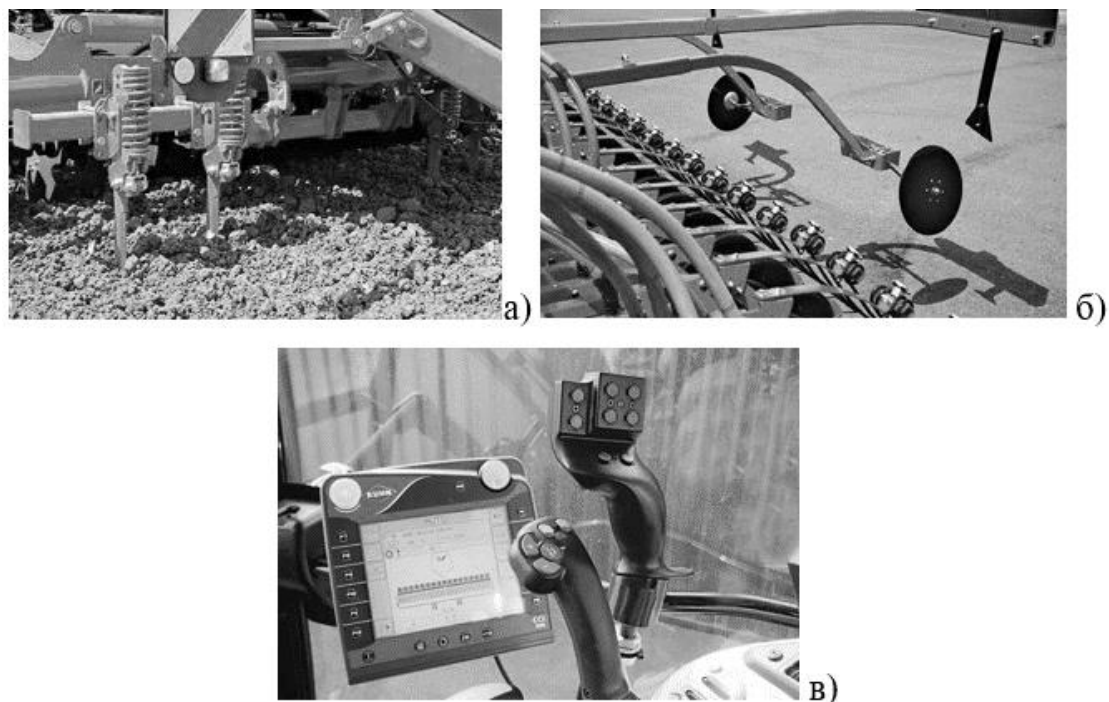


Рисунок 4 – Общий вид опционального оборудования для сеялки Kuhn ESPRO 6000 RC: а – следорыхлители; б – маркеры разметки технологической колеи; в – терминал ISOBUS

Проведенный анализ конструктивных особенностей комбинированной пневматической сеялки Kuhn ESPRO 6000 RC показывает, что данная машина удачно сочетает в себе высокую производительность с качеством предпосевной обработки почвы и высева. По своим характеристикам и по конструктивному исполнению рабочих органов сеялка соответствует основным конкурентам европейского, американского и отечественного производства [8-11]. Возможность работы на скоростях до 17 км/ч, подтвержденная практичными отзывами аграриев, в сочетании с большим объемом бункера, позволяют существенно сократить сроки посевной кампании. Конструктивные особенности пневматической системы высева и двухдисковых сошников обеспечивают равномерную всхожесть и стабильную глубину заделки семян.

Список использованных источников

1. Посевные комплексы ESPRO 3000 / 4000 R / 6000 R / 8000 R / 4000 RC / 6000 RC: проспект фирмы KUHN – Франция, Саверн, 2018. – 24 с.

2. ESPRO 3000 / 4000 R / 6000 R / 8000 R / 4000 RC / 6000 RC (920 545 GB – 08.18.3.): brochure / KUHN S.A. – France, Saverne, 2018. – 24 p.
3. Компания KUHN представила новинки для эффективного сельского хозяйства на выставке Агросалон-2018 // АгроСнабФорум. – 2018. – № 8(164). – С. 21. – EDN YNLSLR.
4. Анализ тенденций развития посевных комплексов, их основных узлов и агрегатов / М. В. Дудкин, А. В. Вавилов, А. И. Ким [и др.] // Вестник Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева. – 2022. – № 4. – С. 75-85. – DOI 10.51885/1561-4212_2022_4_75. – EDN RIWGIV.
5. Решения KUHN для растениеводческих хозяйств // АгроСнабФорум. – 2018. – № 1(157). – С. 8-10. – EDN YPQCMQ.
6. Кем, А. А. Сеялка с сошниками для посева зерновых и разноуровневого внесения минеральных удобрений / А. А. Кем // Тракторы и сельхозмашины. – 2019. – № 1. – С. 16-20. – DOI 10.31992/0321-4443-2019-1-16-20. – EDN ZAMXSP.
7. Анализ конструкций следорыхлителей почвообрабатывающих и посевных агрегатов / Д. А. Краснихин, Ю. В. Поливяный, М. А. Терехин, П. Н. Хорев // Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства : Сборник статей X Международной научно-практической конференции, Пенза, 30–31 мая 2025 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2025. – С. 125-130. – EDN MUVNFH.
8. Терехин, М. А. Анализ конструктивных особенностей комбинированной сеялки Great Plains Centurion CDA 600 / М. А. Терехин, А. В. Яшин, П. Н. Хорев // Научное обеспечение технологического суверенитета агропромышленного комплекса: Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции, Пенза, 21–22 октября 2025 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2025. – С. 592-599. – EDN ZVDZQR.
9. KALINA 6000 MT: новая разработка холдинга «АМКОДОР» для современного земледелия [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://amkodor.by/press/novosti-kompanii/kalina-6000-mt-novaya-razrabotka-holdinga-amkodor-dlya-sovremennogo-zemledeliya/?ysclid=mtpg6gwf9u163276579>
10. Сайтов, В. Е. Пневматические посевные комплексы от зарубежных производителей / В. Е. Сайтов, Р. Г. Гатауллин, А. Р. Мустафин // Улучшение эксплуатационных показателей сельскохозяйственной энергетики: Материалы XVII Международной научно-практической конференции «Наука – Технология – Ресурсосбережение», Киров, 05 февраля 2024 года. Выпуск 24. – Киров: Вятский государственный агротехнологический университет, 2024. – С. 113-119. – EDN WRNBDO.
11. Фойерборн, Б. Пневматическая скорострелка / Б. Фойерборн // Новое сельское хозяйство. – 2019. – № 2. – С. 80-85. – EDN ZMZDOH.

ANALYSIS OF DESIGN FEATURES OF THE COMBINED PNEUMATIC SEED DRILL KUHN ESPRO 6000 RC

M.A. Terekhin¹, A.V. Yashin², P.N. Khorev²

¹ JSC Radiozavod,
Penza, Russia

² Penza State Agricultural University,
Penza, Russia

The article presents the general layout, brief technical characteristics and design features of the combined pneumatic seed drill Kuhn ESPRO 6000 RC. The technological process of the seed drill during sowing of grain crops is analysed, the sequence of operations from seed feeding to covering them in the soil is considered, and the purpose of optional equipment of the seed drill in question is also described.

Keywords: combined pneumatic seed drill, Kuhn ESPRO 6000 RC, design features, technological process, separate fertiliser application, pre-sowing tillage.

УДК 631.313.6

РАЗРАБОТКА ДИСКОВОГО ЛУЩИЛЬНИКА

M.A. Терехин¹, A.B. Яшин², П.Н. Хорев²

¹АО «Радиозавод»,
г. Пенза, Россия

²Пензенский государственный аграрный университет,
г. Пенза, Россия

В статье рассмотрены назначение дисковых луцильников, схемы их агрегатирования и компоновочные решения. Приведен обзор современных дисковых рабочих органов, способов их крепления к раме и конструктивных исполнений. Представлена конструкция разработанного дискового луцильника шириной захвата 6 м с транспортной шириной 3 м, складыванием типа «бабочка», Х-образным расположением рабочих органов, батареей пружинных выравнивателей вместо традиционного катка и задним навесным устройством для составления агрегатов. Описан технологический процесс работы машины, показаны преимущества разработанной конструкции перед аналогами.

Ключевые слова: дисковый луцильник, лущение стерни, дисковый рабочий орган, Х-Precise, пружинный выравниватель, глубина обработки, складывание «бабочка».

После уборки зерновых и технических культур на поверхности поля остаются стерня и измельченные пожнивные остатки, а верхний слой почвы теряет

влагу. Одним из наиболее распространенных приемов первичной обработки таких полей является лушение. Дисковые лушильники позволяют подрезать стерню, рыхлить верхний слой почвы, заделывать растительные остатки и создавать условия для прорастания семян сорняков с последующим их уничтожением. В зависимости от конструкции машины лушение может выполняться на глубину 6...12 см, а при необходимости – и на большую глубину [1].

Современные дисковые лушильники имеют навесные, полуприцепные и прицепные схемы агрегатирования. Широкое распространение получили машины с центральной рамой и складывающимися боковыми секциями. Это позволяет увеличивать ширину захвата при работе и уменьшать транспортную ширину при переездах. Анализ конструкций современных двухрядных дисковых лушильников (рисунок 1) показывает, что большинство машин выполняется по классической двухрядной схеме с последовательным расположением право- и леворежущих дисков. При этом за дисковыми батареями устанавливается одно-рядный или тандемный каток, предназначенный для измельчения почвенных комков, уплотнения разрыхленного слоя и выравнивания поверхности поля [1].

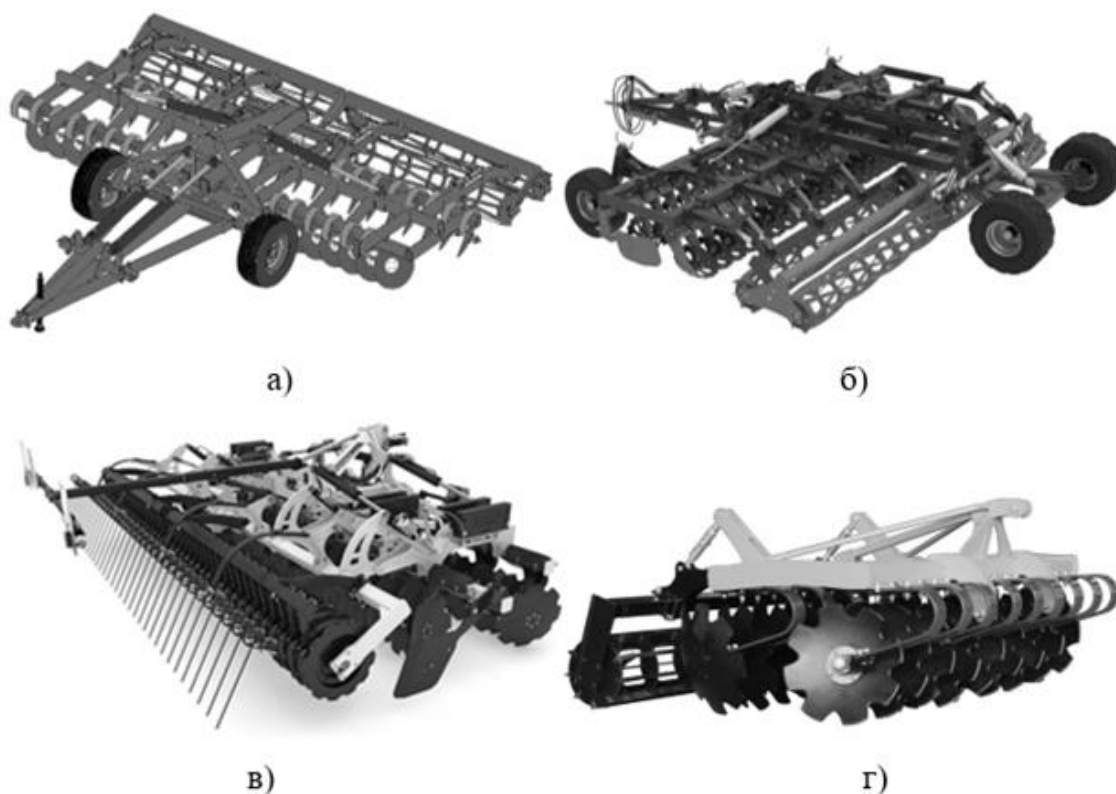


*Рисунок 1 – Общий вид современных двухрядных дисковых лушильников:
а – «Южак»-5Л; б – ЛДЭ-6 «Спринг»; в – Swifterdisc XN; г – ЛДТН -3,0*

В современных лушильниках применяются дисковые рабочие органы различных конструкций (рисунок 2). Они могут оснащаться плоскими, коническими или сферическими, гладкими или вырезными дисками. Вырезные диски лучше измельчают растительные остатки и интенсивнее рыхлят почву, гладкие –

обеспечивают более ровную обработку и меньшее перемешивание. Диаметр дисков выбирается в зависимости от требуемой глубины обработки и типа почвы. Крепление рабочих органов к раме выполняется также несколькими способами. В одних машинах применяются эластомерные элементы, в других – упругие рессорные стойки. Такие решения позволяют рабочему органу копировать рельеф поля, снижают пиковые нагрузки при встрече с препятствиями и исключают риск их поломки. Кроме того, упругое крепление способствует лучшей самоочистке дисков и повышает устойчивость хода машины [2].

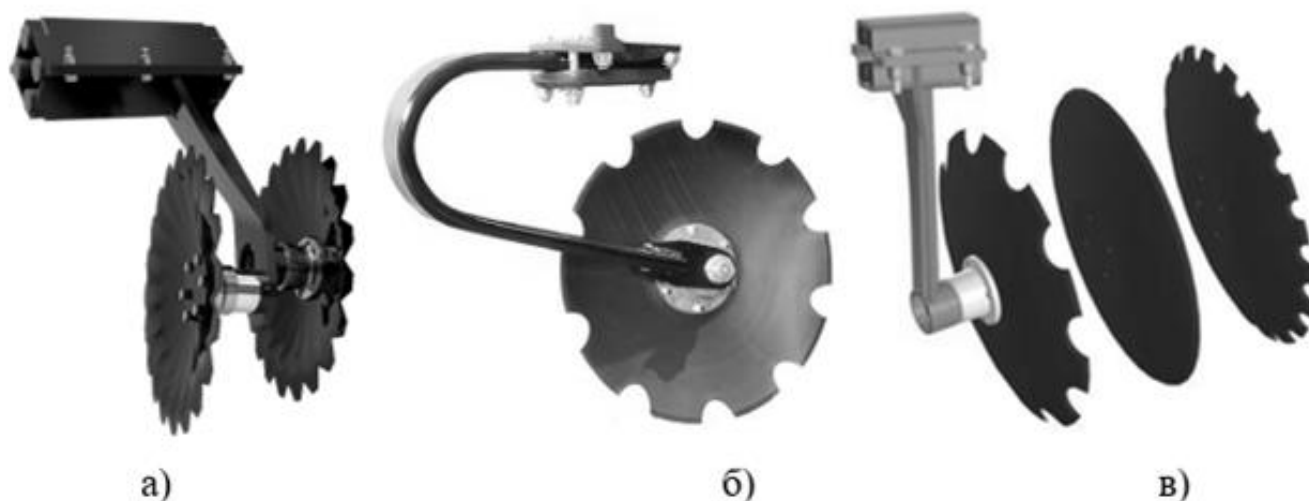


*Рисунок 2 – Общий вид рабочих органов дисковых луцильников:
а, в – со стойками на эластомерах; б – на упругой рессорной стойке*

Эффективность технологического процесса поверхностной обработки почвы дисковыми агрегатами в значительной степени определяется конструкцией рабочих органов, схемой их расстановки на раме и наличием устройств для выравнивания и уплотнения обработанного слоя. В связи с этим разработка дискового луцильника, сочетающего высокую производительность, качество обработки и удобство транспортировки, является актуальной задачей.

Разработанный дисковый луцильник имеет ширину захвата 6 м. Центральная рама 3 является основным несущим элементом, к ней шарнирно присоединены правая 4 и левая 5 боковые рамы, которые при переводе в транспортное положение складываются вверх по схеме «бабочка» посредством гидроцилиндров 14 (рисунок 3).

Такая схема обеспечивает компактность при переездах и быстрый перевод машины из рабочего положения в транспортное. Транспортная ширина машины при этом составляет 3 м, что обеспечивает возможность переездов по дорогам общего назначения.

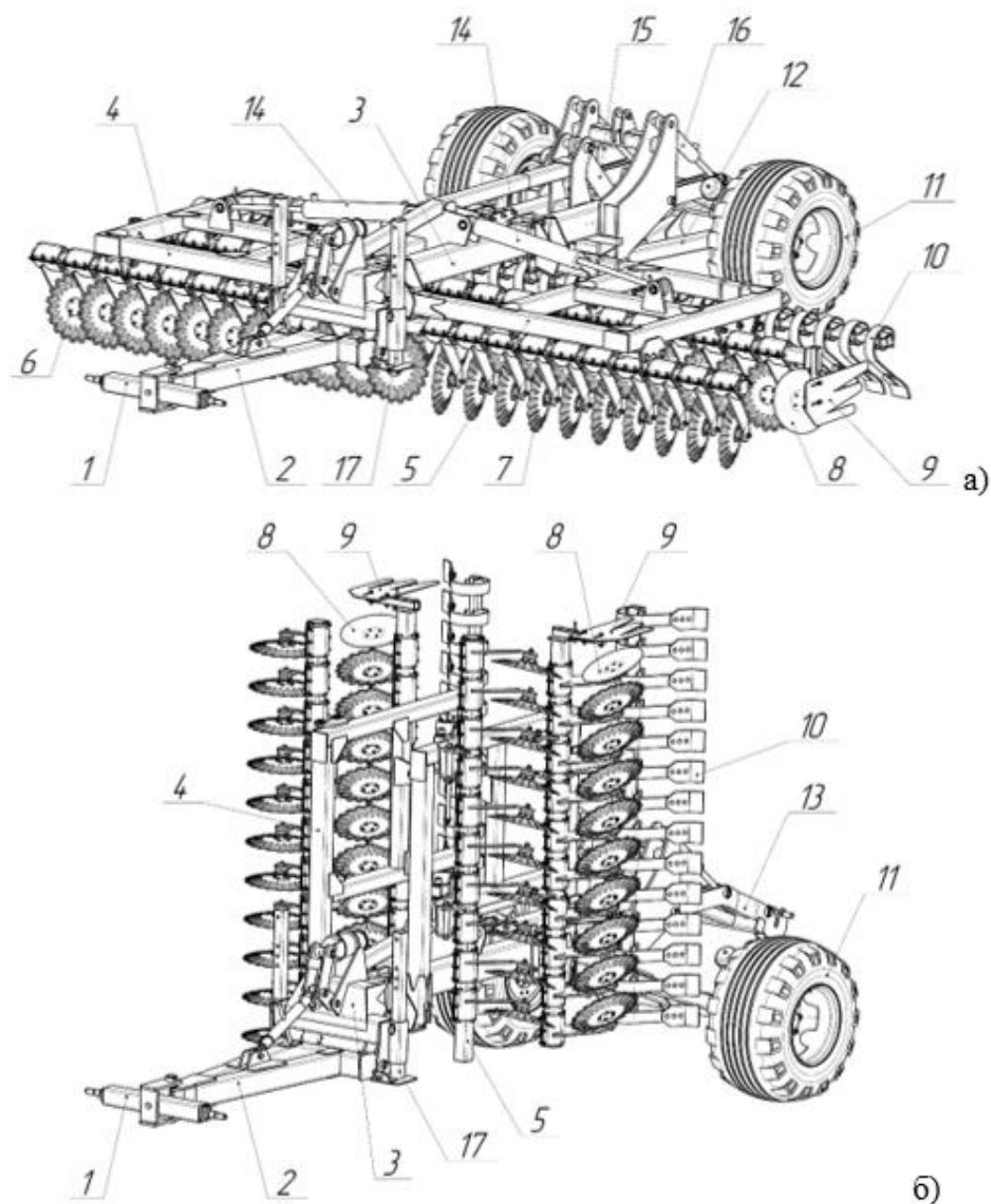


Рисунок 3 – Общий вид дискового луцильника в рабочем (а) и транспортном (б) положениях: 1 – перекладина сцепного устройства; 2 – дышло; 3 – рама центральная; 4 – рама правая; 5 – рама левая; 6 – леворежущий рабочий орган; 7 – праворежущий рабочий орган; 8 – диск подрезной; 9 – щиток; 10 – батарея пружинных выравнивателей; 11 – колеса опорные; 12 – поворотная ось опорных колес; 13 – заднее навесное устройство; 14 – гидроцилиндры складывания левой и правой рам; 15 – гидроцилиндры подъема и опускания поворотной оси опорных колес; 16 – гидроцилиндры подъема и опускания заднего навесного устройства

Сцепное устройство, состоящее из перекладины 1 и дышла 2, служит для присоединения луцильника к трактору. Опорные колеса 11, установленные на поворотной оси 12, воспринимают часть массы машины и участвуют в регулировании глубины обработки. Гидроцилиндры 15 изменяют положение

поворотной оси опорных колес относительно рамы. В рабочем и транспортном положениях машина опирается на опорные колеса 11 и перекладину сцепного устройства 1.

Дисковые рабочие органы 6 и 7 крепятся к правой 4 и левой 5 боковым рамам посредством индивидуальных стоек с эластомерными элементами. Такое крепление позволяет дискам копировать рельеф поля и снижает динамические нагрузки. На краях боковых рам установлены подрезные диски 8 и щитки 9. За дисковыми рабочими органами на боковых рамах смонтированы батареи пружинных выравнивателей 10. Они заменяют традиционные катки, выравнивают поверхность поля, разрушают комки и создают мульчирующий слой [3].

Заднее навесное устройство 13, смонтированное на оси опорных колес, позволяет агрегатировать луцильник с дополнительными машинами – прицепными, полуприцепными или навесными катками и сеялками с шириной захвата 6 м. Гидроцилиндры 16 обеспечивают подъем и опускание заднего навесного устройства.

Х-образное расположение рабочих органов (рисунок 4), аналогичное системе X-Precise дисковых орудий Bednar Swifterdisc [4] и Väderstad Carrier [5], обеспечивает взаимную компенсацию боковых сил смещения. Это позволяет луцильнику всегда идти за трактором четко по прямой линии, исключая явление бокового «дрейфа» агрегата, что крайне важно при использовании системы GPS-навигации.

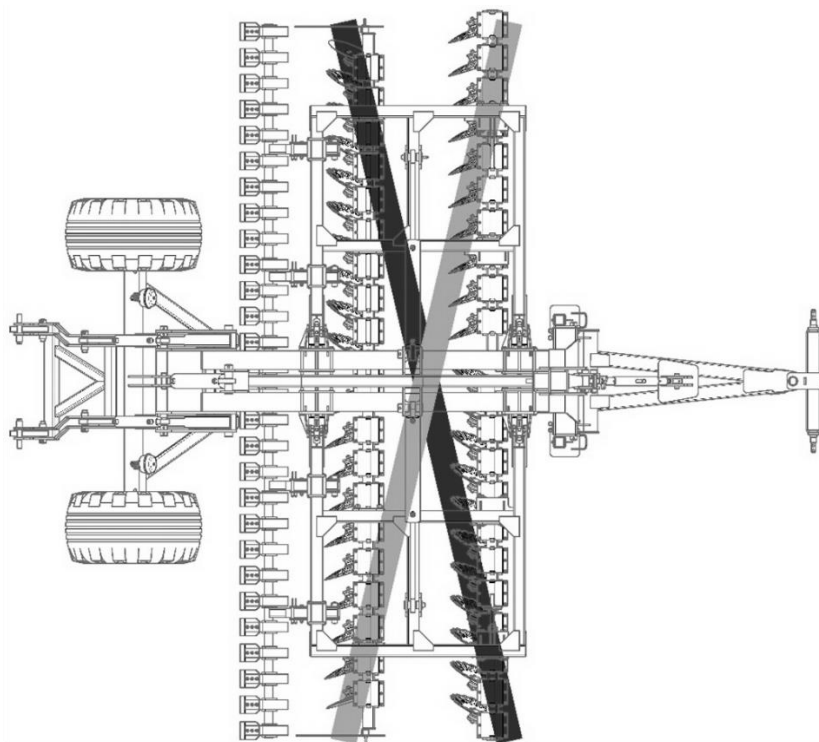


Рисунок 4 – Х-образная схема расположения дисковых рабочих органов на боковых (правой и левой) рамах дискового двухрядного луцильника

Технологический процесс работы дискового луцильника происходит следующим образом (рисунок 5). При движении агрегата по полю леворежущие 5 и праворежущие 6 дисковые рабочие органы, установленные на боковых рамах 3,

заглубляются в необработанную почву 9, подрезают стерню и пожнивные остатки 10, рыхлят и частично оборачивают почвенный пласт, осуществляя заделку большей части пожнивных остатков слоем почвы [6,7]. Подрезные диски обеспечивают дополнительное подрезание растительных остатков по краям захвата машины. Щитки 7 препятствуют выносу почвы за пределы ширины захвата и образованию боковых гребней. После прохода дисковых батарей почва 11 находится в разрыхленном состоянии, но имеет выраженную гребнистость и высокую комковатость. Батарея пружинных выравнивателей 8, имеющая механизм регулировки по высоте относительно дисковых рабочих органов 5 и 6, выравнивает поверхность поля, дополнительно разрушает комки и распределяет незаделанные пожнивные остатки по поверхности [8]. Благодаря колебательному процессу «отклонение–срыв–возврат с ударом» обеспечивается интенсивное крошение почвы за счет энергии упругой деформации пружинных стоек. В результате чего создается более выровненный и мульчированный верхний слой 12. Кроме того, применение батареи пружинных выравнивателей вместо тяжелых катков позволяет снизить общее тяговое сопротивление агрегата.

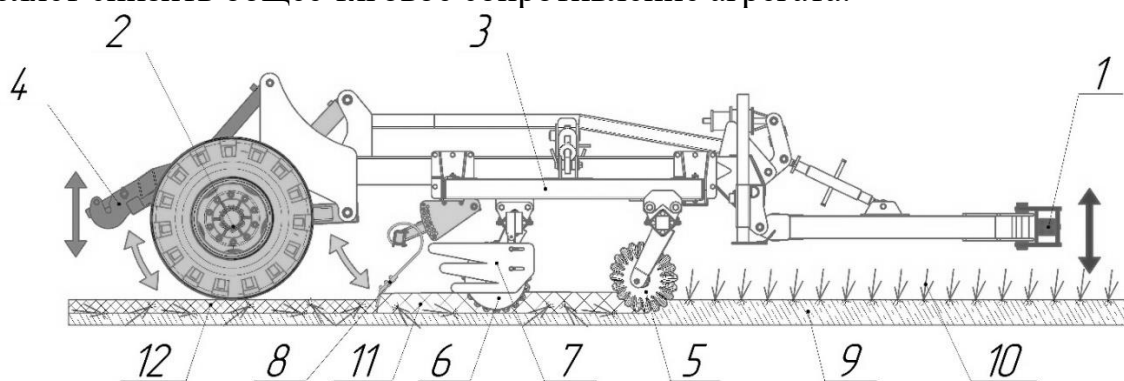


Рисунок 5 – Схема технологического процесса поверхностной обработки почвы дисковым двухрядным лулицейником: 1 – скоба сцепного устройства; 2 – колеса опорные; 3 – рама боковая; 4 – заднее навесное устройство; 5 – леворежущий рабочий орган; 6 – праворежущий рабочий орган; 7 – щиток; 8 – выравниватель пружинный; 9 – почва необработанная; 10 – стерня и пожнивные остатки; 11 – почва, обработанная дисковыми рабочими органами; 12 – окончательно обработанная почва

Глубина обработки почвы регулируется положением опорных колес 2 с помощью гидроцилиндра и положением переключателя сцепного устройства посредством навески трактора. Оптимальным считается такое положение, при котором центральная рама расположена горизонтально. В этом случае дисковые рабочие органы работают равномерно по всей ширине захвата, исключая явление «дрейфа» [4,5,9].

При необходимости лулицейник агрегируется с дополнительными машинами – к заднему навесному устройству 4 можно присоединить каток или сеялку шириной захвата 6 м. Это позволяет за один проход выполнять лушение и дополнительную обработку или посев.

На основании вышесказанного можно сделать вывод, что разработанный дисковый луцильник шириной захвата 6 м с транспортной шириной 3 м сочетает высокую производительность с компактностью при транспортировке. Складывание типа «бабочка» упрощает переезды и снижает затраты времени на подготовку машины. Оснащение луцильника задним навесным устройством расширяет функциональность машины, так как благодаря нему луцильник может работать самостоятельно или в составе комбинированного агрегата с катком либо сеялкой шириной захвата 6 м. По сравнению с известными аналогами такая конструкция позволяет повысить качество лущения [10], уменьшить расход топлива [9] и сократить число проходов по полю.

Список использованных источников

1. Сохт, К.А. Дисковые бороны и луцильники. Проектирование технологических параметров: учеб. пособие / К.А. Сохт, Е.И. Трубилин, В.И. Коновалов. – Краснодар: КубГАУ, 2014 – 164 с.
2. Рабочие органы дисковых борон и луцильников / Е. И. Трубилин, К. А. Сохт, В. И. Коновалов, О. В. Данюкова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 91. – С. 752-771.
3. Терехин, М. А. Анализ конструктивных особенностей прикатывающих катков дисковых борон / М. А. Терехин // АгроЭкоИнженерия. – 2026. – № 1(126). – С. 129-145. – DOI 10.24412/2713-2641-2026-1126-129-144. – EDN XXNJLC.
4. Diskový podmítač BEDNAR SWIFTERDISC XN, XO_F, XE, XE_PROFI. Řešení pro kvalitní podmítku (Ver. 17082021): prospekt společnosti BEDNAR FMT, s. r. o. – Česká republika, Praha, 2020. – 20 s.
5. Carrier. Впечатляющая универсальность: проспект фирмы Väderstad Holding AB. – Швеция, Ведерштад, 2025. – 48 с.
6. Евченко, А. В. Усовершенствованный дисковый луцильник / А. В. Евченко, И. Д. Кобяков // Сельский механизатор. – 2011. – № 5. – С. 19. – EDN OIMDKH.
7. Полевые исследования работы дисковой бороны-луцильника "Дукат-4" со стойками крепления дисков разной жесткости / С. А. Харченко, А. И. Аникеев, М. А. Циганенко [и др.] // Инженерия природопользования. – 2017. – № 1(7). – С. 58-62. – EDN VGKOEf.
8. Хорев, П. Н. Анализ конструкций выравнивающих рабочих органов современных культиваторов / П. Н. Хорев, М. А. Терехин, А. В. Яшин // Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы: Сборник статей XX Международной научно-практической конференции, Пенза, 15–16 октября 2025 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2025. – С. 548-552. – EDN OVIQOF.
9. Терехин, М. А. Повышение эффективности работы дискового луцильника Farmet Softer 6 PS / М. А. Терехин, А. В. Яшин, В. В. Шумаев // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2025. – № 4(53). – С. 115-122. – EDN RTSPGQ.

10. Хахулин, Л. С. Влияние угла атаки рабочих органов дискатора на износ дисков и качество обработки почвы / Л. С. Хахулин, С. Г. Саламатин, А. Е. Литвинов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2025. – № 3. – С. 315-326. – DOI 10.24412/2071-6168-2025-3-315-316. – EDN TOLTGL.

DEVELOPMENT OF A DISC STUBBLE CULTIVATOR

M.A. Terekhin¹, A.V. Yashin², P.N. Khorev²

¹ JSC Radiozavod,
Penza, Russia

² Penza State Agricultural University,
Penza, Russia

The article considers the purpose of disc stubble cultivators, their hitching schemes and layout solutions. It provides an overview of modern disc working elements, methods of their attachment to the frame, and design variants. The design of the developed disc stubble cultivator with a working width of 6 m and a transport width of 3 m is presented; it features butterfly-type folding, an X-shaped arrangement of working elements, a spring leveller battery instead of a traditional roller, and a rear attachment device for assembling combined units. The technological process of the machine operation is described, and the advantages of the developed design over analogues are shown.

Keywords: disc stubble cultivator, stubble cultivation, disc working element, X-Precise, spring leveller, tillage depth, butterfly folding.

УДК 631.5:631.15

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ БОБОВО-МЯТЛИКОВЫХ СМЕСЕЙ

О.А. Тимошкин, О.Ю. Тимошкина

*Федеральный научный центр лубяных культур,
г. Тверь, Россия*

Исследования по разработке технологии создания поливидовых бобово-злаковых агрофитоценозов для сенокосного использования и изучению эффективности их возделывания после трех лет пользования проводили в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья. Установлено, что наибольший коэффициент энергетической эффективности – 6,7 и 6,5 был получен в смесях донник + эспарцет + кострец, донник + люцерна + кострец при норме высева донника 40% от полной.

Ключевые слова: многолетние травы, смеси, норма высева, энергетическая эффективность.

Создание высокопродуктивных многокомпонентных кормовых агрофитоценозов – сложная и многогранная проблема, связанная с необходимостью решения множества теоретических и практических задач. Главным условием для создания высокопродуктивных смешанных травостоев является подбор видов многолетних трав, при котором бобовые и мятликовые компоненты положительно влияют на повышение продуктивности, качества корма и эффективность возделывания в травосмесях [1, 2, 3].

Исследования с целью повышения эффективности возделывания многолетних смесей необходимо сосредоточить на оптимизации состава укосного конвейера благодаря подбору разнопоспевающих травосмесей с использованием сортов трав нового поколения, режима использования, состава летнего рациона для высокопродуктивных коров и некоторых других условий [4, 5].

В рамках стратегии интенсификации сельского хозяйства и кормопроизводства, в частности, энергетический анализ технологии создания и использования многолетних агрофитоценозов особенно важен, так как позволяет определить важнейшие подходы и пути повышения их биоэнергетической эффективности [6, 7, 8].

Материалы и методы. Научные исследования проведены в двухфакторном полевом опыте 3-х лет пользования.

Схема опыта включала изучение двух факторов:

фактор А – состав смеси: 1) донник + люцерна + кострец (контроль); 2) донник + эспарцет + кострец; 3) донник + козлятник + кострец; 4) донник + клевер + кострец;

фактор В – норма высева донника (% от нормы высева в чистом виде): 1) 40%; 2) 60%; 3) 80%.

Бобовые компоненты (клевер, козлятник, люцерна, эспарцет) и кострец высевались в соотношении 60+60% от нормы высева в чистом виде.

Площадь делянки 1-го порядка 63 м², 2-го порядка – 21 м², повторность 4-х кратная.

Норма высева в чистом виде (млн. всхожих семян на 1 га): донник – 7 млн., люцерна – 8 млн., эспарцет – 6 млн., козлятник – 4 млн., клевер – 8 млн., кострец – 6 млн.; способ посева – рядовой на 15 см (размещение культур – черезрядное).

Объекты исследований: люцерна изменчивая Дарья, донник волосистый Солнышко, эспарцет песчаный Петушок, козлятник восточный Магистр, клевер луговой Пеликан, кострец безостый Удалец.

Закладку полевых опытов, сопутствующие наблюдения, учёты проводили в соответствии с Методикой проведения исследований с кормовыми культурами (ВИК, 1987).

В кормопроизводстве наиболее оптимальной агроэкономической оценкой технологий производства кормов считается универсальный энергетический показатель – отношение аккумулированной энергии в продукции к затраченной на его получение. В любых экономических ситуациях это дает возможность очень точно учесть и показать прямые затраты энергии на технологию и энергию, воплощенную в средства производства и произведенной продукции.

Проведенный на основе этого анализ оценивает результативность технологии выращивания многолетних бобово-злаковых смесей с точки зрения использования главного ресурса – энергии.

Затраты совокупной энергии на выращивание зеленой массы смесей считали, основываясь на типовые нормы выработки, технологические карты, затраты горючего, минеральные удобрения, энергетические эквиваленты использования сельскохозяйственной техники, трудовые ресурсы.

Анализ энергетической эффективности возделывания агрофитоценозов многолетних бобово-злаковых смесей для заготовки зеленых кормов в среднем за 3 года пользования показал, что затраты энергии на возделывание смесей были схожими и варьировали в пределах от 16,29 до 16,74 ГДж/га (табл.).

Количество обменной энергии, полученной с урожаем, зависело от сбора сухого вещества и его энергонасыщенности. В результате лучшие показатели сбора обменной энергии в среднем за год закладки и три года пользования получили в смеси донник + эспарцет + кострец – 111,7-124,3 ГДж/га, на втором месте была смесь донник + люцерна + кострец с показателями – 111,7-124,3 ГДж/га. Минимальным сбором обменной энергии отличалась смесь донник + клевер + кострец – 99,6-111,2 ГДж/га.

По фактору В (норма высева донника) более высокий сбор обменной энергии получили при минимальной норме высева донника – 40% от полной. В вариантах с наибольшим выходом обменной энергии с урожаем получили и минимальную себестоимость 1 тыс. корм. ед.: в смесях донник + эспарцет + кострец – 1,58 ГДж/тыс. корм. ед. и донник + люцерна + кострец – 1,63 ГДж/тыс. корм. ед.

Учитывая достаточно близкие показатели по затраченной на возделывание обменной энергии, условный чистый доход зависел в основном от полученной с урожаем обменной энергии. Поэтому наибольший чистый энергетический доход получен в смесях донник + эспарцет + кострец – 98,1-112,0 ГДж/га и донник + люцерна + кострец – 95,3-107,7 ГДж/га. В зависимости от нормы высева донника (фактор В) лучшие показатели получили при его норме высева 40% от полной.

В смесях донник + эспарцет + кострец, донник + люцерна + кострец и норме высева донника 40% от полной был получен наибольший коэффициент энергетической эффективности – 6,66 и 6,47. Остальные смеси и более высокие нормы высева донника снижали энергетическую эффективность возделывания.

Таблица 1 – Энергетическая эффективность возделывания агрофитоценозов многолетних бобово-злаковых смесей в среднем за годы пользования (2022-2025 гг.)

Фактор А - смесь	Фактор В - норма высева донника, % от полной	Затрачено энергии, ГДж/га	Получено ОЭ с урожаем, ГДж/га	Себестоимость 1 т корм. ед., ГДж	Условный чистый энергетический доход, ГДж/га	КЭЭ
Донник + люцерна + костреч	40	16,68	124,3	1,63	107,7	6,47
	60	16,54	114,1	1,77	97,6	5,93
	80	16,46	111,7	1,82	95,3	5,82
Донник + эспарцет + костреч	40	16,74	128,7	1,58	112,0	6,66
	60	16,58	116,7	1,72	100,1	6,04
	80	16,47	114,6	1,74	98,1	5,97
Донник + козлятник + костреч	40	16,62	120,3	1,72	103,7	6,17
	60	16,42	108,7	1,83	92,3	5,59
	80	16,29	100,6	1,95	84,3	5,17
Донник + клевер + костреч	40	16,48	111,2	1,79	94,7	5,76
	60	16,36	101,6	1,97	85,2	5,24
	80	16,30	99,6	2,02	83,3	5,14

В среднем по всем смесям затраты энергии составили 16,50 ГДж/га, с урожаем было получено 112,7 ГДж/га обменной энергии, при себестоимости 1 тыс. кормовых единиц 1,79 ГДж и коэффициенте энергетической эффективности 5,83 единиц.

Закключение. Таким образом, в среднем за три года возделывания многолетних бобово-мятликовых смесей наибольший коэффициент энергетической эффективности – 6,66 и 6,47 был получен в смесях донник + эспарцет + костреч, донник + люцерна + костреч при норме высева донника 40% от полной.

Список использованных источников

1. Кутузова А. А., Тебердиев Д. М., Привалова К. Н., Родионова А. В., Проворная Е. Е., Жезмер Н. В. Основные направления развития лугового

кормопроизводства в России. Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32.– №2.–С. 17–20. EDN: YVJGZD

2. Иванов А.А., Столярова О.А., Решеткина Ю.В., Шатова А.В. Современное состояние и перспективы развития мясного скотоводства в условиях лесостепной зоны на примере Пензенской области. Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2021. Т.7.–№3 (27).–С.227-236. EDN: YGNZWS

3. Нелюбина Ж.С., Касаткина Н.И., Файзуллин Р.А. Кормовая продуктивность одно- и поливидовых агрофитоценозов многолетних трав в Среднем Предуралье // Кормопроизводство. 2025.– № 1.– С. 11-16. EDN: NGHLEI

4. Касаткина Н.И., Нелюбина Ж.С. Продуктивность и питательная ценность многолетних злаковых трав в Среднем Предуралье // Аграрная наука Северо-Востока. 2024. Т. 25.– № 2.– С. 227-235. EDN: BGUFSW

5. Тимошкин О.А., Тимошкина О.Ю. Многолетние смеси для высокопродуктивного кормопроизводства в условиях лесостепи Среднего Поволжья: монография. – Пенза: ПГАУ, 2024.–210 с. EDN: LKJPMQ

6. Козлова Л.М., Свечников А.К. Биоэнергетическая эффективность фитоагроценозов при возделывании многолетних бобово-злаковых трав. Земледелие. 2022. №1.–С.14-19. EDN: HFUGCY

7. Образцов В.Н., Кадыров С.В., Савчинская Н.С. Эффективность возделывания многолетних бобово-злаковых травосмесей на территории центрально-черноземного региона // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2024. Т. 17.–№ 3 (82).– С. 12-18. EDN: TNTPYA

8. Тимошкин О.А. Урожайность и биологическая эффективность возделывания смешанных посевов люцерны изменчивой и костреца безостого. Достижения науки и техники АПК. 2022. Т.36.–№7.–С.12-18. EDN: ХКРҮНL

EFFICIENCY OF CULTIVATION OF LEGUM-MINTGRASS MIXTURES

O.A. Timoshkin, O.Yu. Timoshkina

*Federal Scientific Center of Bast Crops,
Tver, Russia*

Research into the development of a technology for creating polyspecific legume-cereal agrophytocenoses for haymaking and studying their cultivation efficiency after three years of use was conducted in the forest-steppe zone of the Middle Volga region. It was found that the highest energy efficiency ratios (6.7 and 6.5) were obtained in mixtures of sweet clover + sainfoin + brome, and sweet clover + alfalfa + brome, with a sweet clover seeding rate of 40% of the total.

Keywords: perennial grasses, mixtures, seeding rates, energy efficiency.

ГИБРИДНЫЙ ПОДХОД: СВЕРТОЧНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ И МАШИНЫ ОПОРНЫХ ВЕКТОРОВ (CNN-SVM) ДЛЯ ДЕТЕКЦИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Ю.В. Усманова, С.А. Швидченко

*Донской государственный технический университет,
г. Ростов-на-Дону, Россия*

В статье исследуется гибридная модель, в которой сверточная нейронная сеть (CNN) используется для автоматического извлечения ключевых признаков из изображений листьев, а машина опорных векторов (SVM) выступает в роли классификатора. Анализируется, может ли такой подход повысить точность и устойчивость диагностики по сравнению с использованием одного лишь CNN, особенно при работе с ограниченными и несбалансированными выборками. Рассматриваются архитектурные особенности гибридной модели, преимущества комбинирования глубокого обучения и классических методов машинного обучения, а также условия, при которых применение CNN-SVM является наиболее оправданным.

Ключевые слова: гибридная модель, CNN-SVM, сверточные нейронные сети, машина опорных векторов, извлечение признаков, классификация изображений, болезни яблонь, несбалансированные выборки, устойчивость алгоритмов.

Современные системы автоматической диагностики болезней растений на основе компьютерного зрения преимущественно строятся на архитектурах глубоких нейронных сетей. Сверточные нейронные сети (Convolutional Neural Networks, CNN) зарекомендовали себя как мощный инструмент для извлечения иерархических признаков из изображений, достигая высокой точности классификации на различных наборах данных. Однако практическое применение CNN в агропромышленном комплексе сталкивается с рядом ограничений, связанных с необходимостью больших объемов размеченных данных, высокой вычислительной сложностью обучения и чувствительностью к дисбалансу классов. В реальных условиях сельскохозяйственного производства часто встречаются ситуации, когда количество изображений здоровых растений значительно превышает число примеров пораженных экземпляров, что приводит к смещению модели в сторону доминирующего класса и снижению точности выявления редких, но экономически значимых заболеваний.

В этой связи особый интерес представляет гибридный подход, сочетающий сильные стороны глубокого обучения и классических методов машинного обучения. Одной из наиболее перспективных гибридных моделей является комбинация сверточной нейронной сети и машины опорных векторов (Support Vector Machine, SVM). В такой архитектуре CNN выполняет функцию

автоматического экстрактора признаков, преобразуя входное изображение в компактный векторный дескриптор высокого уровня, который затем подается на вход SVM для выполнения финальной классификации. Данный подход позволяет использовать мощный аппарат глубокого обучения для выделения информативных признаков, не требующих ручного проектирования, и одновременно применять классификатор, обладающий высокой обобщающей способностью и устойчивостью к переобучению при работе с малыми и несбалансированными выборками.

Машина опорных векторов, предложенная Вапником и Червоненкисом, представляет собой классический алгоритм машинного обучения, основанный на теории статистического обучения. Основная идея SVM заключается в построении оптимальной разделяющей гиперплоскости в пространстве признаков, которая максимизирует расстояние до ближайших точек обучающей выборки (опорных векторов) из разных классов. Для решения нелинейных задач классификации SVM использует трюк с ядром (kernel trick), который позволяет отобразить исходное пространство признаков в пространство более высокой размерности, где данные становятся линейно разделимыми. Данная особенность делает SVM особенно эффективным при работе с компактными и хорошо структурированными векторными представлениями, которые формируются на выходе сверточной сети.

Архитектура гибридной модели CNN-SVM строится следующим образом. На первом этапе выбирается базовая архитектура сверточной сети, например VGG-16, ResNet-50 или DenseNet-121, предварительно обученная на крупномасштабном датасете ImageNet. Затем из сети удаляется последний полносвязный слой с функцией активации softmax, и выход последнего сверточного или объединяющего слоя (global average pooling) используется для получения вектора признаков фиксированной длины. Этот вектор, представляющий собой компактное и информативное описание входного изображения, подается на вход SVM-классификатора, который обучается на целевой выборке. Важно отметить, что при использовании гибридного подхода возможно как замораживание весов сверточной сети (использование предобученной модели в качестве фиксированного экстрактора), так и их тонкая настройка (fine-tuning) для адаптации к специфике целевой задачи.

Ключевым преимуществом гибридной модели CNN-SVM является повышенная устойчивость к проблеме переобучения, особенно актуальной при работе с ограниченными размеченными выборками. Традиционные CNN с полносвязным классификатором имеют большое количество обучаемых параметров, что при недостатке данных приводит к запоминанию моделью обучающей выборки и потере способности к обобщению. SVM, напротив, благодаря своей теоретической основе, ориентированной на минимизацию структурного риска, демонстрирует более высокую обобщающую способность на малых выборках. Кроме того, SVM позволяет эффективно работать с несбалансированными данными за счет использования различных стратегий взвешивания классов, что критически важно при диагностике редких болезней растений.

Эмпирические исследования, проведенные на наборах данных PlantVillage и других специализированных датасетах, подтверждают эффективность гибридного подхода. Сравнительные эксперименты показывают, что CNN-SVM модели часто превосходят стандартные CNN по точности классификации, особенно на сложных, зашумленных изображениях и при ограниченном объеме обучающей выборки. Так, на датасетах, содержащих изображения болезней яблонь, точность гибридной модели на 2-4 процентных пункта превышает показатели стандартной CNN при использовании той же архитектуры экстрактора признаков. При этом наибольший прирост точности наблюдается именно на сложных классах с малым количеством примеров, что делает CNN-SVM предпочтительным выбором для практического применения в реальных условиях.

Важным преимуществом гибридного подхода является также его эффективность с точки зрения вычислительных ресурсов. Как правило, извлечение признаков с помощью предварительно обученной CNN является наиболее вычислительно затратным этапом, который выполняется однократно для всей обучающей выборки. После этого обучение SVM-классификатора происходит значительно быстрее и требует гораздо меньше вычислительных ресурсов по сравнению с обучением полносвязных слоев CNN. Это особенно актуально в ситуациях, когда требуется быстрое дообучение модели при поступлении новых данных или адаптация к новым классам заболеваний без необходимости полного переобучения всей сети.

Вместе с тем, гибридный подход имеет и определенные ограничения. Основным из них является то, что качество классификации в значительной степени зависит от того, насколько хорошо вектор признаков, извлекаемый CNN, отражает диагностически значимую информацию о заболевании. Если экстрактор признаков был обучен на данных, существенно отличающихся от целевой задачи, извлекаемые признаки могут быть недостаточно информативными, что ограничит эффективность SVM. Кроме того, выбор ядра SVM и настройка его гиперпараметров требует дополнительных вычислительных экспериментов, что может усложнить процесс обучения модели. Однако, как показывает практика, использование радиального базисного ядра (Radial Basis Function, RBF) с оптимизацией гиперпараметров по сетке (grid search) позволяет достичь высоких результатов на широком спектре задач.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что гибридный подход CNN-SVM является эффективным и перспективным решением для задач детекции болезней яблоневых деревьев по изображениям. Комбинирование глубоких сверточных сетей, автоматически извлекающих богатые иерархические признаки, и машин опорных векторов, обладающих высокой обобщающей способностью и устойчивостью к дисбалансу классов, позволяет достичь более высокой точности и надежности диагностики по сравнению с использованием одного лишь CNN. Гибридные модели особенно эффективны в условиях ограниченных и несбалансированных выборок, что часто встречается в реальной практике сельскохозяйственной фитопатологии. Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на разработку методов совместного обучения CNN и

SVM, оптимизацию архитектуры гибридных моделей для конкретных задач, а также на создание специализированных ядер SVM, учитывающих специфику пространственной структуры поражений растений, что позволит еще более повысить точность и устойчивость автоматизированных систем диагностики.

Список использованных источников

1. Шереужева М.А., Шереужев М.А., Альбекова З.М. Использование сверточных нейронных сетей для задач автоматического обнаружения заболеваний // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2023. № 5 (115). С. 41-51.
2. Андрейченко В.С. Машинное обучение для распознавания болезней растений // Прикладная математика: современные проблемы математики, информатики и моделирования. Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых. Краснодар, 2024. С. 169-171.
3. Пестунов И.А., Калашников Р.А., Овчарова Н.В. Гибридный алгоритм автоматического подсчета растений кукурузы по RGB-изображениям с БПЛА на основе комбинации методов компьютерного зрения и машинного обучения // Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов (SDM-2025). Сборник трудов X Всероссийской конференции с международным участием, посвященной памяти А Hybrid Explainable Deep Learning and Spectral-Texture Ensemble Approach for Tomato Leaf Disease Diagnosis академика Ю.И. Шокина. Новосибирск, 2025. С. 143-146.
4. Buchke Pratik, Mayuri A.V.R. A Hybrid Explainable Deep Learning and Spectral-Texture Ensemble Approach for Tomato Leaf Disease Diagnosis // Engineering Technologies and Systems. 2026. Т. 36. № 1. С. 97-113.

HYBRID APPROACH: CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS AND SUPPORT VECTOR MACHINES (CNN-SVM) FOR DISEASE DETECTION

Y.V. Usmanova, S.A. Shvidchenko

*Don State Technical University,
Rostov-on-Don, Russia*

The article investigates a hybrid model in which a convolutional neural network (CNN) is used for automatic feature extraction from leaf images, and a support vector machine (SVM) acts as a classifier. The study analyzes whether this approach can improve the accuracy and robustness of diagnostics compared to using CNN alone, especially when working with limited and imbalanced datasets. The architectural features of the hybrid model, the advantages of combining deep learning and classical machine learning methods, as well as the conditions under which the use of CNN-SVM is most justified are considered.

Keywords: hybrid model, CNN-SVM, convolutional neural networks, support vector machines, feature extraction, image classification, apple diseases, imbalanced datasets, algorithm robustness.

ЛЕГКОВЕСНЫЕ МОДЕЛИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ МОБИЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ БОЛЕЗНЕЙ ЯБЛОНЬ

Ю.В. Усманова, С.А. Швидченко

*Донской государственный технический университет,
г. Ростов-на-Дону, Россия*

В статье рассматривается проблема развертывания систем распознавания заболеваний яблоневых деревьев непосредственно в полевых условиях на мобильных устройствах или беспилотных летательных аппаратах с ограниченными вычислительными ресурсами. Анализируются методы сжатия моделей глубокого обучения, включая пранинг, квантизацию и дистилляцию знаний, а также использование легковесных архитектур, таких как MobileNet и YOLOv8n. Приводится анализ соотношения точности и скорости работы моделей на примере вычислительных платформ Jetson Nano и Raspberry Pi. Обосновывается выбор оптимальных архитектур для практического применения в агропромышленном комплексе.

Ключевые слова: легковесные нейронные сети, мобильная диагностика, сжатие моделей, пранинг, квантизация, дистилляция знаний, MobileNet, YOLOv8n, Jetson Nano, болезни яблонь.

Современные системы компьютерного зрения на основе глубоких нейронных сетей демонстрируют высокую точность в задачах распознавания болезней растений по изображениям. Однако практическое применение таких систем в агропромышленном комплексе сталкивается с серьезным препятствием: большинство высокоточных моделей имеют миллионы параметров и требуют значительных вычислительных ресурсов, что делает их непригодными для развертывания на мобильных устройствах, смартфонах и беспилотных летательных аппаратах (БПЛА), которые широко используются для мониторинга сельскохозяйственных угодий. В полевых условиях критически важными становятся не только точность диагностики, но и скорость обработки изображений, энергопотребление и возможность работы в автономном режиме без постоянного доступа к облачным вычислительным ресурсам.

В этой связи особую актуальность приобретает разработка и применение легковесных моделей нейронных сетей, специально спроектированных для работы в условиях ограниченных вычислительных ресурсов. К таким моделям относятся, прежде всего, архитектуры, оптимизированные по количеству параметров и вычислительной сложности, такие как семейство MobileNet, а также методы сжатия уже обученных моделей, позволяющие существенно уменьшить их размер без критической потери точности. Выбор правильной стратегии разработки легковесной модели определяется не только требованиями к точности, но

и характеристиками целевой аппаратной платформы, условиями эксплуатации и допустимой задержкой обработки одного кадра.

Семейство архитектур MobileNet, разработанное компанией Google, представляет собой наиболее известный пример легковесных сверточных нейронных сетей для мобильных устройств. Ключевым нововведением, лежащим в основе MobileNet, является использование глубинных разделяемых сверток (depthwise separable convolutions), которые заменяют стандартные свертки на комбинацию глубинной свертки (применяемой отдельно к каждому каналу) и точечной свертки (свертки 1x1, объединяющей каналы). Такое архитектурное решение позволяет сократить вычислительную сложность и количество параметров модели в 8-10 раз по сравнению с классическими сверточными сетями при незначительной потере точности. Различные версии MobileNet (V1, V2, V3) предлагают компромисс между скоростью и точностью, позволяя разработчику выбирать оптимальный вариант для конкретной задачи. Для распознавания болезней яблонь MobileNetV2 демонстрирует точность, сопоставимую с более тяжелыми моделями, при этом работая в реальном времени даже на маломощных устройствах.

В задачах детекции объектов, где требуется не только классифицировать наличие заболевания на изображении, но и локализовать пораженные участки на листе, широкое применение получила архитектура YOLO (You Only Look Once), в частности ее легковесная версия YOLOv8n (nano). Данная модель представляет собой однократную систему детекции, которая обрабатывает изображение за один проход через сеть, обеспечивая высокую скорость работы, критическую для обработки видеопотока с дронов в реальном времени. YOLOv8n содержит значительно меньше параметров по сравнению с полноразмерными версиями (YOLOv8l, YOLOv8x), что позволяет развертывать ее на платформах с ограниченными вычислительными ресурсами. При этом модель сохраняет достаточную точность для идентификации характерных симптомов заболеваний яблонь, таких как пятнистость, некроз и деформация листовой пластины.

Наряду с использованием изначально легковесных архитектур, широкое распространение получили методы сжатия уже обученных моделей, позволяющие уменьшить их размер и ускорить инференс без полного переобучения. К числу таких методов относится пранинг (pruning), который заключается в удалении из сети наименее значимых весов или целых нейронов, оказывающих минимальное влияние на выход модели. Данный подход позволяет сократить количество параметров на 30-50% без существенной потери точности, что особенно эффективно для сильно избыточных архитектур, таких как ResNet или VGG.

Дистилляция знаний (knowledge distillation) представляет собой метод сжатия, при котором компактная студенческая модель обучается воспроизводить выходы большой и точной учительской модели. Студент обучается не на жестких метках классов, а на распределении вероятностей, генерируемых учителем, что позволяет передать более богатую информацию о структуре данных. Данный подход часто используется для создания эффективных мобильных версий моделей, сохраняющих до 95-97% точности исходной сети. Для задач распознавания

болезней яблонь дистилляция знаний позволяет создать легковесную модель, которая на мобильном устройстве достигает точности, сравнимой с тяжелой моделью, работающей на сервере.

Квантизация (quantization) является одним из наиболее эффективных методов сжатия, заключающимся в уменьшении разрядности представления весов и активаций модели. Вместо 32-битных чисел с плавающей точкой используются 8-битные целые числа или даже 1-битные веса (бинарные сети). Квантизация позволяет сократить размер модели в 4 раза и более, а также значительно ускорить вычисления за счет использования аппаратно-оптимизированных целочисленных инструкций процессора. Для большинства задач распознавания болезней растений посттренировочная квантизация (post-training quantization) демонстрирует потерю точности в пределах 1-2%, что является приемлемым для практического применения.

Выбор платформы для развертывания легковесной модели определяется конкретными условиями эксплуатации системы. Одной из наиболее популярных платформ для полевых исследований является Jetson Nano от NVIDIA – модуль с графическим процессором, специально разработанный для работы с нейронными сетями на периферии (edge AI). Jetson Nano обеспечивает производительность до 472 GFLOPS при потребляемой мощности около 10 Вт, что позволяет выполнять инференс легковесных моделей, таких как MobileNetV2 или YOLOv8n, со скоростью 30-60 кадров в секунду. Это достаточно для обработки видеопотока с дрона в реальном времени. Для еще более маломощных устройств, таких как Raspberry Pi, оптимальным выбором становятся модели с квантизацией или модели MobileNetV2, обеспечивающие скорость обработки 10-15 кадров в секунду при сохранении приемлемой точности.

Экспериментальные исследования, проведенные на наборах изображений болезней яблонь, показывают, что выбор оптимальной легковесной модели представляет собой задачу многокритериальной оптимизации. Так, MobileNetV2 в стандартной конфигурации достигает точности около 92-94% при скорости обработки на Jetson Nano 45-50 кадров в секунду. Применение квантизации позволяет увеличить скорость до 70-80 кадров в секунду при снижении точности до 90-92%. YOLOv8n демонстрирует немного меньшую точность детекции (около 88-90%), но обеспечивает скорость обработки до 35-40 кадров в секунду с возможностью локализации пораженных участков. Выбор конкретной модели определяется требованиями конкретного хозяйства: для массового мониторинга полей с дронов предпочтительнее более высокая скорость, а для диагностики на уровне отдельных растений – более высокая точность.

Важным практическим аспектом является также возможность применения комбинированных подходов, при которых легковесная модель используется на этапе фильтрации для быстрого выделения потенциально пораженных листьев, а более тяжелая и точная модель запускается в облаке для окончательной верификации. Такая двухступенчатая архитектура позволяет существенно сократить объем данных, передаваемых на сервер, и снизить нагрузку на мобильное устройство, сохраняя при этом высокую общую точность диагностики.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что легковесные нейросетевые модели представляют собой эффективное и практически реализуемое

решение для мобильной диагностики болезней яблонь в полевых условиях. Архитектуры MobileNet и YOLOv8n, а также методы сжатия моделей, включая прунинг, квантизацию и дистилляцию знаний, позволяют создавать системы, способные работать в реальном времени на таких платформах, как Jetson Nano и Raspberry Pi. Выбор конкретной архитектуры и методов сжатия должен определяться балансом между требуемой точностью диагностики, доступными вычислительными ресурсами и условиями эксплуатации. Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на разработку специализированных легковесных архитектур, учитывающих особенности визуальных проявлений болезней яблонь, создание эффективных методов адаптивного сжатия, а также на разработку методик гибридного развертывания, сочетающих обработку на периферии и в облаке, что позволит создать комплексные системы мониторинга здоровья садов для широкого внедрения в практику сельскохозяйственного производства.

Список использованных источников.

1. Дорошенко А.В., Мясникова М.Г. Нейросетевая модель для идентификации болезней растений // Проблемы автоматизации и управления в технических системах: сборник научных статей XXXV Всероссийской научно-технической конференции. – Пенза: ПГУ, 2023.
2. Бабкина А.В., Пучкова О.С., Торопцев В.В. Интеграция интернета вещей и облачных сервисов в системе интеллектуального садоводства // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2025. – № 3 (37). – С. 119–128.
3. Темроков А.З., Бжихатлов К.Ч. Интеллектуальная рекомендательная система для защиты яблоневых садов в Кабардино-Балкарской Республике // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2025. – Т. 27, № 2. – С. 23–36.
4. Красовская Л.В., Пчелинцева С.В., Ковшова М.В. Использование сверточных нейронных сетей в деятельности сельхозпредприятий // Техника и оборудование для села. – 2024. – № 7 (325).
5. Феоктистов В.С., Карпов А.А. Использование модели YOLOv8 в классификации и детектировании заболеваний сельскохозяйственных культур // Сборник научных трудов. – 2024.

LIGHTWEIGHT NEURAL NETWORK MODELS FOR MOBILE DIAGNOSTICS OF APPLE DISEASES

Y.V. Usmanova, S.A. Shvidchenko

*Don State Technical University,
Rostov-on-Don, Russia*

The article addresses the problem of deploying disease recognition systems directly in field conditions on mobile devices or unmanned aerial vehicles with limited computational resources. Methods of model compression, including pruning, quantization, and knowledge distillation, as well as the use of lightweight architectures such

as MobileNet and YOLOv8n, are analyzed. The analysis of the trade-off between accuracy and inference speed of models is presented using the examples of Jetson Nano and other computing platforms. The choice of optimal architectures for practical application in the agro-industrial complex is substantiated.

Keywords: lightweight neural networks, mobile diagnostics, model compression, pruning, quantization, knowledge distillation, MobileNet, YOLOv8n, Jetson Nano, apple diseases.

УДК 631.15.01

МУЛЬТИМОДАЛЬНЫЙ ПОДХОД: ИНТЕГРАЦИЯ ВИЗУАЛЬНЫХ ДАННЫХ И СЕНСОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ АНАЛИЗА БОЛЕЗНЕЙ ЯБЛОНЬ

Ю.В. Усманова, С.А. Швидченко

*Донской государственный технический университет,
г. Ростов-на-Дону, Россия*

В статье рассматривается продвинутый подход к диагностике болезней яблоневых деревьев, сочетающий анализ изображений с данными с внешних датчиков, включающих показатели температуры, влажности, освещенности и других агроклиматических параметров. Показано, как мультимодальные трансформеры могут использовать эту разнородную информацию для повышения точности сегментации пораженных участков и оценки серьезности заболевания. Обосновывается, что интеграция визуальных и сенсорных данных является шагом к созданию интеллектуальных систем поддержки принятия решений в садоводстве, способных учитывать комплекс факторов, влияющих на развитие болезней.

Ключевые слова: мультимодальный подход, интеграция данных, визуальные данные, сенсорная информация, мультимодальные трансформеры, диагностика болезней яблонь, интеллектуальные системы поддержки решений, садоводство, агроклиматические параметры.

Современные системы автоматической диагностики болезней растений преимущественно строятся на анализе одного типа данных – визуальных изображений, полученных с помощью камер. Данный подход, основанный на использовании глубоких нейронных сетей, достиг значительных успехов в лабораторных условиях, однако его эффективность в реальной практике сельскохозяйственного производства ограничена. Развитие болезней растений зависит от комплексного взаимодействия множества факторов, включая патогенную нагрузку, физиологическое состояние растения и внешние условия окружающей среды. Изолированный анализ только визуальных признаков не позволяет в полной мере учесть динамику развития заболевания, оценить его серьезность и

спрогнозировать дальнейшее распространение. В этой связи особую актуальность приобретает мультимодальный подход, интегрирующий разнородные источники данных для более глубокого и всестороннего анализа состояния растений.

Под мультимодальным подходом в контексте диагностики болезней растений понимается совместное использование визуальных данных (изображений листьев, плодов и других частей растения) и сенсорной информации, получаемой с различных датчиков в реальном времени. К числу таких сенсорных данных относятся агроклиматические параметры (температура воздуха и почвы, относительная влажность, осадки, скорость ветра, уровень солнечной радиации), показатели состояния почвы (рН, содержание органических веществ, влажность, электропроводность), а также данные о предыдущих обработках растений и истории заболеваний на конкретном участке. Интеграция этих разнородных данных позволяет создать более полную картину состояния агроэкосистемы и повысить точность диагностики заболеваний.

Развитие технологий сбора данных в сельском хозяйстве создало предпосылки для практической реализации мультимодального подхода. Современные системы точного земледелия (*precision agriculture*) включают разветвленные сети датчиков, установленных непосредственно в садах и на полях, а также метеостанции, предоставляющие высокоточные агроклиматические данные в режиме реального времени. Беспилотные летательные аппараты и наземные роботизированные платформы оснащаются мультиспектральными камерами, тепловизорами и лидарами, позволяющими получать разнообразные визуальные данные. Спутниковые системы дистанционного зондирования Земли предоставляют интегральную информацию о состоянии больших территорий. Все эти источники данных могут быть объединены в единую информационную систему для комплексного анализа.

Технической основой для реализации мультимодального подхода в задачах машинного обучения являются мультимодальные трансформеры – архитектуры, основанные на механизме само-внимания и способные обрабатывать данные различных модальностей в едином пространстве представлений. В отличие от традиционных моделей, обрабатывающих каждый тип данных изолированно, мультимодальные трансформеры позволяют устанавливать взаимосвязи между признаками различных модальностей, что является ключевым условием для извлечения комплексных закономерностей. В контексте диагностики болезней растений это означает, что модель одновременно рассматривает визуальные признаки поражения (цвет, текстура, форма пятен) и агроклиматические параметры, определяющие условия для развития патогена, и на основе их совместного анализа принимает решение о наличии и серьезности заболевания.

Архитектура мультимодального трансформера строится следующим образом. На первом этапе данные каждой модальности обрабатываются отдельными энкодерами. Визуальные данные (изображения) преобразуются в последовательность патчей и пропускаются через сверточный или трансформерный визуальный энкодер. Сенсорные данные (температура, влажность и другие параметры) нормализуются и преобразуются в вектор числовых признаков, который затем пропускается через сенсорный энкодер, состоящий из полносвязных слоев или

трансформера с временной разверткой для учета динамики измерений. На втором этапе полученные представления разных модальностей объединяются и подаются на вход кросс-модального трансформера, который вычисляет взаимосвязи между визуальными и сенсорными признаками с использованием механизма кросс-внимания (cross-attention). На выходе формируется мультимодальное представление, которое используется для финальной классификации, сегментации или оценки серьезности заболевания.

Ключевым преимуществом мультимодального подхода является возможность повышения точности сегментации пораженных участков на изображениях. Традиционные модели сегментации основываются исключительно на визуальных признаках, что при наличии фонового шума, изменчивости освещения или сходстве симптомов разных заболеваний может приводить к ошибкам. Мультимодальный подход позволяет учитывать дополнительную контекстную информацию: если визуальный признак, интерпретируемый как поражение, коррелирует с условиями, благоприятными для развития конкретного заболевания, уверенность модели в правильности сегментации возрастает. Так, высокая влажность и температура в сочетании с характерными пятнами на листьях с высокой вероятностью указывают на развитие грибкового заболевания, что повышает точность выделения пораженной области и снижает вероятность ложноположительных срабатываний.

Не менее важным преимуществом мультимодального подхода является возможность оценки серьезности заболевания и прогнозирования его дальнейшего развития. Традиционные системы диагностики на основе визуального анализа позволяют лишь констатировать наличие заболевания в текущий момент времени. Мультимодальная система, учитывающая агроклиматические параметры и их динамику, может оценить, насколько благоприятны текущие условия для распространения патогена, и на основе этого прогнозировать скорость развития болезни. Например, если при обнаружении начальных признаков заболевания температура и влажность создают благоприятные условия для патогена, модель может оценить риск быстрого распространения и рекомендовать срочное проведение защитных мероприятий. Такой прогностический потенциал имеет важное практическое значение для планирования агротехнических мероприятий.

Эмпирические исследования, проведенные на пилотных проектах в садоводческих хозяйствах, подтверждают эффективность мультимодального подхода. Сравнительные эксперименты показывают, что мультимодальные трансформеры превосходят визуальные модели на 5-8 процентных пунктов по точности классификации и на 8-12 процентных пунктов по точности сегментации пораженных участков. Наибольший прирост точности наблюдается на ранних стадиях развития заболеваний, когда визуальные симптомы выражены слабо, но сенсорные данные уже указывают на благоприятные условия для патогена. Также мультимодальные модели демонстрируют более высокую устойчивость к фоновому шуму и изменчивости условий съемки, поскольку сенсорная информация выступает в роли дополнительного подтверждающего сигнала.

Важной характеристикой мультимодальных систем является их адаптивность к изменяющимся условиям. Обученные модели могут быть адаптированы к конкретным климатическим зонам и типам почв путем включения

соответствующих сенсорных параметров. Кроме того, мультимодальные системы могут накапливать и использовать исторические данные для выявления долгосрочных закономерностей, связанных с сезонными колебаниями, изменением климата и эволюцией патогенов. Это делает их эффективным инструментом для мониторинга здоровья садов в долгосрочной перспективе и позволяет переходить от реактивных мер защиты растений к превентивным стратегиям управления фитосанитарным состоянием агроэкосистем.

Вместе с тем, практическая реализация мультимодальных систем сопряжена с рядом вызовов, требующих дальнейшего исследования. Прежде всего, это проблема синхронизации и выравнивания данных различных модальностей, имеющих разную размерность, структуру и частоту обновления. Визуальные данные могут поступать нерегулярно (при облетах сада дронами), тогда как сенсорные данные часто доступны непрерывно в режиме реального времени. Требуется разработка методов эффективного выравнивания и фьюжн (слияния) таких данных. Кроме того, мультимодальные модели значительно более сложны и требуют больших объемов размеченных данных для обучения, что представляет проблему в условиях ограниченных финансовых и экспертных ресурсов.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что мультимодальный подход, интегрирующий анализ визуальных данных и сенсорной информации, является перспективным направлением развития систем диагностики болезней яблонь. Использование мультимодальных трансформеров позволяет повысить точность классификации и сегментации пораженных участков, оценивать серьезность заболевания и прогнозировать его развитие, а также повысить устойчивость систем к изменчивым условиям съемки. Мультимодальный подход представляет собой шаг к созданию интеллектуальных систем поддержки принятия решений в садоводстве, способных учитывать комплекс факторов, влияющих на развитие болезней, и рекомендовать оптимальные стратегии управления здоровьем растений. Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на разработку эффективных методов выравнивания и фьюжн данных различных модальностей, создание репрезентативных мультимодальных датасетов, содержащих синхронизированные визуальные и сенсорные данные, а также на развитие теоретических основ мультимодального обучения, учитывающих специфику агроэкологических систем, что позволит создать полноценные интеллектуальные системы управления фитосанитарным состоянием садов для широкого внедрения в практику сельскохозяйственного производства.

Список использованных источников.

1. Мясникова М.Г., Дорошенко А.В. Нейросетевая модель для идентификации болезней растений // Сборник научных статей XXXV Всероссийской с международным участием научно-технической конференции, посвященной 80-летию Пензенского государственного университета: в 2 т.. Пенза, 2023. С. 247-252.
2. Галкин А.И. Применение больших данных и нейросетей в точном земледелии для повышения урожайности и устойчивости сельскохозяйственного производства. Аграрная наука. 2025. № 3. С. 150-154.

3. Луценко Е.В., Лойко В.И., Великанова Л.О. Прогнозирование и принятие решений в растениеводстве с применением технологий искусственного интеллекта // Монография (КубГАУ). Краснодар, 2008.

4. Кутырёв А.И., Хорт Д.О., Федоренко В.Ф., Смирнов И.Г., Пупин Д.С. Разработка комплексной системы прогнозирования урожайности плодовых культур на основе мультимодальных данных и ансамбля моделей машинного обучения // Техника и оборудование для села. 2025. № 10 (340). С. 2-8.

MULTIMODAL APPROACH: INTEGRATION OF VISUAL DATA AND SENSOR INFORMATION FOR THE ANALYSIS OF APPLE DISEASES

Y.V. Usmanova, S.A. Shvidchenko

*Don State Technical University,
Rostov-on-Don, Russia*

The article examines an advanced approach to the diagnosis of apple tree diseases, combining image analysis with data from external sensors, including indicators of temperature, humidity, illumination, and other agroclimatic parameters. It is demonstrated how multimodal transformers can utilize this heterogeneous information to improve the accuracy of lesion segmentation and the assessment of disease severity. It is substantiated that the integration of visual and sensor data represents a step towards the creation of intelligent decision support systems in horticulture capable of accounting for the complex of factors influencing disease development.

Keywords: multimodal approach, data integration, visual data, sensor information, multimodal transformers, apple disease diagnosis, intelligent decision support systems, horticulture, agroclimatic parameters.

УДК 631.15.01

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ПОДХОДОВ К ДЕТЕКЦИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЯБЛОНЬ

Ю.В. Усманова, С.А. Швидченко

*Донской государственный технический университет,
г. Ростов-на-Дону, Россия*

В статье рассматриваются современные архитектуры нейронных сетей, применяемые для распознавания болезней яблоневых листьев по изображениям. Анализируются преимущества и ограничения таких моделей, как сверточные нейронные сети (ResNet, EfficientNet) и трансформеры (Vision Transformer), а также гибридные подходы, сочетающие сверточные сети и машины опорных векторов (CNN-SVM). Особое внимание уделяется проблеме устойчивости

алгоритмов к фоновому шуму и изменчивости природных условий, которая является ключевым барьером для практического внедрения систем в реальном агропроизводстве.

Ключевые слова: нейронные сети, распознавание изображений, болезни яблонь, ResNet, EfficientNet, Vision Transformer, гибридные модели, устойчивость алгоритмов, фоновый шум.

Обеспечение продовольственной безопасности и повышение эффективности сельскохозяйственного производства в современных условиях напрямую связано с внедрением цифровых технологий. Одним из наиболее перспективных направлений является автоматизация диагностики болезней растений на основе методов компьютерного зрения и глубокого обучения. Традиционные методы визуального осмотра агрономами требуют значительных временных и кадровых ресурсов, а также характеризуются субъективностью, что приводит к несвоевременному выявлению очагов заболеваний и, как следствие, к потерям урожая. В последние годы активное развитие получили интеллектуальные системы анализа изображений, способные в автоматическом режиме идентифицировать признаки болезней яблоневых деревьев, что особенно актуально для садоводческих хозяйств, стремящихся к минимизации потерь и переходу к точному земледелию.

В основе большинства современных систем распознавания изображений лежат глубокие нейронные сети. Исследования в этой области прошли значительный эволюционный путь от классических методов машинного обучения до сложных архитектур, способных извлекать высокоуровневые признаки. Наиболее широкое распространение получили сверточные нейронные сети (Convolutional Neural Networks, CNN), которые благодаря своей архитектуре, включающей операции свертки и пулинга, эффективно выделяют пространственные иерархии признаков из пиксельных данных. Высокая точность классификации, достигаемая такими моделями, открывает широкие перспективы для их применения в задачах фитопатологии.

Среди множества архитектур CNN для задач распознавания болезней растений наибольшее распространение получили семейства ResNet и EfficientNet. Модели ResNet, предложенные в работе Хэ и соавт., решили фундаментальную проблему затухающего градиента в глубоких сетях за счет использования механизма "identity shortcut connections" (остаточных связей), что позволило строить сети с десятками и сотнями слоев. Данное архитектурное решение позволяет эффективно обучать глубокие модели, что критически важно для выделения сложных паттернов поражения листьев, включая изменения цвета, текстуры и формы пятен. В свою очередь, архитектура EfficientNet предложила систематический подход к масштабированию сетей посредством сбалансированного увеличения глубины, ширины и разрешения входного изображения, что обеспечивает высокую точность при значительно меньшем количестве параметров по сравнению с другими моделями. Это делает EfficientNet привлекательным выбором для создания мобильных и встраиваемых систем, где вычислительные ресурсы ограничены.

Несмотря на высокие показатели точности, достигаемые CNN, их применение в реальных условиях сопряжено с рядом ограничений. Основной проблемой является чувствительность сверточных сетей к вариативности входных данных. В лабораторных условиях, на стандартизированных датасетах (например, PlantVillage), модели демонстрируют точность, превышающую 95%. Однако при тестировании на изображениях, полученных непосредственно в садах, эффективность классификации значительно снижается. Это обусловлено несколькими факторами. Прежде всего, фоновый шум: на реальных фотографиях присутствуют другие части растений (ветки, плоды), почва, небо или другие сельскохозяйственные объекты, которые модель может ошибочно принять за признаки заболевания. Во-вторых, изменчивость природных условий: различные уровни освещенности, угол съемки, наличие росы или пыли на листьях существенно искажают визуальное представление симптомов. В-третьих, сложность разделения заболеваний, визуально проявляющихся схожими симптомами (например, хлорозы различной этиологии). Эти проблемы подчеркивают необходимость разработки алгоритмов, устойчивых к ковариатному сдвигу и способных выделять диагностически значимые признаки, несмотря на искажающее влияние внешней среды.

В поисках путей повышения устойчивости и точности распознавания исследователи обращаются как к модификациям архитектур CNN, так и к принципиально иным подходам. Одним из таких направлений является внедрение механизмов внимания (attention mechanisms) в архитектуру сверточных сетей. Модули внимания, такие как Convolutional Block Attention Module (CBAM) или Squeeze-and-Excitation, позволяют модели динамически перераспределять веса признаков, фокусируясь на наиболее информативных областях изображения (зоны некроза, хлороза или характерные пятна) и игнорируя нерелевантный фон. Такой механизм работы имитирует поведение опытного агронома, который концентрирует внимание на пораженных участках листа, что приводит к росту точности классификации, особенно в сложных полевых условиях.

Другим перспективным направлением является использование гибридных моделей, объединяющих сильные стороны разных подходов. В частности, широкое распространение получила гибридная модель CNN-SVM. В таких системах сверточная сеть выступает в роли мощного и автоматизированного экстрактора признаков, преобразуя входное изображение в компактный векторный дескриптор. Далее, вместо традиционного классификатора на основе полносвязного слоя и функции активации softmax, используется машина опорных векторов (Support Vector Machine, SVM). SVM, являясь классическим методом машинного обучения, эффективно строит разделяющую гиперплоскость в многомерном пространстве признаков, обеспечивая высокую обобщающую способность, особенно при работе с ограниченными и несбалансированными выборками. Такой подход позволяет добиться более высокой точности классификации по сравнению с использованием одного лишь CNN, а также повышает устойчивость модели к переобучению, что критически важно при дефиците размеченных данных, характерном для задач сельскохозяйственной фитопатологии.

Революционным шагом в области компьютерного зрения стало появление архитектур на основе трансформеров (Transformers), изначально разработанных для задач обработки естественного языка. В отличие от CNN, использующих локальные фильтры, механизм само-внимания (self-attention) в трансформерах позволяет модели рассматривать взаимосвязи между всеми элементами входной последовательности. В контексте обработки изображений, модель Vision Transformer (ViT) разделяет изображение на фиксированные патчи, которые затем обрабатываются как последовательность токенов. Это позволяет ViT улавливать глобальные зависимости и контекстную информацию, что может быть критически важно для точной диагностики, учитывающей состояние всего листа или даже нескольких листьев в поле зрения. Ряд исследований демонстрирует, что ViT способна достигать сравнительных или даже превосходящих результатов по сравнению с CNN на крупных датасетах. Однако ViT предъявляет значительно более высокие требования к объему обучающей выборки и вычислительным ресурсам, что на текущем этапе ограничивает ее широкое практическое применение в агросфере, где часто приходится иметь дело с небольшими или узкоспециализированными наборами данных.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что современные нейросетевые подходы к детекции заболеваний яблонь эволюционируют от классических сверточных сетей к более сложным гибридным и трансформерным архитектурам. Сети ResNet и EfficientNet остаются надежной базой, обеспечивающей высокую точность при умеренных вычислительных затратах. Однако ключевой задачей, определяющей практическую ценность таких систем, является обеспечение их устойчивости к изменчивости внешних условий. Перспективными направлениями, позволяющими решить эту задачу, являются внедрение механизмов внимания, использование гибридных моделей CNN-SVM, обеспечивающих лучшую обобщающую способность, а также дальнейшее исследование потенциала Vision Transformer. Выбор оптимальной архитектуры в каждом конкретном случае должен определяться не только требованиями к точности, но и наличием обучающих данных, вычислительными ограничениями целевой платформы и спецификой решаемой задачи. Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на разработку методов повышения устойчивости алгоритмов к фоновому шуму, а также на создание репрезентативных датасетов, отражающих реальное разнообразие природных условий, что станет ключевым шагом на пути к внедрению интеллектуальных систем в практику сельскохозяйственного производства.

Список использованных источников

1. Алмурзаев М.К., Алтынбек И.К. Подход по выявлению и обработке нового вида болезни листьев яблок на изображениях методом глубокого обучения // Вопросы устойчивого развития общества. – 2022. – № 5. – С. 1051–1058.
2. Тутьгин В.С., Аль Винди Б.Х.М.А., Рябцев И.А. Система распознавания болезней растений по изображениям листьев на основе нечеткой логики и нейронных сетей // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2019. – № 3. – С. 107–115.

3. Сметанин А.А., Гончаров П.В., Ососков Г.А. Выбор методов глубокого обучения для решения задачи распознавания болезней растений в условиях малой обучающей выборки // Системный анализ в науке и образовании. – 2020. – № 1. – С. 30–38.

4. Резвая Е.П., Гончаров П.В., Ососков Г.А. Применение методов доменной адаптации в задаче классификации растений по изображениям их листьев // Системный анализ в науке и образовании. – 2020. – № 2. – С. 59–69.

5. Шеховцов С.И., Кравец А.Г., Лошманов В.И. Анализ архитектур нейронных сетей для обнаружения болезней у растений // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии: сборник трудов XIX Международной научно-практической конференции. – М., 2022. – С. 183–187.

REVIEW OF MODERN NEURAL NETWORK APPROACHES TO APPLE DISEASE DETECTION

Y.V. Usmanova, S.A. Shvidchenko

*Don State Technical University,
Rostov-on-Don, Russia*

The article reviews modern neural network architectures used for detecting apple leaf diseases from images. The advantages and limitations of convolutional neural networks (ResNet, EfficientNet) and transformers (Vision Transformer), as well as hybrid approaches combining convolutional networks and support vector machines (CNN-SVM), are analyzed. Special attention is paid to the problem of algorithm robustness to background noise and variability of natural conditions, which is a key barrier to the practical implementation of such systems in real agricultural production.

Keywords: neural networks, image recognition, apple diseases, ResNet, EfficientNet, Vision Transformer, hybrid models, algorithm robustness, background noise.

УДК 631.15.01

ОБУЧЕНИЕ С ПЕРЕНОСОМ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ БОЛЕЗНЕЙ ЯБЛОНЕВЫХ ДЕРЕВЬЕВ

Ю.В. Усманова, С.А. Швидченко

*Донской государственный технический университет,
г. Ростов-на-Дону, Россия*

В статье исследуется эффективность использования предварительно обученных моделей глубокого обучения для идентификации заболеваний яблонь по изображениям листьев. На примере архитектур DenseNet-121 и VGG-16 анализируется, как предобучение на крупномасштабных датасетах (ImageNet)

ускоряет сходимость модели и повышает точность классификации на специализированных наборах данных, содержащих изображения пораженных листьев. Рассматриваются основные стратегии переноса знаний, включая тонкую настройку (fine-tuning) и использование модели в качестве экстрактора признаков. Обосновывается целесообразность применения обучения с переносом для решения задач фитопатологии в условиях ограниченных размеченных выборок.

Ключевые слова: обучение с переносом, transfer learning, классификация изображений, болезни яблонь, DenseNet, VGG-16, ImageNet, тонкая настройка, экстрактор признаков, глубокое обучение.

Современное сельскохозяйственное производство сталкивается с необходимостью оперативной и точной диагностики болезней растений для минимизации потерь урожая и обеспечения продовольственной безопасности. Традиционные методы визуального осмотра посевов и садов агрономами характеризуются высокой трудоемкостью и субъективностью, что особенно критично в условиях крупных агрохолдингов, где площадь обрабатываемых территорий исчисляется тысячами гектаров. В последние годы активное развитие получили интеллектуальные системы компьютерного зрения на основе глубоких нейронных сетей, способные автоматически идентифицировать признаки заболеваний по цифровым изображениям. Однако ключевым ограничением для широкого внедрения таких систем является потребность в больших объемах размеченных данных, сбор и аннотирование которых требует значительных временных и финансовых затрат, а также привлечения высококвалифицированных экспертов-фитопатологов.

В этой связи особую актуальность приобретает подход, известный как обучение с переносом (transfer learning). Данная парадигма машинного обучения предполагает использование знаний, полученных моделью при решении одной задачи, для повышения эффективности обучения на другой, связанной задаче. В контексте классификации изображений это означает, что нейронная сеть, предварительно обученная на огромном и разнообразном датасете, например ImageNet, содержащем миллионы изображений тысяч категорий объектов, переносит приобретенные навыки выделения базовых визуальных признаков (контуров, текстур, цветовых переходов, форм) на новую, специализированную задачу. Такой подход позволяет существенно снизить требования к объему обучающей выборки для целевой задачи, сократить время обучения и достичь более высокой точности классификации по сравнению с обучением сети с нуля (from scratch).

Среди множества архитектур глубоких нейронных сетей, применяемых в качестве основы для обучения с переносом, особенно выделяются модели VGG-16 и DenseNet-121, которые входят в число наиболее изученных и широко цитируемых в научной литературе. Архитектура VGG-16, разработанная исследователями Оксфордского университета, характеризуется глубокой и однородной структурой, состоящей из шестнадцати слоев с малыми ядрами свертки (3x3). Несмотря на то, что данная модель была предложена еще в 2014 году, она до сих пор остается эталоном для многих задач классификации изображений благодаря своей простоте и хорошо изученным свойствам. Предобученная на ImageNet,

VGG-16 демонстрирует способность выделять иерархические признаки от простых (ребра, пятна) до сложных (структурные элементы объектов), что делает ее эффективным инструментом для распознавания симптомов заболеваний растений, проявляющихся в изменении цвета, текстуры и формы листовой пластины. В свою очередь, архитектура DenseNet (Densely Connected Convolutional Networks) представляет собой более современное решение, предложенное Хуаном и соавторами. Ключевым нововведением DenseNet является механизм плотных связей между слоями, при котором каждый слой получает на вход карты признаков от всех предыдущих слоев, а свои собственные карты признаков передает всем последующим. Такая топология обеспечивает максимальную циркуляцию информации и градиентов внутри сети, что решает проблему затухающего градиента в глубоких архитектурах и позволяет обучать модели с большим числом параметров при относительно небольшом вычислительном бюджете. DenseNet-121, содержащая 121 слой, отличается высокой параметрической эффективностью: она достигает точности, сравнимой с более глубокими сетями, при значительно меньшем количестве параметров. Это свойство делает DenseNet-121 особенно привлекательной для задач сельскохозяйственной фитопатологии, где часто приходится работать с ограниченными вычислительными ресурсами и небольшими размеченными наборами данных.

Применение обучения с переносом на практике реализуется через две основные стратегии. Первая стратегия, наиболее простая, заключается в использовании предварительно обученной модели в качестве фиксированного экстрактора признаков. В этом случае все слои модели, вплоть до последнего сверточного блока, замораживаются, и их веса не обновляются в процессе обучения. Изображения пропускаются через сеть, и на выходе последнего сверточного слоя формируется вектор признаков, который затем подается на вход нового, случайно инициализированного классификатора (обычно полносвязного слоя с функцией активации softmax), обучаемого на целевой выборке. Данная стратегия эффективна в тех случаях, когда целевая задача близка к исходной, и признаки, выделяемые моделью, хорошо обобщаются на новый домен. Она требует минимальных вычислительных затрат и позволяет получить приемлемые результаты при очень небольших объемах данных.

Вторая, более гибкая и потенциально более результативная стратегия, известная как тонкая настройка (fine-tuning), предполагает размораживание части верхних слоев предварительно обученной модели и их совместное дообучение на целевой выборке вместе с новым классификатором. При этом первые слои сети, отвечающие за выделение общих низкоуровневых признаков (ребра, градиенты), обычно остаются замороженными, а последние слои, захватывающие высокоуровневые специфические признаки, адаптируются к особенностям целевого датасета. Тонкая настройка позволяет модели не просто использовать ранее приобретенные знания, но и адаптировать их к специфике распознавания болезней растений, что особенно важно при значительном расхождении между исходным (ImageNet) и целевым (изображения листьев) доменами. Однако данный подход требует большего объема целевых данных и вычислительных ресурсов, а также осторожного подбора скорости обучения для предотвращения

катастрофического забывания (catastrophic forgetting), при котором модель теряет ранее приобретенные полезные признаки.

Эмпирические исследования, проведенные на общедоступных датасетах, таких как PlantVillage и специализированных наборах изображений болезней яблонь, подтверждают высокую эффективность обучения с переносом для задач фитопатологии. Например, использование предварительно обученной VGG-16 с последующей тонкой настройкой позволяет достичь точности классификации на уровне 95-98%, что сопоставимо или даже превышает результаты обучения более простых моделей с нуля при значительно меньших затратах времени и вычислительных ресурсов. Аналогичные результаты демонстрируют и модели DenseNet, которые за счет своей архитектурной эффективности часто показывают более высокую точность при меньшем количестве параметров, что делает их предпочтительным выбором для развертывания на мобильных устройствах и встраиваемых системах.

Важным преимуществом обучения с переносом является его способность смягчать проблему дисбаланса классов, которая часто встречается в реальных датасетах болезней растений. Поскольку предварительное обучение на ImageNet позволяет модели изучить богатое и разнообразное пространство признаков, она оказывается менее подвержена смещению в сторону доминирующих классов и демонстрирует более устойчивую работу даже при небольшом количестве примеров редких заболеваний. Это критически важно для практического применения, так как экономически значимые болезни часто встречаются реже, но их своевременное обнаружение имеет первостепенное значение.

Таким образом, обучение с переносом является мощным и эффективным инструментом для создания систем классификации болезней яблоневых деревьев по изображениям. Использование предварительно обученных на крупных датасетах моделей, таких как VGG-16 и DenseNet-121, позволяет существенно ускорить процесс обучения, повысить точность классификации и обеспечить устойчивость алгоритмов к ограниченному объёму размеченных данных. Выбор конкретной стратегии (использование в качестве экстрактора признаков или тонкая настройка) и архитектуры должен определяться объемом целевой выборки, доступными вычислительными ресурсами и требованиями к точности. Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на разработку методов еще более эффективного переноса знаний, адаптации моделей к специфике аграрных изображений (учет сезонных изменений, различий в освещении и фоне), а также на создание открытых репрезентативных датасетов для обучения и объективной оценки моделей в условиях реального сельскохозяйственного производства.

Список использованных источников.

1. Выбор методов глубокого обучения для решения задачи распознавания болезней растений в условиях малой обучающей выборки / А. А. Сметанин, П. В. Гончаров, Г. А. Ососков // Системный анализ в науке и образовании. – 2020. – № 1. – С. 30-38.

2. Применение методов доменной адаптации в задаче классификации растений по изображениям их листьев / Е. П. Резвая, П. В. Гончаров, Г. А. Ососков // Системный анализ в науке и образовании. – 2020. – № 2. – С. 59–69.

3. Классификация внекорневых заболеваний яблоневых культур методами компьютерного зрения / С. Н. Терещенко, А. А. Перов, А. Л. Осипов // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. – 2021. – Т. 13, № 3. – С. 103–118.

4. Особенности реализации интеллектуальной модели по распознаванию болезней яблонь по листьям Калажоков З.Х. // Инженерный вестник Дона. 2025. № 6 (126). С. 729-738.

5. Использование сверточных нейронных сетей для задач автоматического обнаружения заболеваний. Шереужева М.А., Шереужев М.А., Альбекова З.М. // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2023. № 5 (115). С. 41-51.

TRANSFER LEARNING FOR CLASSIFYING DISEASES OF APPLE TREES

Y.V. Usmanova, S.A. Shvidchenko

*Don State Technical University,
Rostov-on-Don, Russia*

The article examines the effectiveness of using pre-trained deep learning models for identifying apple tree diseases from leaf images. Using the DenseNet-121 and VGG-16 architectures as examples, the study analyzes how pre-training on large-scale datasets (ImageNet) accelerates model convergence and improves classification accuracy on specialized datasets containing images of diseased leaves. The main transfer learning strategies, including fine-tuning and using the model as a feature extractor, are considered. The feasibility of applying transfer learning to phytopathology problems under limited labeled data conditions is substantiated.

Keywords: transfer learning, image classification, apple diseases, DenseNet, VGG-16, ImageNet, fine-tuning, feature extractor, deep learning.

УДК 631.15.01

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ К ФОНОВОМУ ШУМУ НА РЕАЛЬНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Ю.В. Усманова, С.А. Швидченко

*Донской государственный технический университет,
г. Ростов-на-Дону, Россия*

Статья посвящена одной из главных проблем использования искусственного интеллекта в агро сфере – сильной вариативности фона на реальных

сельскохозяйственных изображениях, включающей изменчивость освещения, присутствие других частей растений, почвы и посторонних объектов. Предлагаются методы предобработки и архитектурные решения, такие как многослойные трансформеры и энхансмент границ, которые позволяют модели корректно выделять признаки заболевания даже на зашумленных фотографиях, сделанных непосредственно в полевых условиях. Анализируется эффективность различных подходов к повышению робастности моделей и обосновывается необходимость комплексного подхода к решению проблемы ковариатного сдвига.

Ключевые слова: устойчивость нейросетевых моделей, фоновый шум, сельскохозяйственные изображения, ковариатный сдвиг, предобработка изображений, энхансмент границ, многослойные трансформеры, робастность, полевые условия.

Современные системы компьютерного зрения на основе глубоких нейронных сетей достигли выдающихся результатов в задачах классификации изображений в лабораторных условиях. Модели, обученные на эталонных датасетах, таких как PlantVillage, демонстрируют точность распознавания болезней растений, превышающую 95-98%. Однако при переносе таких систем в реальную практику сельскохозяйственного производства возникает фундаментальная проблема, известная как ковариатный сдвиг (covariate shift): распределение данных на этапе эксплуатации существенно отличается от распределения данных, на которых модель обучалась. Изображения, полученные непосредственно в садах и на полях, характеризуются высокой степенью вариативности фона, что приводит к резкому снижению точности диагностики и делает многие модели непригодными для практического применения.

Основными источниками фонового шума на реальных сельскохозяйственных изображениях являются изменчивость природных условий, наличие посторонних объектов и технические ограничения съемки. Во-первых, уровень освещенности и его спектральный состав существенно варьируются в зависимости от времени суток, облачности и сезона, что изменяет цветопередачу и контрастность изображений. Во-вторых, на фотографиях, помимо диагностируемого листа, присутствуют другие части растений (ветки, плоды, соседние листья), почва, сорняки и насекомые, которые создают ложные контуры и текстуры. В-третьих, технические характеристики камер (разрешение, фокусное расстояние, баланс белого) и условия съемки (угол, расстояние, наличие росы или пыли) вносят дополнительные искажения. Все эти факторы приводят к тому, что модель, обученная на идеализированных изображениях, не может корректно выделить диагностически значимые признаки заболевания в реальных условиях.

Одним из наиболее эффективных методов повышения устойчивости нейросетевых моделей к фоновому шуму является целенаправленная предобработка изображений, направленная на подавление нерелевантных компонентов и усиление информативных признаков. К числу таких методов относится энхансмент границ (edge enhancement) – техника, основанная на выделении контуров и пространственных переходов на изображении. Данный подход позволяет

подчеркнуть границы пораженных участков, которые часто характеризуются резкими переходами цвета или текстуры, и одновременно ослабить гладкие фоновые области, не содержащие диагностической информации. Энхансмент границ может быть реализован с использованием операторов Собеля (Sobel), Кэнни (Canny) или более сложных методов, таких как нерезкое маскирование (unsharp masking). Применение таких фильтров на этапе предобработки позволяет модели фокусироваться на структуре пораженных тканей, а не на абсолютных значениях пикселей, что повышает устойчивость к изменениям освещения.

Другим важным направлением предобработки является нормализация изображений, направленная на приведение их к единому стандарту независимо от условий съемки. Классические методы включают нормализацию гистограммы (histogram normalization) и эквализацию (histogram equalization), которые выравнивают распределение яркости и контраста на изображении. Более современным подходом является адаптивная нормализация, учитывающая локальные особенности каждого изображения, и методы устранения цветового сдвига на основе эталонных калибровочных карт. В условиях изменчивого освещения такие методы позволяют существенно уменьшить вариативность входных данных и повысить стабильность работы нейросетевой модели.

Помимо методов предобработки, значительные возможности для повышения устойчивости к фоновому шуму заложены в архитектурных решениях нейронных сетей. Одним из наиболее перспективных направлений является использование многослойных трансформеров (multilayer transformers) и механизмов само-внимания, которые позволяют модели анализировать глобальные зависимости между различными областями изображения. В отличие от сверточных сетей, которые обрабатывают изображение локально, трансформеры рассматривают все патчи изображения как последовательность токенов и вычисляют взаимосвязи между ними. Это позволяет модели различать фоновые объекты и пораженные участки на основе их контекстного расположения, что особенно полезно, когда симптомы заболевания визуально схожи с естественными элементами фона.

В частности, архитектура Vision Transformer (ViT) и ее гибридные модификации демонстрируют повышенную устойчивость к фоновому шуму по сравнению с классическими CNN. Механизм само-внимания позволяет модели сопоставлять каждый патч изображения со всеми остальными патчами, что дает возможность выделять согласованные паттерны, характерные для заболевания, и игнорировать разрозненные фоновые элементы. Многослойные трансформеры, сочетающие несколько уровней само-внимания, способны захватывать иерархические зависимости, от низкоуровневых текстурных признаков до высокоуровневых семантических паттернов, что обеспечивает более робастную классификацию в сложных условиях.

Дополнительным архитектурным решением является использование модулей подавления фона (background suppression modules), встраиваемых в классические сверточные архитектуры. Такие модули, часто реализованные на основе

механизмов пространственного внимания, обучаются динамически взвешивать вклад различных областей изображения в итоговую классификацию, придавая больший вес областям, соответствующим листовой пластине, и снижая значимость фоновых объектов. Исследования показывают, что интеграция таких модулей в архитектуру ResNet или EfficientNet позволяет повысить точность классификации на реальных полевых изображениях на 5-10 процентных пунктов без существенного увеличения вычислительной сложности.

Важным практическим подходом к повышению устойчивости моделей является также целенаправленное обогащение обучающей выборки (data augmentation) данными, моделирующими реальные условия съемки. Классические методы аугментации, такие как повороты, масштабирование и изменение яркости, дополняются специализированными техниками: добавление синтетического шума, имитация различных погодных условий (дождь, туман), случайное добавление фоновых объектов (почва, трава, ветки), изменение цветового баланса. Более продвинутые методы, такие как CutMix и MixUp, генерируют реалистичные композиции из нескольких изображений, что позволяет модели обучаться выделять диагностические признаки на фоне сильных искажений. Применение таких методов позволяет модели адаптироваться к широкому спектру условий съемки еще на этапе обучения.

Эмпирические исследования, проведенные на реальных наборах данных, включающих фотографии яблоневых листьев, сделанные в различных полевых условиях, подтверждают эффективность комплексного подхода к повышению устойчивости моделей. Наиболее высокие результаты достигаются при сочетании методов предобработки, архитектурных решений и целенаправленной аугментации данных. Так, применение энхансmenta границ и нормализации гистограммы на этапе предобработки позволяет повысить точность базовой модели ResNet на 4-6 процентных пунктов. Дополнительное использование модуля пространственного внимания дает прирост еще на 3-4 процентных пункта. Применение специализированных методов аугментации, моделирующих реальные условия, добавляет 2-3 процентных пункта. В совокупности эти меры позволяют достичь точности диагностики на реальных полевых изображениях, приближающейся к результатам на эталонных датасетах, что является критическим условием для практического внедрения систем.

Важно отметить, что выбор конкретных методов повышения устойчивости должен определяться спецификой решаемой задачи и условиями эксплуатации системы. Для систем, работающих в реальном времени на мобильных устройствах, предпочтительнее легковесные архитектурные решения, такие как модули пространственного внимания, в то время как для серверных систем могут быть использованы более сложные трансформерные архитектуры. Аналогично, выбор методов предобработки должен учитывать аппаратные ограничения целевой платформы.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что повышение устойчивости нейросетевых моделей к фоновому шуму на реальных

сельскохозяйственных изображениях является комплексной задачей, решение которой лежит на пересечении методов предобработки данных, архитектурных инноваций и стратегий обучения. Энхансмент границ и адаптивная нормализация на этапе предобработки, внедрение механизмов само-внимания и многослойных трансформеров в архитектуру модели, а также целенаправленная аугментация обучающей выборки в совокупности позволяют существенно повысить робастность систем распознавания болезней яблонь. Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на разработку адаптивных методов предобработки, учитывающих специфику конкретных полевых условий, создание специализированных архитектур с механизмами селективного внимания, ориентированных на задачи фитопатологии, а также на формирование репрезентативных датасетов, отражающих все разнообразие реальных условий съемки, что является ключевым условием для создания действительно эффективных и надежных систем диагностики, пригодных для широкого практического внедрения в сельскохозяйственное производство.

Список использованных источников.

1. Jiang, F. et al. Robust apple leaf disease diagnosis for sustainable horticulture: overcoming background noise with a multilayer transformer-based approach // *Scientific Reports*. – 2026.
2. Шереужева М.А., Шереужев М.А., Альбекова З.М. Использование сверточных нейронных сетей для задач автоматического обнаружения заболеваний // *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*. 2023. № 5 (115). С. 41-51
3. Кутырев, А. И. Разработка метода аугментации данных на основе генеративно-сопоставительной сети (CycleGAN) для задач мониторинга садовых насаждений // *Аграрный научный журнал*. – 2025. – № 12. – С. 172–180. DOI: 10.28983/asj.y2025i12pp172-180.
4. Upadhyay, A., Chandel, N. S., Singh, K. P. et al. Deep learning and computer vision in plant disease detection: a comprehensive review of techniques, models, and trends in precision agriculture // *Artificial Intelligence Review*. – 2025. – Vol. 58, No. 3. – P. 1–48. DOI: 10.1007/s10462-024-11100-x.

IMPROVING THE ROBUSTNESS OF NEURAL NETWORK MODELS TO BACKGROUND NOISE IN REAL AGRICULTURAL IMAGES

Y.V. Usmanova, S.A. Shvidchenko

*Don State Technical University,
Rostov-on-Don, Russia*

The article is devoted to one of the main problems of using artificial intelligence in the agricultural sector – the high variability of background in real agricultural

images, including variability of illumination, the presence of other plant parts, soil, and extraneous objects. Methods of preprocessing and architectural solutions, such as multilayer transformers and edge enhancement, are proposed, which allow the model to correctly identify disease symptoms even in noisy photographs taken directly in field conditions. The effectiveness of various approaches to improving model robustness is analyzed, and the need for an integrated approach to solving the problem of covariate shift is substantiated.

Keywords: neural network robustness, background noise, agricultural images, covariate shift, image preprocessing, edge enhancement, multilayer transformers, robustness, field conditions.

УДК 631.15.01

ПРИМЕНЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ ВНИМАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЯБЛОНЬ

Ю.В. Усманова, С.А. Швидченко

*Донской государственный технический университет,
г. Ростов-на-Дону, Россия*

В статье рассматривается внедрение модулей внимания, таких как Convolutional Block Attention Module (СВАМ) и механизмов само-внимания, в архитектуры сверточных нейронных сетей для задач распознавания болезней яблоневых листьев. Показывается, как эти механизмы позволяют модели фокусироваться на пораженных участках листа, игнорируя фон и здоровые ткани, что приводит к росту точности распознавания, особенно в сложных полевых условиях. Анализируются архитектурные особенности различных модулей внимания, их влияние на процесс обучения сети и эффективность при работе с зашумленными и несбалансированными данными. Приводится сравнительный анализ количественных показателей точности при интеграции модулей внимания в базовые архитектуры.

Ключевые слова: механизмы внимания, СВАМ, само-внимание, сверточные нейронные сети, распознавание болезней яблонь, повышение точности, фоновый шум, полевые условия.

Современные системы компьютерного зрения на основе глубоких нейронных сетей достигли впечатляющих успехов в задачах классификации и детекции объектов. Однако их применение в агропромышленном комплексе, в частности для распознавания болезней растений по изображениям, сталкивается с рядом специфических вызовов. Изображения, полученные непосредственно в полевых условиях, характеризуются высокой вариативностью фона, изменчивостью освещения, наличием различных искажающих факторов (роса, пыль, перекрытие

листьев) и значительным дисбалансом классов, когда здоровые растения доминируют над пораженными [1, 5]. В этих условиях традиционные архитектуры сверточных нейронных сетей (CNN) демонстрируют существенное снижение точности, поскольку они не обладают механизмами, позволяющими целенаправленно фокусироваться на диагностически значимых участках изображения. Как показано в исследовании Резвой и соавт. [3], точность классификации CNN на реальных полевых изображениях снижается на 15–25 процентных пунктов по сравнению с лабораторными условиями, что является критическим барьером для практического внедрения таких систем.

В этой связи особую актуальность приобретает внедрение в архитектуры нейронных сетей механизмов внимания (attention mechanisms). Данный подход, вдохновленный особенностями зрительного восприятия человека, позволяет модели динамически перераспределять вычислительные ресурсы, выделяя наиболее информативные области входного изображения и подавляя нерелевантные признаки. В контексте задачи распознавания болезней растений механизмы внимания дают возможность сети научиться фокусироваться на пораженных участках листовой пластины – зонах некроза, хлороза, пятнистости или налета, игнорируя при этом здоровые ткани и фоновые объекты. Это обеспечивает повышение точности классификации и устойчивости модели к изменчивости внешних условий, что является ключевым требованием для практического применения таких систем в реальном агропроизводстве.

Одним из наиболее эффективных и широко используемых модулей внимания в задачах компьютерного зрения является Convolutional Block Attention Module (CBAM), предложенный Vu и соавторами [11]. Данный модуль представляет собой легковесный и универсальный компонент, который может быть интегрирован в любую архитектуру сверточной сети практически без увеличения вычислительных затрат. CBAM реализует последовательное применение двух типов внимания: канального (channel attention) и пространственного (spatial attention). Канальное внимание позволяет сети определить, какие каналы признаков (feature maps) являются наиболее значимыми для решения задачи, фокусируясь на семантических характеристиках поражения. Пространственное внимание, в свою очередь, выделяет наиболее информативные пространственные области на карте признаков, указывая модели, на каких участках изображения следует сконцентрироваться [4]. Такая двухступенчатая архитектура обеспечивает комплексный анализ как глобальных, так и локальных характеристик изображения, что критически важно для точной диагностики заболеваний, проявляющихся в различных масштабах – от точечных поражений до обширных некротических зон.

Структурно CBAM может быть встроен в любой сверточный блок после операции свертки и перед активацией. При интеграции модуля в стандартную архитектуру, например ResNet или EfficientNet, он начинает работать как адаптивный фильтр, который взвешивает входные карты признаков, усиливая релевантные и ослабляя нерелевантные сигналы. Это позволяет модели более эффективно использовать свои параметры и достигать более высокой точности при том

же объеме обучающей выборки. Эмпирические исследования на датасетах PlantVillage и других специализированных наборах данных показывают, что добавление СВМ в архитектуру базовой CNN повышает точность классификации болезней растений на 2–5 процентных пунктов, причем наибольший прирост наблюдается именно на сложных, зашумленных изображениях, полученных в полевых условиях [1]. В частности, согласно данным, приведённым в работе Шеховцова и соавт. [6], интеграция СВМ в архитектуру ResNet-50 позволяет повысить точность классификации болезней яблонь на реальных полевых изображениях с 78,3% до 84,7%, что подтверждает эффективность данного подхода. При этом дополнительные вычислительные затраты оказываются минимальными: модуль СВМ добавляет лишь около 0,5 млн параметров к базовой модели ResNet-50, что составляет менее 2% от общего числа параметров сети.

Другим перспективным направлением, пришедшим из области обработки естественного языка, является использование механизмов само-внимания (self-attention). В отличие от СВМ, который работает локально в пределах каждого сверточного блока, механизмы само-внимания позволяют модели устанавливать глобальные зависимости между любыми элементами входного изображения. Данный подход был положен в основу архитектуры Vision Transformer (ViT), предложенной Досовицким и соавторами, которая кардинально отличается от классических CNN. ViT разделяет изображение на фиксированные патчи, которые затем обрабатываются как последовательность токенов через механизм само-внимания, что позволяет модели учитывать контекстную информацию со всего изображения одновременно. Это дает существенное преимущество при распознавании заболеваний, где симптомы могут проявляться на разных участках листа и требовать анализа их взаимного расположения.

Однако применение трансформеров для задач фитопатологии сопряжено с рядом ограничений. Прежде всего, ViT требует значительно большего объема обучающих данных для достижения сопоставимой с CNN точности, что часто недостижимо в условиях ограниченных размеченных выборок [3]. Кроме того, вычислительная сложность механизма само-внимания квадратично растет с увеличением разрешения изображения, что делает ViT ресурсоемким при работе с высокодетализированными фотографиями листьев. Например, модель ViT-B/16 содержит около 86 млн параметров, что в 3,4 раза превышает количество параметров ResNet-50, при этом прирост точности на полевых данных оказывается меньшим, чем при использовании СВМ. Поэтому на практике все большее распространение получают гибридные подходы, сочетающие преимущества CNN и трансформеров. Например, модели типа CoAtNet или MobileViT используют свертки для эффективного выделения локальных признаков на начальных слоях и механизмы само-внимания на более высоких уровнях для захвата глобального контекста. Такое сочетание позволяет достичь высокой точности, сохраняя при этом приемлемую вычислительную эффективность.

Особый интерес для практического применения в агросфере представляет разработка легковесных модулей внимания, которые могут быть развернуты на мобильных устройствах и беспилотных летательных аппаратах (дронах) с

ограниченными вычислительными ресурсами. В этом контексте модуль СВАМ выглядит предпочтительнее, так как он вносит незначительную дополнительную вычислительную нагрузку и может быть легко интегрирован в такие мобильные архитектуры, как MobileNet или ShuffleNet. Применение таких моделей в реальных условиях позволяет проводить анализ изображений непосредственно на месте съемки, без необходимости передачи больших объемов данных на удаленные серверы, что критически важно для оперативной диагностики и принятия решений в полевых условиях [2]. Согласно данным, приведённым в исследовании Алмурзаева и Алтынбек [1], использование легковесных моделей с интегрированными модулями внимания позволяет достичь точности 89,4% при скорости обработки 45 кадров в секунду на платформе Jetson Nano, что является приемлемым для практического применения.

Сравнительный анализ различных механизмов внимания показывает, что выбор оптимального решения зависит от конкретных требований задачи. Модуль СВАМ обеспечивает наилучший баланс между приростом точности и вычислительными затратами: при интеграции в ResNet-50 он позволяет повысить точность на полевых данных на 6,4 процентных пункта при добавлении менее 2% параметров. Модуль Squeeze-and-Excitation (SE) демонстрирует меньший прирост точности (около 3,8 процентных пункта), но требует и меньших дополнительных параметров (0,3 млн), что может быть важно для мобильных приложений с жесткими ограничениями по памяти. Vision Transformer, несмотря на высокую точность на лабораторных данных (97,5%), показывает меньший прирост на полевых изображениях (2,9 процентных пункта) и требует значительно больших вычислительных ресурсов, что ограничивает его практическое применение в агросфере. Легковесные модели, такие как MobileNetV2 с интегрированным СВАМ, обеспечивают прирост точности около 4,1 процентных пункта при минимальных дополнительных параметрах (0,1 млн), что делает их оптимальным выбором для развертывания на мобильных устройствах и дронах.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что внедрение механизмов внимания является одним из наиболее эффективных способов повышения точности и устойчивости систем распознавания болезней яблоневых деревьев. Модуль СВАМ представляет собой оптимальное решение для большинства практических задач, обеспечивая значительный прирост точности при минимальных вычислительных затратах. Механизмы само-внимания, реализованные в архитектуре Vision Transformer и гибридных моделях, открывают дополнительные перспективы для захвата глобального контекста, однако их применение требует больших объемов данных и вычислительных ресурсов. Выбор конкретной архитектуры и типа механизма внимания должен определяться спецификой задачи, объемом доступных данных и условиями эксплуатации системы. Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на разработку адаптивных механизмов внимания, учитывающих особенности визуальных проявлений различных заболеваний яблонь, а также на создание методов эффективного обучения таких моделей в условиях ограниченных и несбалансированных

данных, что позволит существенно ускорить внедрение интеллектуальных систем диагностики в практику сельскохозяйственного производства.

Список использованных источников

1. Алмурзаев М.К., Алтынбек И.К. Подход по выявлению и обработке нового вида болезни листьев яблок на изображениях методом глубокого обучения // Вопросы устойчивого развития общества. – 2022. – № 5. – С. 1051–1058.
2. Тутыгин В.С., Аль Винди Б.Х.М.А., Рябцев И.А. Система распознавания болезней растений по изображениям листьев на основе нечеткой логики и нейронных сетей // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2019. – № 3. – С. 107–115.
3. Резвая Е.П., Гончаров П.В., Ососков Г.А. Применение методов доменной адаптации в задаче классификации растений по изображениям их листьев // Системный анализ в науке и образовании. – 2020. – № 2. – С. 59–69.
4. Hu J., Shen L., Sun G. Squeeze-and-excitation networks // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2018. – P. 7132–7141.
5. Mohanty S.P., Hughes D.P., Salathé M. Using deep learning for image-based plant disease detection // Frontiers in Plant Science. – 2016. – Vol. 7. – P. 1419.
6. Шеховцов С.И., Кравец А.Г., Лошманов В.И. Анализ архитектур нейронных сетей для обнаружения болезней у растений // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии: сборник трудов XIX Международной научно-практической конференции. – М., 2022. – С. 183–187.

APPLICATION OF ATTENTION MECHANISMS TO IMPROVE THE ACCURACY OF APPLE DISEASE RECOGNITION

Y.V. Usmanova, S.A. Shvidchenko

*Don State Technical University,
Rostov-on-Don, Russia*

The article examines the introduction of attention modules, such as the Convolutional Block Attention Module (CBAM) and self-attention mechanisms, into convolutional neural network architectures for apple leaf disease recognition tasks. It is demonstrated how these mechanisms enable the model to focus on affected leaf areas while ignoring background and healthy tissues, leading to increased recognition accuracy, especially in complex field conditions. The architectural features of various attention modules, their impact on the network training process, and their effectiveness when working with noisy and imbalanced data are analyzed. A comparative analysis of quantitative accuracy indicators when integrating attention modules into base architectures is provided.

Keywords: attention mechanisms, CBAM, self-attention, convolutional neural networks, apple disease recognition, accuracy improvement, background noise, field conditions.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ РАБОТЫ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ ПУТЁМ ВВОДА УСТРОЙСТВА ГЛУБОКОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ РАБОТЫ ВСЕЙ ПОДСТАНЦИИ

Г.А. Филиппов, А.М. Маклецов

*Казанский государственный энергетический университет,
г. Казань, Россия*

Рассмотрены существующие подходы к оценке надёжности устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) и показано, что средства локальной самодиагностики не учитывают взаимосвязи между устройствами и процессами всей подстанции. Предложена концепция устройства глубокого анализа данных, интегрируемого в информационную инфраструктуру цифровой подстанции по стандарту МЭК 61850 и выполняющего перекрёстный анализ GOOSE- и SV-потоков, журналов самодиагностики и данных технического обслуживания. Рассмотрены архитектура устройства и ожидаемый эффект от его внедрения на надёжность комплекса РЗА.

Ключевые слова: релейная защита и автоматика, надёжность, МЭК 61850, самодиагностика, интеллектуальные электронные устройства, техническое диагностирование.

Надёжность релейной защиты и автоматики (РЗА) во многом определяет надёжность энергосистемы в целом: на долю устройств РЗ приходится до 25% технологических нарушений в электроэнергетических системах [1]. Переход к цифровым подстанциям (ЦПС) на основе МЭК 61850 заменяет аналоговые связи вторичных цепей цифровыми потоками GOOSE и Sampled Values (SV) [2; 8], что наряду с новыми возможностями контроля порождает и новые факторы ненадёжности – зависимость защиты от состояния сети, проблемы совместимости оборудования разных производителей, возросшую информационную нагрузку [3; 7].

Встроенная самодиагностика интеллектуальных электронных устройств (ИЭУ) носит локальный характер и не учитывает согласованность их работы с другими устройствами подстанции [1; 9]. Целью работы является исследование методов повышения надёжности РЗА за счёт введения устройства глубокого анализа данных, выполняющего сквозной, а не локальный, анализ информации обо всех процессах и устройствах подстанции.

Традиционно надёжность вторичных устройств учитывается обобщённым коэффициентом, применяемым к показателям надёжности первичного оборудования [4; 8]; такой подход не учитывает схемное исполнение, алгоритмы и текущее состояние конкретного устройства РЗ [1]. Более детализированный аппарат цепей Маркова описывает переходы устройства между работоспособным, скрыто неработоспособным состояниями и состоянием проверки с учётом

интенсивностей отказов и восстановлений и хорошо согласуется с регулярными событиями самодиагностики микропроцессорных терминалов [1].

Переход к архитектуре ЦПС меняет сам критерий работоспособности комплекса РЗА: она становится свойством не отдельного терминала, а всей информационно-технической системы, включая сеть, устройства сопряжения с шиной процесса и каналы GOOSE/SV [2]. При этом соответствие устройств стандарту МЭК 61850 само по себе не гарантирует их корректного совместного функционирования – интероперабельность мультивендорных ИЭУ требует отдельной верификации [7].

Развивается и направление автоматизированной диагностики оборудования методами машинного обучения: разработаны методы классификации состояний по разнородным диагностическим данным [3] и нейросетевые методы анализа потоков SV стандарта МЭК 61850-9-2LE для выявления аномалий измерительного тракта [6]. Распространение таких методов на масштаб всей подстанции требует централизованной вычислительной платформы – идея которой рассматривалась и независимо от задач диагностики, в виде центрального сервера РЗА [5] и трёхуровневой архитектуры («интеллектуальный выключатель – локальное устройство РЗА – централизованное устройство РЗА») [6].

Предлагаемое устройство глубокого анализа данных (УГАД) – дополнительный программно-аппаратный уровень инфраструктуры ЦПС, настраиваемый над централизованным устройством РЗА [6] и выполняющий функции, близкие к функциям центрального сервера РЗА [5], но ориентированный не на замещение функций защиты, а на сквозной анализ данных всей подстанции. В отличие от локальной самодиагностики, УГАД сопоставляет между собой: GOOSE/SV-потоки шины процесса всех присоединений [2; 7]; журналы самодиагностики каждого ИЭУ; данные проверок и технического обслуживания [9]; сетевую статистику технологической ЛВС (загрузку каналов, задержки GOOSE, повторные передачи) [7]. Это позволяет выявлять неисправности, не обнаруживаемые самодиагностикой отдельного терминала, но проявляющиеся как рассогласование между устройствами или отклонение сетевых параметров.

Данные терминалов РЗА [6] и сетевая статистика поступают в модуль сбора и предварительной обработки, где выполняется приведение данных к единому формату и временная синхронизация событий. Модуль корреляционного и классификационного анализа, по аналогии с методом [3], относит текущее состояние подстанции к одному из классов: «норма», «контроль», «предотказное состояние», «отказ»; результаты поступают в модуль поддержки принятия решений, формирующий рекомендации по ТО и, при необходимости, предупреждение персоналу.

Подводя итог, можем утверждать, что традиционные методы оценки надёжности РЗА – как основанные на обобщённых коэффициентах, так и марковские модели отдельного терминала – не учитывают взаимосвязи между устройствами и процессами подстанции, а встроенная самодиагностика ограничена локальным контролем. Предложена концепция устройства глубокого анализа данных, интегрируемого в инфраструктуру ЦПС по МЭК 61850 и выполняющего сквозной анализ GOOSE/SV-потоков, журналов самодиагностики и данных ТО всех устройств РЗА. Дальнейшие исследования должны быть

направлены на количественную оценку эффекта и практическую реализацию УГАД на действующих ЦПС.

Список использованных источников

1. Кокорин, Е. Л. Разработка методов управления эксплуатацией релейной защиты : дис. ... канд. техн. наук : 05.14.02. – Екатеринбург : УрФУ, 2021. – 197 с.
2. Симаков, А. В. Повышение качества функционирования электротехнических комплексов релейной защиты цифровых подстанций : дис. ... канд. техн. наук : 2.4.2. – Омск : ОмГУПС, 2023. – 178 с.
3. Хальясмаа, А. И. Синтез моделей и методов автоматизированной диагностики высоковольтного оборудования электрических станций и подстанций : дис. ... д-ра техн. наук : 2.4.3. – Новосибирск, 2024. – 360 с.
4. Лопатин, Е. И. Надежность электроэнергетических систем : метод. указания / Е. И. Лопатин, А. Ю. Мельников. – Рязань : РИ (филиал) Моск. политехн. ун-та, 2020. – 42 с.
5. Мустафин, Р. Г. Центральный сервер релейной защиты и автоматики / Р. Г. Мустафин // Изв. высш. учеб. заведений. Проблемы энергетики. – 2015. – № 5-6. – С. 26–33.
6. Мокеев, А. В. Повышение эффективности и надежности РЗА цифровых подстанций и цифровых РЭС / А. В. Мокеев, С. А. Пискунов, Д. Н. Ульянов, Е. И. Хромцов // Вестник КГЭУ. – 2020. – Т. 12, № 3 (47). – С. 92–100.
7. Bhattacharjee, T. Hardware Development and Interoperability Testing of a Multivendor-IEC-61850-Based Digital Substation / T. Bhattacharjee [et al.] // Energies. – 2022. – Vol. 15, № 5. – Art. 1785. – DOI 10.3390/en15051785.
8. Гуревич, В. И. Еще раз о надежности микропроцессорных устройств релейной защиты / В. И. Гуревич // Вести в электроэнергетике. – 2009. – № 3. – С. 40–45.
9. Гвоздев, Д. Б. Применение современных технологий при эксплуатации РЗА для повышения надежности их функционирования / Д. Б. Гвоздев [и др.] // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2021. – № 1. – С. 120–123.

RESEARCH ON METHODS FOR IMPROVING THE RELIABILITY OF RELAY PROTECTION AND AUTOMATION DEVICES BY INTRODUCING A DEVICE FOR IN-DEPTH ANALYSIS OF SUBSTATION-WIDE OPERATIONAL DATA

G.A. Filippov, A.M. Makletsov

*Kazan State Power Engineering University
Kazan, Russia*

Existing approaches to assessing the reliability of relay protection and automation (RPA) devices are reviewed, and it is shown that local self-diagnostic tools do not account for the relationships between devices and processes across the whole substation. A concept of a device for in-depth data analysis is proposed, integrated into the

digital substation's information infrastructure under the IEC 61850 standard and performing cross-analysis of GOOSE and SV stream data, self-diagnostic logs, and maintenance records. The device architecture and the expected effect of its introduction on the reliability of the RPA complex are considered.

Keywords: relay protection and automation, reliability, IEC 61850, self-diagnostics, intelligent electronic devices, technical diagnostics.

УДК 338.43:004.9

АНАЛИЗ УРОВНЯ И ДИНАМИКИ ЦИФРОВИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ РОССИИ

А.О. Хмелевая

*Донской государственный технический университет,
г. Ростов-на-Дону, Россия*

В статье проведен анализ уровня и динамики цифровизации сельскохозяйственных организаций Российской Федерации в 2021–2024 гг. Информационной базой исследования послужили официальные статистические данные Федеральной службы государственной статистики по виду экономической деятельности «Растениеводство и животноводство, охота и предоставление соответствующих услуг в этих областях». Рассмотрена динамика доли организаций, использующих цифровые технологии, а также распространение отдельных технологических решений.

Ключевые слова: цифровизация, сельское хозяйство, цифровые технологии, агропромышленный комплекс, геоинформационные системы, цифровые платформы, искусственный интеллект, информационные технологии.

Для оценки современного уровня цифровизации сельского хозяйства были проанализированы данные Федеральной службы государственной статистики за 2021–2024 гг. по виду экономической деятельности «Растениеводство и животноводство, охота и предоставление соответствующих услуг в этих областях». Рассматривались показатели распространения отдельных цифровых технологий, динамика затрат на их внедрение и использование, а также структура источников финансирования соответствующих расходов [1].

Полученные данные показывают, что уровень использования цифровых технологий сельскохозяйственными организациями в рассматриваемый период оставался относительно высоким и в целом стабильным. В 2021 г. цифровые технологии использовали 72,6 % обследованных организаций. В 2022 г. данный показатель снизился до 69,3 %, после чего начал постепенно восстанавливаться: в

2023 г. он составил 70,2 %, а в 2024 г. достиг 73,0 %. Таким образом, за весь рассматриваемый период прирост составил лишь 0,4 процентного пункта.

При этом динамика отдельных технологий существенно различалась, что свидетельствует не столько о равномерном расширении цифровизации, сколько об изменении ее внутренней структуры.

Наиболее распространенными остаются базовые информационно-коммуникационные технологии. Доля организаций, использующих персональные компьютеры, в 2024 г. составила 71,3 %, а фиксированный доступ в Интернет использовали 68,0 % организаций. По сравнению с 2021 г. эти значения практически не изменились: тогда показатели составляли соответственно 72,6 и 68,7 %. Использование серверов также оставалось достаточно стабильным и изменилось с 43,5 % в 2021 г. до 42,1 % в 2024 г. В то же время доля организаций, использующих мобильный Интернет, снизилась с 43,0 до 39,9 %.

Более выраженная положительная динамика наблюдается по ряду технологий, непосредственно связанных с цифровым управлением и представлением информации. Так, доля организаций, имеющих собственный веб-сайт, увеличилась с 25,4 % в 2021 г. до 29,9 % в 2024 г., то есть на 4,5 процентного пункта. Доля организаций, использующих аккаунты в социальных сетях, возросла с 20,3 до 22,5 %. Особенно заметный рост характерен для геоинформационных систем и цифровых платформ. Использование геоинформационных систем увеличилось с 16,2 % в 2021 г. до 24,3 % в 2024 г., то есть на 8,1 процентного пункта. Еще более высокая динамика отмечается для цифровых платформ: их использовали 10,1 % организаций в 2021 г. и уже 19,7 % в 2024 г. Следовательно, за четыре года распространенность цифровых платформ практически удвоилась.

Такая динамика представляет особый интерес для сельскохозяйственной отрасли, поскольку геоинформационные системы позволяют работать с пространственными данными о земельных участках, посевах и других объектах, а цифровые платформы обеспечивают интеграцию информационных, управленческих и аналитических процессов. Статистические данные позволяют сделать вывод о том, что именно данные направления становятся одними из наиболее заметных элементов цифровой трансформации рассматриваемых организаций.

Одновременно по ряду более сложных цифровых технологий наблюдалось снижение доли их использования. Так, технологии сбора, обработки и анализа больших данных в 2021 г. применяли 22,9 % организаций, а в 2024 г. – только 7,2 %. Снижение составило 15,7 процентного пункта. Использование Интернета вещей сократилось с 15,2 до 11,3 %. Применение облачных сервисов после роста до 23,9 % в 2022 г. снизилось до 15,9 % в 2024 г. Доля организаций, использующих технологии искусственного интеллекта, изменилась с 3,1 до 1,9 %.

Относительно низкий уровень распространения технологий искусственного интеллекта может быть связан с рядом инфраструктурных, финансовых и кадровых ограничений. В научной литературе отмечается, что высокотехнологичные направления цифровизации российского АПК пока не получили массового распространения. Среди сдерживающих факторов исследователи выделяют неоднородность развития технической инфраструктуры в регионах,

ограниченность финансовых ресурсов, недостаточную обеспеченность сельских территорий доступом к сети Интернет, а также недостаточный уровень цифровых компетенций населения [2]. Указанные обстоятельства объясняют, почему технологии искусственного интеллекта внедряются значительно медленнее, чем более доступные и уже освоенные цифровые решения.

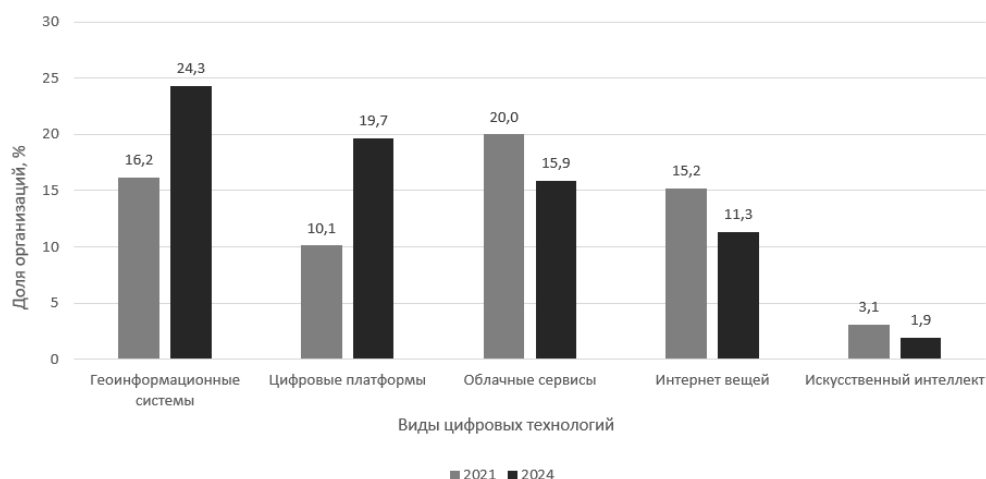


Рисунок 1 – Изменение доли сельскохозяйственных организаций, использующих отдельные цифровые технологии, в 2021 и 2024 гг.

Таким образом, распространение цифровых технологий в сельском хозяйстве происходит неравномерно: отдельные прикладные цифровые решения используются значительно шире, тогда как технологически более сложные направления пока остаются ограниченными.

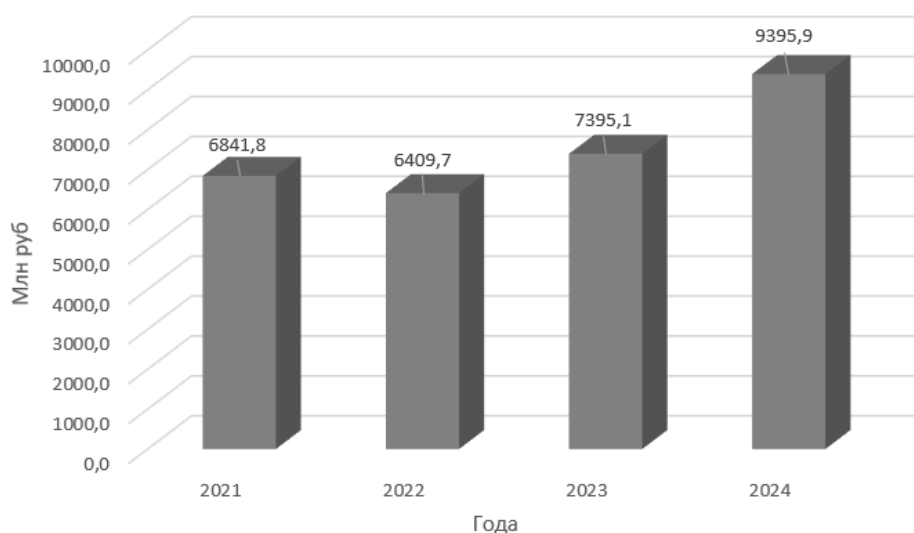


Рисунок 2 – Динамика затрат сельскохозяйственных организаций на внедрение и использование цифровых технологий в 2021–2024 гг.

Оценка цифровизации сельскохозяйственных организаций не должна ограничиваться только показателями распространенности отдельных цифровых технологий. В исследовании Д. М. Самохвалова и С. А. Суслова при оценке процессов цифровизации наряду с элементами цифровой инфраструктуры учитывается

величина финансовых затрат на развитие цифрового сельского хозяйства. Такой подход позволяет рассматривать финансовые ресурсы как один из факторов, обеспечивающих возможность дальнейшей цифровой трансформации отрасли [3].

Данные о расходах свидетельствуют о существенном увеличении финансовых вложений в цифровизацию. В целом за период 2021–2024 гг. объем затрат увеличился на 2 554,1 млн руб., или примерно на 37,3 %.

Анализ структуры расходов показывает существенное изменение характера затрат организаций. Внутренние затраты на внедрение и использование цифровых технологий увеличились с 5 818,1 млн руб. в 2021 г. до 6 631,4 млн руб. в 2024 г., то есть на 14,0 %. Одновременно внешние затраты выросли значительно быстрее – с 1 023,6 до 2 764,5 млн руб. Их объем увеличился приблизительно в 2,7 раза. В результате доля внешних затрат в совокупных расходах выросла с 15,0 % в 2021 г. до 29,4 % в 2024 г. Это может свидетельствовать об увеличении роли внешних поставщиков программных продуктов, технической поддержки и других цифровых услуг.

Таким образом, уровень цифровизации сельскохозяйственных организаций целесообразно оценивать не только по общей доле организаций, использующих цифровые технологии, но и по структуре применяемых решений, и объемам затрат на их внедрение и использование. Проведенный анализ показывает, что за рассматриваемый период количественный охват цифровыми технологиями изменился незначительно, однако внутри отрасли происходят заметные структурные изменения, сопровождающиеся ростом расходов и перераспределением приоритетов между отдельными направлениями цифровой трансформации.

Список использованных источников

1. Сельское хозяйство в России. 2025: статистический сборник / Федеральная служба государственной статистики. – Москва: Росстат, 2025.
2. Зинчук, Г. М. Проблемы внедрения искусственного интеллекта в агропромышленной сфере регионов России / Г. М. Зинчук, М. В. Ефимова // Креативная экономика. – 2023. – Т. 17, № 12. – С. 4899–4912. – DOI 10.18334/ce.17.12.119930. – EDN OADIWA.
3. Самохвалов, Д. М. Состояние процесса цифровизации в сельском хозяйстве и на сельских территориях / Д. М. Самохвалов, С. А. Суслов // Вестник НГИЭИ. – 2024. – № 5 (156). – С. 110–122. – DOI 10.24412/2227-9407-2024-5-110-122. – EDN QDVKK.
4. Асташова, Е. А. Модель цифровой трансформации предприятий АПК / Е. А. Асташова, Н. А. Кузнецова, Л. В. Зинич // Вопросы инновационной экономики. – 2022. – Т. 12, № 4. – С. 2341–2356. – DOI 10.18334/vines.12.4.116890. – EDN NVSISE.

ANALYSIS OF THE LEVEL AND DYNAMICS OF DIGITALIZATION IN AGRICULTURAL ORGANIZATIONS IN RUSSIA

A.O. Khmelevaya

*Don State Technical University,
Rostov-on-Don, Russia*

The article analyzes the level and dynamics of digitalization of agricultural organizations in the Russian Federation in 2021–2024. The information base for the study was the official statistical data of the Federal State Statistics Service for the type of economic activity “Crop production and livestock farming, hunting and provision of related services in these areas.” The dynamics of the share of organizations using digital technologies, as well as the spread of individual technological solutions, are examined.

Keywords: digitalization, agriculture, digital technologies, agro-industrial complex, geographic information systems, digital platforms, artificial intelligence, information technologies.

УДК 004:631.58

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СИСТЕМАХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

А.О. Хмелевая

*Донской государственный технический университет,
г. Ростов-на-Дону, Россия*

В статье рассмотрены основные цифровые технологии, применяемые в системах точного земледелия. Проанализированы системы параллельного и автоматического вождения, геоинформационные технологии, дистанционный мониторинг с применением спутников и беспилотных летательных аппаратов, системы картирования урожайности и технологии дифференцированного внесения. Проведено сравнение их назначения, используемых данных и взаимосвязи при выполнении сельскохозяйственных операций.

Ключевые слова: точное земледелие, цифровые технологии, параллельное вождение, геоинформационные системы, БПЛА, картирование урожайности, дифференцированное внесение, VRA.

Современное точное земледелие представляет собой комплекс взаимосвязанных информационных, навигационных и автоматизированных технологий, позволяющих учитывать пространственную неоднородность сельскохозяйственных угодий и принимать решения применительно к отдельным участкам поля [1].

Одной из базовых технологий являются системы параллельного вождения сельскохозяйственной техники. Они основаны на использовании спутниковой навигации GPS и ГЛОНАСС [3]. Их основная задача заключается в определении текущего положения машины и формировании оптимальной траектории движения по полю в режиме реального времени. Полученная навигационная информация может использоваться либо для визуального сопровождения оператора, либо для автоматического управления техникой. Работа системы начинается с приема спутникового сигнала навигационной антенной, после чего определяется текущее местоположение трактора, комбайна или другой сельскохозяйственной машины. Далее навигационный модуль обрабатывает координаты и формирует маршрут движения с учетом заданной траектории. Это позволяет сократить повторные проходы по уже обработанным участкам и уменьшить количество пропусков. Информация о маршруте выводится на экран агронавигатора или курсового указателя. Оператор может видеть текущее положение машины, направление движения, величину отклонения от заданной линии и уже пройденный участок. Благодаря этому обеспечивается более точное выполнение технологических операций.

В зависимости от уровня автоматизации можно выделить два основных типа систем параллельного вождения. Первый тип – агронавигаторы, которые рассчитывают маршрут и отображают его оператору, однако само управление техникой сохраняется за водителем. Второй тип – системы автоматического вождения, в которых корректировка траектории выполняется автоматически с использованием приводов и электронных контроллеров [3].

Однако точное позиционирование техники является только одной из составляющих точного земледелия. Для принятия решений необходимо также получать и анализировать информацию о состоянии отдельных участков поля. Поэтому важное место занимают геоинформационные и картографические технологии. Информация о пространственной неоднородности поля может представляться в виде электронных карт полей, почвенного плодородия, состояния растительности и урожайности. Такие карты формируют информационную основу для последующего планирования технологических операций и могут использоваться совместно с навигационными системами.

Одним из источников данных для формирования подобных карт являются технологии дистанционного мониторинга с использованием спутников, авиации и беспилотных летательных аппаратов. Такие изображения позволяют получать пространственную информацию о состоянии территории.

Беспилотные летательные аппараты рассматриваются и в российских исследованиях. В отчёте ФГБНУ «Росинформагротех» отмечается, что существуют широкие возможности «использования беспилотных летательных аппаратов для оцифровки полей, мониторинга использования сельскохозяйственных угодий, получения исходной информации при построении электронных карт полей» [1]. Из этого следует, что дистанционное зондирование в системе точного земледелия выполняет прежде всего информационную функцию.

Другим важным источником информации о пространственной неоднородности поля является картирование урожайности. В отличие от дистанционного мониторинга, который позволяет оценивать состояние посевов по

изображениям, системы картирования урожайности фиксируют фактическую продуктивность отдельных участков непосредственно во время уборки.

Системы картирования урожайности (УМТ) представляют собой программно-аппаратные комплексы, устанавливаемые на уборочную технику для измерения фактической продуктивности отдельных участков поля в процессе уборки [4]. Полученные данные привязываются к географическим координатам, что позволяет формировать цифровые карты пространственного распределения урожайности. Основу таких систем составляют датчики, установленные на зерноуборочном комбайне. Датчик массового потока определяет количество собранного зерна, датчик влажности фиксирует содержание влаги в продукции, а данные о скорости движения и ширине захвата жатки используются для расчета убранной площади. Одновременно навигационный приемник определяет координаты техники, благодаря чему результаты измерений можно соотнести с конкретными участками поля. В процессе уборки система регулярно сохраняет сведения о местоположении комбайна, объеме собранной продукции, влажности зерна, скорости движения и других параметрах. После завершения полевых работ данные обрабатываются специализированным программным обеспечением. На основе обработанных данных формируется электронная карта урожайности, на которой выделяются зоны с различной продуктивностью. Такие карты позволяют выявлять устойчивые различия внутри одного поля и использовать эту информацию при планировании последующих агротехнологических мероприятий, в том числе при формировании карт-заданий для дифференцированного внесения удобрений и других ресурсов.

Следовательно данные, получаемые с помощью БПЛА, спутникового мониторинга и систем УМТ, могут использоваться совместно. Дистанционный мониторинг позволяет оценивать состояние посевов и выявлять пространственную неоднородность в течение вегетационного периода, тогда как картирование урожайности отражает фактический результат производства после уборки. Совмещение этих данных с электронными картами полей и агрохимической информацией создает основу для формирования карт-заданий и последующего применения технологии дифференцированного внесения.

Дифференцированное внесение удобрений (VRA, Variable Rate Application) представляет собой технологию точного земледелия, при которой норма внесения изменяется в пределах одного поля в зависимости от характеристик отдельных участков [5]. Расчет доз выполняется на основе данных агрохимического анализа почвы, карт урожайности, состояния посевов и других пространственно привязанных показателей. Аналогичный подход может применяться не только к удобрениям, но и к средствам защиты растений и нормам высева семян.

В отличие от сплошного внесения, при котором на всей площади используется единая средняя норма, VRA учитывает неоднородность поля. Отдельные участки могут различаться по обеспеченности элементами питания, влажности, рельефу и другим характеристикам, поэтому применение одинаковой дозы на всей площади способно приводить как к избыточному, так и к недостаточному внесению ресурсов. Практическая реализация технологии основана на использовании карты-задания. Такая карта содержит информацию о рекомендуемой

норме внесения для различных зон поля. Во время движения сельскохозяйственной техники навигационная система определяет ее координаты, а контроллер автоматически изменяет подачу удобрений в соответствии с параметрами соответствующего участка. В результате механизатору не требуется вручную корректировать норму внесения [5].

Таким образом, технология VRA фактически объединяет результаты работы нескольких рассмотренных ранее цифровых решений. Геоинформационные системы обеспечивают хранение и пространственный анализ данных, БПЛА и спутниковый мониторинг предоставляют сведения о состоянии посевов, системы УМТ формируют карты фактической урожайности, а спутниковая навигация обеспечивает точное положение агрегата при выполнении карты-задания.

При использовании VRA могут применяться различные стратегии. Выравнивающая стратегия предполагает увеличение дозы на менее продуктивных участках с целью устранения дефицита элементов питания и постепенного повышения их продуктивности. Балансовая стратегия, напротив, ориентирована на участки с высоким производственным потенциалом: норма рассчитывается с учетом планируемой урожайности и ожидаемого выноса питательных веществ.

Для систематизации рассмотренных цифровых решений проведено их сравнение по назначению, используемым данным, результатам применения и взаимосвязи с другими элементами точного земледелия (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительная характеристика основных цифровых технологий точного земледелия

Технология	Основное назначение	Используемые данные	Результат применения	Связь с другими технологиями
Системы параллельного и автоматического вождения	Точное позиционирование и движение сельскохозяйственной техники	Координаты GPS/ГЛОНАСС, заданная траектория	Снижение числа перекрытий и пропусков, повышение точности выполнения операций	Обеспечивают точное выполнение карт-заданий, в том числе при VRA
Геоинформационные и картографические технологии	Хранение, объединение и анализ пространственных данных	Границы полей, данные о почве, растительности, урожайности	Электронные карты и пространственная информационная база	Объединяют данные БПЛА, УМТ и других источников; используются при подготовке карт-заданий
Дистанционный мониторинг: спутники и БПЛА	Оценка состояния полей и посевов	Спутниковые и аэрофотоснимки,	Выявление неоднородности состояния раститель-	Данные могут использоваться при создании электронных

Технология	Основное назначение	Используемые данные	Результат применения	Связь с другими технологиями
		пространственно привязанные изображения	ности и отдельных зон поля	карт и карт-заданий для VRA
Системы картирования урожайности УМТ	Определение фактической продуктивности различных участков поля	Массовый поток зерна, влажность, скорость движения, ширина захвата, координаты	Формирование карты пространственного распределения урожайности	Карты урожайности используются при анализе зон поля и подготовке данных для VRA
Дифференцированное внесение VRA	Изменение нормы внесения ресурсов по зонам поля	Агрохимические данные, карты урожайности, данные о состоянии посевов, карты-задания и координаты техники	Адресное внесение удобрений, средств защиты растений или семян	Использует результаты дистанционного мониторинга, УМТ и спутниковой навигации

Таким образом, различные технологии выполняют разные этапы единого процесса: сбор исходных данных, их пространственный анализ, формирование технологического задания и непосредственное выполнение сельскохозяйственной операции. Такой подход способствует более рациональному использованию производственных ресурсов и соответствует принципам ресурсосберегающего земледелия.

Список использованных источников

1. Совершенствование метода разработки карт-заданий для дифференцированного внесения удобрений: отчет о научно-исследовательской работе / ФГБНУ «Росинформагротех», КубНИИТиМ; рук. Д. А. Петухов. – Новокубанск, 2020. – 79 с. – URL: https://old.rosinformagrotech.ru/files/ebib/2_1_7_5__otchet_KubNIITiM.pdf (дата обращения: 16.09.2026).

2. McFadden, J. Aerial Imagery Remains Mostly Grounded on U.S. Farms [Electronic resource] / J. McFadden, E. Njuki // U.S. Department of Agriculture,

Economic Research Service. – 2023. – URL: <https://www.ers.usda.gov/data-products/charts-of-note/107207> (дата обращения: 17.09.2026).

3. Система параллельного вождения в сельском хозяйстве [Электронный ресурс] // EFT GROUP. – 2024. – 27 авг. – URL: <https://eftgroup.ru/blog/raznoe/sistema-parallelnogo-vozhdeniya/> (дата обращения: 18.09.2026).

4. Картографирование урожайности [Электронный ресурс] // INNER. – 2025. – 24 окт. – URL: <https://inner.su/articles/kartografirovanie-urozhaynosti-eto/> (дата обращения: 18.09.2026).

5. Дифференцированное внесение удобрений [Электронный ресурс] // АссистАгро. – 2025. – 18 февр. – URL: <https://assistagro.com/articles/agronomiya/differentsirovannoe-vnesenie-udobreniy/> (дата обращения: 18.09.2026).

COMPARATIVE ANALYSIS OF DIGITAL TECHNOLOGIES USED IN FARMING SYSTEMS

A.O. Khmelevaya

*Don State Technical University,
Rostov-on-Don, Russia*

The article examines the main digital technologies used in farming systems. Systems of parallel and automatic driving, geoinformation technologies, remote monitoring using satellites and unmanned aerial vehicles, yield mapping systems, and technologies of differentiated application are analysed. A comparison was made of their purpose, the data used, and the interrelationships in carrying out agricultural operations.

Keywords: precision farming, digital technologies, parallel driving, geographic information systems, UAVs, yield mapping, differentiated application, VRA.

УДК 631.816

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЖИДКОГО УДОБРЕНИЯ REASIL FORTE СЕМЯ СТАРТ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ НА КУБАНИ

А.Х. Шеуджен¹, О.А. Гуторова^{1,2}, Ю.В. Слюсаренко¹

¹*Кубанский государственный аграрный университет,
г. Краснодар, Россия,*

²*Майкопский государственный технологический университет,
г. Майкоп, Республика Адыгея, Россия*

В статье рассмотрено действие некорневой подкормки растений жидким удобрением Reasil Forte Семя Старт в агроценозе пшеницы озимой. Лучшие условия для роста растений, накопления в них сухой массы и биогенных элементов, формирования урожайности пшеницы озимой создавались при норме 1 л/га.

Ключевые слова: пшеница озимая, некорневая подкормка растений, Reasil Forte Семя Старт, высота растений, сухая масса растений, биогенные элементы, урожайность.

Пшеница озимая – занимает доминирующее положение в структуре агропромышленного производства и играет важную роль в обеспечении продовольственной безопасности нашей страны с валовым сбором зерна в 2026 году 75 млн. тонн. Краснодарский край один из лидирующих регионов по производству зерна, где посевные площади озимой пшеницы в текущем году составили 1,62 млн га, а валовой сбор оценивается более 9 млн. т.

Краснодарский край характеризуется большим многообразием почвенного покрова. Одним из факторов повышения урожайности зерновых культур, выращиваемых на Кубани, является обеспечение их сбалансированным минеральным питанием, а именно необходимыми макро- и микроэлементами в период роста и развития растений [3]. Как показывают исследования, проведенные на разных сельскохозяйственных культурах, внесение удобрений является важным агротехническим приемом оптимизации плодородия почв и повышения продуктивности растений [1, 2, 4, 6, 7, 8]. В связи с этим целью исследования являлось изучение действия некорневой подкормки растений жидким удобрением Reasil Forte Семя Старт на урожайность и качество зерна пшеницы озимой.

В Краснодарском крае был заложен полевой эксперимент с общей площадью опытных делянок – 80 м², учетных – 62 м² и рендомизированным размещением вариантов. Действие некорневой подкормки растений пшеницы озимой удобрением Reasil Forte Семя Старт с расходом рабочего раствора 300 л/га, проведенной в фазе кущения, изучалось на фоне внесения N₁₁₂P₃₂K₃₂. Нормы внесения изучаемого жидкого удобрения – 0,5 л/га, 1 л/га и 1,5 л/га.

В опыте по фазам вегетации пшеницы озимой проводили отбор растений для биометрического их анализа, определения содержания в них сухой массы и биогенных элементов [5]. Учет урожая пшеницы озимой проводили в фазе полной спелости зерна.

Исследования показали, что применение некорневой подкормки растений пшеницы озимой в норме 1 л/га жидким удобрением Reasil Forte Семя Старт на фоне внесения минеральных удобрений N₁₁₂P₃₂K₃₂ обеспечивало лучший рост растений в высоту. Высота растений по сравнению с фоном и другими нормами жидкого удобрения больше в фазы весеннего кущения на 0,3 и 0,1 см, выхода в трубку на 1,1 и 0,2–0,4 см, колошения на 2,5 и 0,5–1,6 см и полной спелости на 1,9 см и 0,9–1,3 см соответственно.

Накопление сухой массы растениями осуществлялось на протяжении всего вегетационного периода пшеницы озимой. Фаза весеннего кущения характеризовалась меньшим нарастанием, но к приближению завершения онтогенеза наблюдался прирост сухого вещества в растениях. Наибольшие показатели содержания сухой массы отмечались при применении нормы 1 л/га изучаемого

жидкого удобрения. В период весеннего кущения показатели соответствовали фоновым значениям, а в фазы трубкования, колошения и полной спелости были больше фона и других норм соответственно на 0,09 и 0,02–0,09; 0,06 и 0,02–0,04; 0,09 и 0,02–0,06 г/растение.

Анализ на определение содержания в растениях пшеницы озимой биогенных элементов, отобранных после возобновления вегетации (весеннее кущение), показал, что азота, фосфора и калия в вегетативных органах содержалось на уровне фона. После проведения некорневой подкормки жидким удобрением Reasil Forte Семя Старт их содержание возрастало и в большей мере при применении нормы 1 л/га. При этом азота и фосфора больше аккумулировалось в зерне, а содержание калия по органам растения распределялось практически равномерно с небольшим преимуществом в вегетативной массе.

Обработка растений удобрением Reasil Forte Семя Старт в фазе кущения увеличивало урожайность пшеницы озимой (рисунок).

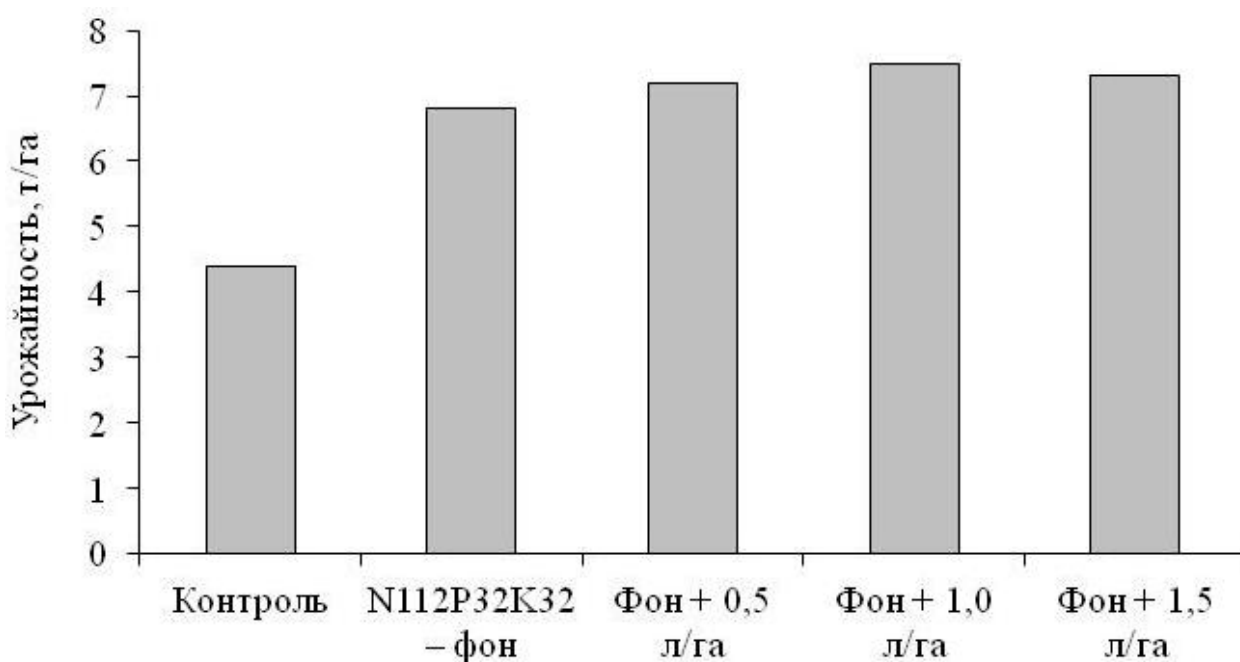


Рисунок 1 – Урожайность пшеницы озимой при некорневой подкормке растений жидким удобрением Reasil Forte Семя Старт ($HCP_{05 \text{ к контролю}} = 1,5–1,6 \text{ т/га}$; $HCP_{05 \text{ к фону}} = 0,6 \text{ т/га}$)

Как видно из рисунка, в среднем за 2 года наибольшая урожайность пшеницы озимой фиксировалась при норме 1 л/га (+3,1 т/га относительно контроля без удобрений и +0,7 т/га относительно фона N₁₁₂P₃₂K₃₂). При этом другие нормы удобрения давали также положительный эффект с прибавкой 2,8–2,9 т/га и 0,4–0,5 т/га соответственно.

Таким образом, включение в систему удобрения пшеницы озимой жидкого удобрения Reasil Forte Семя Старт в качестве некорневой подкормки увеличивает интенсивность ростовых процессов растений, накопление в них сухой

массы и биогенных элементов, а также урожайность культуры. Наибольшая эффективность проявлялась при норме удобрения 1 л/га с расходом рабочего раствора 300 л/га.

Список использованных источников

1. Влияние мелиоративного состояния на свойства почв рисовых агроландшафтов Кубани и их продуктивность / А.Х. Шеуджен, О.А. Гуторова, В.В. Аношенков [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 132. – С. 218–230. – EDN ZTTAGP.

2. Гуторова О.А. Динамика показателей плодородия лугово-черноземной почвы при длительном возделывании риса / О.А. Гуторова, В.А. Романенков, А.Х. Шеуджен // Агрохимия. – 2019. – № 10. – С. 25–34. – EDN TZPMQV.

3. Жиленко С.В. Эффективность минеральных удобрений при возделывании озимых зерновых культур в земледелии Краснодарского края / С.В. Жиленко, Н.И. Аканова, Л.Б. Винничек // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2015. – № 4 (16). – С. 216–226.

4. Коротенко Т.Л. Фенотипические и агрономические различия сортов риса агроэкоотипов *Oryza sativa* L. Subsp. Indica и subsp. Japonica Kato в экологических условиях юга России / Т.Л. Коротенко, С.В. Гаркуша, А.Е. Иванова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2025. – № 121. – С. 166–174. – EDN SCVPGQ.

5. Шеуджен А.Х. Руководство к практическим занятиям по экспериментальной агрохимии / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, О.А. Гуторова. – Майкоп: АО «Полиграф-ЮГ», 2024. – 800 с. – EDN UWCVVK.

6. Эффективность обработки семян риса лигногуматом в условиях левобережья реки Кубань / А.Х. Шеуджен, О.А. Гуторова, А.Ю. Захарова [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 116. – С. 177–182. – EDN XASYNF.

7. Эффективность обработки семян удобрением Reasil forte семя старт на посевах пшеницы озимой / А.Х. Шеуджен, О.А. Гуторова, Ю.Ю. Слюсаренко, Ю.Н. Ашинов // Аграрная наука – основа развития страны: Материалы Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), Майкоп, 17–18 октября 2024 года. – Майкоп: Издательство «Магарин Олег Григорьевич», 2024. – С. 355–356. – EDN HSOIXM.

8. Sheudzhen A.K. Humus state of the soil under liquid manure application on Kuban rice crops / A.K. Sheudzhen, O.A. Gutorova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Zernograd, Rostov Region, 27–28 августа 2020 года. – Zernograd, Rostov Region: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 012021. – EDN HGGOLA.

EFFICIENCY OF REASIL FORTE SEED START LIQUID FERTILIZER IN WINTER WHEAT GROWING IN KUBAN

A.Kh. Sheudzhen¹, O.A. Gutorova^{1,2}, Y.V. Slyusarenko¹

¹Kuban State Agrarian University,
Krasnodar, Russia,

²Maikop State Technological University,
Maikop, Republic of Adygea, Russia

This article examines the effects of foliar feeding of plants with Reasil Forte Seed Start liquid fertilizer in a winter wheat agrocenosis. The best conditions for plant growth, accumulation of dry matter and nutrients, and winter wheat yield were achieved at a rate of 1 l/ha.

Keywords: winter wheat, foliar feeding, Reasil Forte Seed Start, plant height, plant dry matter, nutrients, yield.

УДК 621.983: 631

ШТАМПОВКА БИЧЕЙ МОЛОТИЛЬНЫХ БАРАБАНОВ С ФОРМОВАНИЕМ РИФЛЕЙ

А.А. Шишкина, С.С. Яковлев

Тульский государственный университет,
г. Тула, Россия

Рассмотрены бичи молотильного барабана как рабочие органы зерноуборочных машин, работоспособность которых определяется состоянием рифлёной поверхности, геометрией выступов, точностью установки и сопротивлением изнашиванию. В качестве направления совершенствования производства обсуждается горячая объёмная штамповка, при которой основание и рельеф формируются пластическим перемещением металла, что снижает стружечные потери и объём последующей обработки.

Ключевые слова: машиностроение, бичи молотильного барабана, зерноуборочная техника, рифлёная поверхность, обмолот, износ рабочих органов, горячая объёмная штамповка.

Бичи молотильного барабана относятся к рабочим органам зерноуборочных машин, непосредственно взаимодействующим с обрабатываемой растительной массой, так в процессе обмолота они передают материалу ударные и касательные воздействия, способствующие выделению зерна из колоса [1-3]. Работоспособность этих деталей определяется не только прочностью основания, но и

состоянием рабочей поверхности, геометрией рифлей, точностью установки и устойчивостью к изнашиванию.

Рифлёная поверхность обеспечивает локальное изменение контактного давления и характера перемещения растительной массы в молотильном зазоре. По мере изнашивания выступов условия взаимодействия изменяются, что может ухудшать качество обмолота и вызывать необходимость корректировки режима работы машины. При этом чрезмерно острые выступы и неоправданно высокая жёсткость воздействия способны увеличивать повреждаемость зерна. Поэтому профиль рифлей должен соответствовать конструкции молотильного аппарата и условиям его эксплуатации.

Одним из возможных направлений совершенствования производства бичей является горячая объёмная штамповка [4-7], при которой основание и рифлёный профиль формируются преимущественно за счёт пластического перемещения металла. В сравнении с изготовлением рельефа удалением материала такой подход потенциально уменьшает стружечные потери и сокращает объём последующей обработки. Однако его эффективность зависит от полноты заполнения штампа, стойкости инструмента и стабильности размеров протяжённой детали.

Бич представляет собой протяжённую деталь, конструкция которой включает несущую часть, рабочий рельеф и элементы крепления. Конкретная форма основания, направление рифлей и расположение крепёжных отверстий устанавливаются документацией на молотильный барабан. Если конструкцией предусмотрены бичи с противоположным направлением рифления, технологическая оснастка и контроль должны учитывать различия между такими исполнениями.

В эксплуатации рабочая поверхность испытывает повторные ударные нагрузки и абразивное воздействие. Источниками изнашивания являются растительная масса и содержащиеся в ней минеральные примеси. Попадание посторонних предметов может сопровождаться кратковременными перегрузками. В связи с этим повышение твёрдости не должно рассматриваться как единственный способ увеличения ресурса: чрезмерное охрупчивание рифлей создаёт опасность сколов и разрушения.

Материал выбирают с учётом требуемого сочетания износостойкости, вязкости, прокаливаемости и технологической пластичности. В зависимости от конструкции могут рассматриваться углеродистые и легированные конструкционные стали. Окончательный выбор марки и термической обработки должен опираться на требования к готовой детали, а не только на удобство штамповки.

При штамповке рифли образуются в результате вытеснения металла из прилегающих объёмов заготовки в соответствующие углубления инструмента. Полнота заполнения определяется соотношением высоты и ширины выступов, радиусами переходов, направлением течения металла, температурой и контактным трением.

Наиболее сложным обычно является заключительный участок деформирования, когда металл должен заполнить вершины и угловые зоны рельефных полостей. По мере уменьшения свободного пространства сопротивление течению

возрастает. При недостаточном запасе металла, его охлаждении или неудачной форме предварительной заготовки вершины рифлей могут оставаться незаполненными.

Увеличение массы заготовки не всегда решает эту проблему. Избыточный металл способен прежде всего увеличить объём облоя и нагрузку на инструмент, не обеспечив требуемого заполнения отдельных участков. Поэтому основной задачей является не создание общего избытка материала, а его рациональное распределение относительно будущего рельефа.

Радиусы переходов между основанием и рифлями влияют одновременно на технологичность и эксплуатационную прочность. Чрезмерно малые радиусы затрудняют течение металла, повышают локальные нагрузки на штамп и увеличивают концентрацию напряжений в готовой детали. Однако чрезмерное скругление может изменить рабочие свойства поверхности. Геометрию необходимо согласовывать с функциональными требованиями к бичу.

Схему разъёма штампа и направление извлечения поковки выбирают так, чтобы сформированный рельеф не препятствовал удалению детали. При наличии сложного наклонного профиля это условие следует проверять ещё до разработки окончательной конструкции инструмента.

Разработку технологии целесообразно начинать с определения объёма поковки. При назначении исходной заготовки учитывают объём готовой детали, припуски на обработку, технологические напуски, потери при нагреве и металл, необходимый для образования облоя, если применяется облойная схема. Допуски и припуски для стальных штампованных поковок назначают с учётом ГОСТ 7505–89.

Практический вывод состоит в том, что технологию следует разрабатывать последовательно: от требований к готовой детали и объёма поковки к назначению припусков, напусков и потерь, затем к выбору схемы разъёма и проверке возможности извлечения поковки со сложным наклонным рельефом, и лишь после этого к конструкции штампа. Такая последовательность снижает риск незаполнения рифлей, преждевременного износа гравюры и отклонений размеров по длине детали.

Список использованных источников

1. Березкина К. Ф. Управление развитием машинно-тракторного парка / К.Ф. Березкина // Техника и оборудование для села. - №6. - 2010. - с. 37-41
2. Савицкая Г.В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия. – М.: ИНФРА-М, 2018. с. 336
3. Капустин, В. П. Сельскохозяйственные машины : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 "Агроинженерия" / В. П. Капустин, Ю. Е. Глазков. - Москва : ИНФРА-М, 2015. -280 с
4. Шило, И. Н. Современное оборудование и машины для послеуборочной обработки зерна : справочник / И. Н. Шило, Е. М. Михайловский ; Минсельхозпрод РБ, УО "БГАТУ". - Минск : БГАТУ, 2011. - 508 с.

5. Кухарь, В. Д. Получение оболочек с внешними рифлями волочением трубчатых заготовок / В. Д. Кухарь, С. С. Яковлев, А. А. Шишкина // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2025. – № 3. – С. 174-178.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024688361 Российская Федерация. Программа для расчета силы и припусков при зачистке металлических деталей: № 2024687212: заявл. 12.11.2024: опубл. 27.11.2024 / А. А. Шишкина, С. С. Яковлев, И. В. Гребенщиков; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет».

7. Филонов, И.П. Инновации в технологии машиностроения: Учебное пособие / И.П. Филонов, И.Л. Баршай. Минск: Вышэйшая школа, 2009. 110 с.

STAMPING OF THRESHING DRUM BEATS WITH FLUTING FORMATION

A.A. Shishkina, S.S. Yakovlev

*Tula State University,
Tula, Russia*

The threshing drum beats are considered as working parts of grain harvesting machines, the performance of which is determined by the condition of the fluted surface, the geometry of the protrusions, the accuracy of installation, and wear resistance. Hot bulk stamping is discussed as a direction for improving production, in which the base and relief are formed by plastic metal movement, which reduces chip losses and the volume of subsequent processing.

Keywords: mechanical engineering, threshing drum beaters, grain harvesting equipment, corrugated surface, threshing, wear of working parts, hot bulk stamping.

УДК 636.2.034

АНАЛИЗ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПОЛЕЗНЫХ ПРИЗНАКОВ КОРОВ

Т.В. Шишкина, Р.Ю. Налдашкин

*Пензенский государственный аграрный университет,
г. Пенза, Россия*

В статье представлены результаты изучения корреляционных взаимосвязей между хозяйственно-полезными признаками у коров голштинизированной черно-пестрой породы в зависимости от продолжительности сервис-периода. Животные разделены на шесть групп по длительности сервис-периода. По

результатам исследований, во всех группах установлена стабильная умеренная положительная корреляция между массовой долей жира и белка ($r = 0,50-0,54$). Связь удоя с массовой долей жира и белка в большинстве групп слабая отрицательная ($r = -0,10 \dots -0,22$). Выявлена слабая положительная корреляция между удоем и продолжительностью сервис-периода ($r = 0,22-0,34$) и отрицательная связь удоя с индексом плодовитости ($r = -0,13 \dots -0,60$). Между коэффициентом воспроизводительной способности и индексом плодовитости наблюдается умеренная и сильная положительная корреляция ($r = 0,52-0,69$). Полученные результаты обосновывают необходимость применения с целью повышения эффективности племенной работы.

Ключевые слова: корреляция, связь, признак, продуктивность, воспроизводство, селекция.

Односторонняя селекция молочного скота характеризуется низкой эффективностью, что обуславливает необходимость изучения изменения хозяйственно-полезных признаков в неразрывной связи с другими особенностями животного. Несмотря на то, что генетика открывает широкие перспективы для улучшения отдельных свойств посредством отбора и подбора, на практике этот потенциал существенно ограничивается физиологическими и морфологическими корреляциями.

Для оценки взаимодействия признаков применяются методы дисперсионного и регрессионного анализа, а также расчет коэффициента корреляции. Благоприятные факторы внешней среды способствуют закреплению желательных качеств, повышая результативность племенной работы, при этом показатели корреляции служат надежным индикатором потенциала эффективной селекции.

Степень выраженности связей может варьироваться в широком диапазоне в зависимости от генетических особенностей животных и условий реализации их наследственного потенциала. Однако это не снижает ценности корреляционного анализа, а напротив, определяет метод работы селекционеров по целенаправленному изменению данных взаимосвязей в нужном направлении.

В частности, в селекционной работе с молочным скотом важнейшее значение имеют корреляционные связи между хозяйственно-полезными признаками, которые позволяют селекционеру целенаправленно вести отбор: усиливать желательные признаки, не допускать нежелательного сдвига сопряженных показателей и прогнозировать результаты племенной работы. Корреляционный анализ дает возможность выявлять признаки, отбор по которым косвенно улучшает другие хозяйственно-ценные качества животных. При этом, в условиях современной интенсификации молочного скотоводства вопрос изучения взаимосвязи ключевых селекционных признаков сохраняет свою высокую научную и практическую актуальность.

Работа проводилась в условиях племенного предприятия ОСП «Учебно-опытное хозяйство «Рамзай» ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ. Материалом для исследований послужили данные племенного учета программы «СЕЛЕКС-

молочный скот» по коровам голштинизированной черно-пестрой породы в первую лактацию.

Животные были разделены на шесть групп в зависимости от продолжительности сервис-периода: I группа – до 80 дней (n=55); II группа – 81-100 дней (n=23); III группа – 101-120 дней (n=13); IV группа – 121-140 дней (n=8); V группа – 141-160 дней (n=6); VI группа – 161 день и более (n=28). Методом вариационной статистики был рассчитан коэффициент корреляции между показателями молочной продуктивности и воспроизводительными качествами в зависимости от продолжительности сервис-периода (таблица 1).

Таблица 1 – Коэффициенты корреляции между хозяйственно-полезными признаками, r

Корреляция между признаками	Группа					
	I	II	III	IV	V	VI
Удой – Массовая доля жира	-0,10	-0,22	-0,13	-0,20	-0,83	-0,11
Удой – Массовая доля белка	-0,14	-0,11	0,13	0,20	-0,83	-0,07
Массовая доля жира – Массовая доля белка	0,50	0,52	0,52	0,54	0,54	0,51
Удой – Сервис-период	0,22	0,23	0,23	0,32	0,34	0,34
Удой – Межотельный период	0,05	0,07	0,17	0,12	0,14	0,14
Межотельный период – Сервис-период	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Удой – Индекс плодовитости	-0,29	-0,13	-0,37	-0,48	-0,60	-0,02
Коэффициент воспроизводи- тельной способности – Индекс плодовитости	0,55	0,54	0,52	0,69	0,68	0,58

Анализ корреляционных взаимосвязей между качественными показателями молока выявил стабильную умеренную положительную корреляцию между массовой долей жира и белка во всех группах ($r = 0,50-0,54$), что подтверждает закономерность того, что селекция на повышение одного компонента молока закономерно ведет к повышению другого, независимо от длительности сервис-периода.

Взаимосвязь между удоем и массовой долей жира, а также удоем и массовой долей белка в большинстве групп характеризовалась слабой отрицательной корреляцией ($r = -0,10 \dots -0,22$), и подтверждает закономерность того, что с увеличением молочной продуктивности, массовая доля жира и белка в молоке снижаются.

Установлена устойчивая слабая положительная корреляция между удоем и продолжительностью сервис-периода ($r = 0,22-0,34$), а также отрицательная связь удоя с индексом плодовитости ($r = -0,13 \dots -0,60$). Данные закономерности свидетельствуют о том, что увеличение молочной продуктивности коров в первую лактацию сопровождается тенденцией к удлинению сервис-периода и снижению воспроизводительной функции. Наиболее сбалансированные

показатели наблюдаются в I группе животных с оптимальным сервис-периодом до 80 дней)

Между коэффициентом воспроизводительной способности и индексом плодовитости выявлена умеренная и сильная положительная корреляция ($r = 0,52-0,69$).

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно отметить, что в условиях современной интенсификации молочного скотоводства вопрос изучения взаимосвязи ключевых селекционных признаков сохраняет свою высокую научную и практическую актуальность. Проведенные исследования подтверждают наличие тесных корреляционных связей между продуктивными и воспроизводительными качествами коров, характер которых зависит от продолжительности сервис-периода. Полученные данные могут быть использованы в селекционной работе для целенаправленного отбора животных, прогнозирования результатов племенной работы и разработки практических рекомендаций по управлению воспроизводством стада.

Список использованных источников

1. Анисимова, Е. И. Взаимосвязь между селекционными признаками у симментальских коров разных внутрипородных типов / Е. И. Анисимова, П. С. Катмаков // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 2(42). – С. 104-109. – DOI 10.18286/1816-4501-2018-2-104-109. – EDN XREQFF.

2. Батанов, С. Д. Разработка модели комплексной оценки экстерьера и продуктивности молочного скота с использованием цифровых технологий / С. Д. Батанов, И. А. Баранова, О. С. Старостина // Зоотехния. – 2019. – № 7. – С. 2-8. – DOI 10.25708/ZT.2019.28.41.001. – EDN WXPTUN.

3. Зиннатова, Ф. Ф. Корреляция между основными признаками молочной продуктивности крупного рогатого скота в зависимости от генотипа / Ф. Ф. Зиннатова, Ф. Ф. Зиннатов, Ш. К. Шакиров // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2016. – № 2. – С. 111-114. – EDN WAIZFJ.

4. Иванова, И. П. Применение селекционно-генетических параметров в племенной работе с молочным скотом / И. П. Иванова, И. В. Троценко // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 3(144). – С. 65-70. – EDN ZABDED.

5. Игнатьева, Н. Л. Хозяйственно-полезные признаки голштинизированных коров черно-пестрой породы и корреляционная связь между ними / Н. Л. Игнатьева, А. Ю. Лаврентьев // Молочнохозяйственный вестник. – 2020. – № 1(37). – С. 35-45. – EDN WSBNGT.

6. Каналина, Н. М. Взаимосвязь между признаками молочной продуктивности коров разных линий / Н. М. Каналина, М. А. Сушенцова // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2015. – Т. 221, № 1. – С. 104-107. – EDN TODXBJ.

7. Кровикова, А. Н. Взаимосвязь между признаками молочной продуктивности у коров-первотелок разного происхождения / А. Н. Кровикова, Н. А. Федосеева, К. С. Мехтиева // Актуальные проблемы ветеринарной медицины,

зоотехнии, биотехнологии и экспертизы сырья и продуктов животного происхождения : Сборник трудов 2-й Научно-практической конференции, Москва, 23 июня 2023 года / Под общей редакцией С.В. Позябина, Л.А. Гнездиловой. – Москва: Сельскохозяйственные технологии, 2023. – С. 289-290. – EDN MICABV.

8. Манукян, Е. А. Взаимосвязь между признаками молочной продуктивности голштинского скота в условиях московской области / Е. А. Манукян, Т. В. Лепехина, Ф. Р. Бакай // Генетика в системе сельскохозяйственных наук и практике : Материалы I Национальной (Всероссийской) междисциплинарной научно-практической конференции, Уссурийск, 29 апреля 2025 года. – Уссурийск: Приморский государственный аграрно-технологический университет, 2025. – С. 75-79. – EDN JMELOV.

9. Троценко, И. В. Взаимосвязи между признаками продуктивности у молочного скота / И. В. Троценко, И. П. Иванова // Вестник КрасГАУ. – 2022. – № 3(180). – С. 93-100. – DOI 10.36718/1819-4036-2022-3-93-100. – EDN KFDKWQ.

10. Усова, Т. П. Взаимосвязь между признаками молочной продуктивности в стаде коров голштинской породы / Т. П. Усова, Д. В. Чесноков // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2020. – № 2(61). – С. 108-111. – EDN RZYJID.

11. Шишкина, Т. В. Молочная продуктивность коров разных линий и анализ взаимосвязи между признаками / Т. В. Шишкина, В. В. Фомина, Е. С. Урбанович // Сурский вестник. – 2025. – № 2(31). – С. 42-50. – DOI 10.36461/2619-1202_2025_02_007. – EDN OYJJUD.

ANALYSIS OF CORRELATION RELATIONSHIPS AMONG ECONOMICALLY USEFUL TRAITS IN COWS

T.V. Shishkina, R.Yu. Naldashkin

*Penza State Agrarian University,
Penza, Russia*

This paper presents the results of a study on the correlation relationships among economically useful traits in Holsteinized Black-and-White cows in relation to the duration of the service period. The animals were divided into six groups according to the service period length. The study revealed a stable moderate positive correlation between milk fat and protein content across all groups ($r = 0.50-0.54$). The correlation between milk yield and fat and protein content was weakly negative in most groups ($r = -0.10...-0.22$). A weak positive correlation was found between milk yield and service period duration ($r = 0.22-0.34$), alongside a negative correlation between milk yield and the fertility index ($r = -0.13...-0.60$). A moderate to strong positive correlation was observed between the reproductive capacity coefficient and the fertility index ($r = 0.52-0.69$). The obtained results substantiate the need for their practical application to enhance the efficiency of breeding work.

Keywords: correlation, relationship, trait, productivity, reproduction, selection.

**ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ТЫКВЫ
РЕГУЛЯТОРАМИ РОСТА НА ИХ ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА
И КОЛИЧЕСТВЕННУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОРОСТКОВ**

В.Б. Щукин

*Оренбургский государственный аграрный университет,
г. Оренбург, Россия*

В статье представлены результаты исследований по оценке влияния обработки семян регуляторами роста на их посевные качества и морфологические показатели проростков тыквы твердокорой (*Cucurbita pepo* L.). По совокупному влиянию на посевные качества семян и количественную изменчивость морфологических показателей проростков тыквы наибольший положительный эффект получен при замачивании семян в течении 4 часов в водном растворе регулятора роста Грин Дейл (10 мл препарата на 1 л).

Ключевые слова: тыква, регуляторы роста, посевные качества семян, морфологические показатели растений.

Стимулирование роста растений на начальных этапах органогенеза за счет обработки семян регуляторами роста является важным технологическим приемом при возделывания сельскохозяйственных культур. Результатом является повышение всхожести семян, что способствует получению нужной густоты всходов и быстрому развитию корневой системы [1-5]. Положительное влияние регуляторов роста на формирование фотосинтезирующего аппарата и структуру посева обеспечивает формирование высокопродуктивного агроценоза [6 - 8].

Цель исследований - изучить влияние регуляторов роста Домоцвет, Р (0,05 г/л гидрохлоридной кислоты) и Грин Дейл, ВРК (25 г/л янтарной кислоты) при предпосевной обработке семян тыквы твердокорой (*Cucurbita pepo* L.) на их посевные качества и количественную изменчивость морфологических показателей проростков. Исследования проводили с тыквой твердокорой (*Cucurbita pepo* L.) сорта Даная. Семена тыквы замачивали в водных растворах регуляторов роста Домоцвет, Р (0,1 мл препарата на 1 л) и Грин Дейл, ВРК (10 мл препарата на 1 л) в течение 4 часов. Статистическая обработка данных проводилась по Б.А. Доспехову (1985).

Исследования показали высокое качество семян - на всех вариантах всхожесть семян составила 100% (табл. 1).

Таблица 1 – Посевные качества семян и морфологические показатели проростков тыквы

Вариант	Энергия прорас- тания семян, %	Всхо- жесть семян, %	Длина ростков, см			Длина корней, см		
			Статистические показатели					
			$\bar{X} \pm$ $t_{05}S\bar{x}$, см	S, см	V, %	$\bar{X} \pm t_{05}S\bar{x}$, см	S, см	V, %
Контроль	95	100	6,0 ± 0,5	2,55	42,5	12,6 ± 0,8	4,20	33,3
Домоцвет, Р	98	100	5,8 ± 0,5	2,45	42,2	13,5 ± 0,7	3,61	26,7
Грин Дейл, ВРК	96	100	6,2 ± 0,5	2,64	42,6	13,7 ± 1,0	4,78	34,9

Интенсивность роста в проростках тыквы на опытных вариантах была выше, чем на контроле, в связи с чем оба варианта превышали контроль по энергии прорастания семян.

Наибольшее влияние препарата на морфологические показатели проявилось на варианте с препаратом Грин Дейл, где ростки и корни тыквы увеличивались, по сравнению с контролем, на 3,3 и 8,7% соответственно. Вместе с тем, на данном варианте и по длине ростков и по длине корней отмечено увеличение стандартного отклонения и коэффициента вариации, что говорит о снижении выравниваемости показателей. Обработка семян тыквы препаратом Домоцвет оказала положительное влияние только на длину корней. Увеличение, по сравнению с контролем, составило 7,1%.

Таким образом, обработка семян регуляторами роста Домоцвет, Р (0,05 г/л гидрохлоридной кислоты) и Грин Дейл, ВРК (25 г/л янтарной кислоты) положительно влияла на энергию прорастания семян тыквы твердокорой и оказывала стимулирующее действие на рост ростков и корней. Наибольший положительный эффект по совокупному влиянию на посевные качества семян и ростовые процессы в проростках тыквы получен при замачивании семян в течении 4 часов в водном растворе регулятора роста Грин Дейл (10 мл препарата на 1 л).

Список использованных источников

1. Ильясова Н.В. Влияние препаратов Аминозол, Фербия и Гуми-30 на посевные качества семян и количественную изменчивость морфологических показателей проростков огурца / Н.В. Ильясова // Инновационные технологии в АПК: теория и практика. Сборник статей XIV Международной научно-практической

конференции, посвященной 75-летию ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ. – Пенза: Пензенский ГАУ, 2026. - С. 165-168. EDN: YRSTWI

2. Ильясова Н.В. Влияние аминокислотных комплексов и удобрения на основе гуминовых кислот на рост растений огурца в начальный период их роста и развития / Н.В. Ильясова // Национальные приоритеты развития агропромышленного комплекса. Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием. – Оренбург: Оренбургский ГАУ, 2025. С. 114-118. EDN: DQBCNG

3. Ильясова Н.В. Посевные качества семян и морфологические показатели проростков огурца в зависимости от различных экзогенных факторов / Н.В. Ильясова // Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства. Сборник статей X Международной научно-практической конференции. – Пенза: Пензенский ГАУ, 2025. - С. 84-88. EDN: SJXKLO

4. Ильясова Н.В. Влияние стимулирующих препаратов на ростовые процессы в растениях вигны / Н.В. Ильясова // Актуальные проблемы и приоритетные направления развития современной ветеринарной медицины и биотехнологий. Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием. – Оренбург: Оренбургский ГАУ, 2025. - С. 647-649. EDN: NYGRBH

5. Ильясова Н.В. Влияние регуляторов роста и микробиологического удобрения на сбалансированность ростовых процессов в проростках лука репчатого / Н.В. Ильясова // Региональные проблемы устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях цифровой трансформации. Сборник статей II Международной научно-практической конференции. – Пенза: Пензенский ГАУ, 2025. - С. 108-112. EDN: TYBJKV

6. Харитонов С.В. Структура урожая и урожайность яровой пшеницы при предпосевной обработке семян регуляторами роста и микроэлементами в условиях степной зоны Южного Урала / С.В. Харитонов, В.Б. Щукин, О.Г. Павлова // Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции. - Саратов ООО Издательство «КУ-БиК», 2010. - С. 298-301. EDN: XRDAIX

7. Ярцев Г.Ф. Продуктивность зернового сорго и ячменя на южных черноземах Оренбургского Предуралья / Г.Ф. Ярцев, В.Б. Щукин, Р.К. Байкаменов, Н.В. Ильясова, Р.А. Аймуратов / Животноводство и кормопроизводство. - 2026. - Т. 109. - № 1. - С. 263-273. EDN: DUFLSU

8. Щукин В.Б. Совершенствование технологии возделывания нута в условиях Оренбургского Предуралья / В.Б. Щукин, Р.И. Джафарова, Н.В. Ильясова // Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы. Сборник статей XII Международной научно-практической конференции. - Пенза: Пензенский ГАУ, 2017. - С. 77-81. EDN: XRVGPR

INFLUENCE OF PRE-SOWING TREATMENT OF PUMPKIN SEEDS WITH GROWTH REGULATORS ON THEIR SOWING QUALITIES AND QUANTITATIVE VARIABILITY OF MORPHOLOGICAL INDICATORS OF SEEDLINGS

V.B. Shchukin

*Orenburg State Agrarian University,
Orenburg, Russia*

This article presents the results of a study assessing the effect of seed treatment with growth regulators on the sowing qualities of seeds and morphological indicators of pumpkin seedlings (*Cucurbita pepo* L.). In terms of the combined effect on seed sowing qualities and quantitative variability of morphological indicators of pumpkin seedlings, the greatest positive effect was obtained by soaking the seeds for 4 hours in an aqueous solution of the growth regulator Green Dale (10 ml of the product per 1 liter).

Key words: pumpkin, growth regulators, seed sowing qualities, plant morphological parameters.

УДК 633.11:631.815

ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТОВ СЕРИИ «ОРГОСТИМ» НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

В.Б. Щукин

*Оренбургский государственный аграрный университет,
г. Оренбург, Россия*

В исследованиях изучено влияние препаратов «ОргоСтим» на экономическую эффективность производства яровой пшеницы Оренбургская 30. Выявлена система внесения препаратов, обеспечившая, относительно контроля, получение наибольшего дополнительного чистого дохода с 1 га.

Ключевые слова: яровая пшеницы, системы внесения удобрений, ОргоСтим-Старт, ОргоСтим-Рост, ОргоСтим-Урожай, экономическая эффективность.

Одним из важных направлений оптимизации минерального питания сельскохозяйственных культур в течение всего вегетационного периода является использование систем внесения органических и комплексных минеральных удобрений и препаратов, включающих сочетание таких агроприемов, как обработка семян и некорневые подкормки. Комплекс таких технологических приемов позволяет оптимизировать условия питания для формирования всех элементов структуры растений, определяющих продуктивность посева [1-5]. Вместе с тем,

действие удобрений и препаратов во многом определяется почвенно-климатическими условиями, что оказывает значительное влияние на экономическую эффективность возделывания культур и определяет целесообразность их применения в каждой агроклиматической зоне [6-8].

Цель работы – изучить экономическую эффективность и определить целесообразность использования систем внесения препаратов «ОргоСтим» на посеве яровой пшеницы Оренбургская 30 в условиях Оренбургского Предуралья.

Исследования проводились на учебно-опытном поле Оренбургского ГАУ в 2025 году. Почва участка - чернозем южный, среднемощный. В схему опыта входили варианты: 1. Контроль (без внесения препаратов «ОргоСтим»); 2. ОргоСтим-Старт, обработка семян, 1 л/т; 3. Система №1 - ОргоСтим-Старт, обработка семян, 1 л/т + некорневая подкормка баковой смесью при наступлении полной фазы кушения - ОргоСтим-Рост, 1 л/га и гербицид; 4. Система №2 - ОргоСтим-Старт, обработка семян, 1 л/т + некорневая подкормка баковой смесью при наступлении полной фазы кушения - ОргоСтим-Рост, 1 л/га и гербицид + некорневая подкормка в конце кушения-начале выхода в трубку - ОргоСтим-Рост, 1 л/га; 5. Система №3 - ОргоСтим-Старт, обработка семян, 1 л/т + некорневая подкормка баковой смесью при наступлении полной фазы кушения - ОргоСтим-Рост, 1 л/га и гербицид + некорневая подкормка в конце кушения-начале выхода в трубку - ОргоСтим-Рост, 1 л/га + некорневая подкормка в начале фазы колошения - ОргоСтим-Урожай, 1 л/га; 6. Система №4 - ОргоСтим-Старт, обработка семян, 1 л/т + гербицид при наступлении полной фазы кушения + некорневая подкормка в конце кушения-начале выхода в трубку - ОргоСтим-Рост, 1 л/га + некорневая подкормка в начале фазы колошения - ОргоСтим-Урожай, 1 л/га. Учет урожая проводили по делянкам сплошным методом комбайном Террион 2010.

Расчет технологических карт позволил учесть все затраты при производстве яровой пшеницы Оренбургская 30 и сделать расчет показателей экономической эффективности. Это позволило выявить системы внесения препаратов, наиболее экономически целесообразные при возделывании культуры (табл. 1).

Таблица 1 – Экономическая эффективность систем внесения препаратов «ОргоСтим» при возделывании яровой пшеницы Оренбургская 30, 2025 год

Системы внесения препаратов «ОргоСтим»	Урожайность, ц с 1 га	Затраты в руб.		Чистый доход, руб/га.	Рентабельность, %
		на 1 га	на 1 ц		
1. Контроль (без внесения препаратов «ОргоСтим»)	16,2	7537,6	471,1	11902,7	157,9
2. ОргоСтим-Старт, обработка семян, 1 л/т	18,2	7736,4	425,1	14103,6	182,3
3. Система №1	19,4	8918,4	459,7	14361,6	161,0

Системы внесения препаратов «ОргоСтим»	Урожайность, ц с 1 га	Затраты в руб.		Чистый доход, руб/га.	Рентабельность, %
4. Система № 2	20,9	9555,2	457,2	15524,8	162,5
5. Система № 3	24,0	10312,6	429,7	18487,4	179,3
6. Система № 4	21,9	9586,3	443,8	16693,7	174,1

Использование систем внесения препаратов «ОргоСтим» на посеве яровой пшеницы сорта Оренбургская 30 повысило рентабельность, по сравнению с контролем, на всех вариантах. Наибольшее повышение было отмечено на варианте с обработкой семян препаратом ОргоСтим-Старт (1 л/т) – 182,3%, что превысило контроль на 24,4%. Расчеты показали, что все опытные варианты по величине чистого дохода превышали контрольный. Вариант с наибольшей урожайностью - ОргоСтим-Старт, обработка семян, 1 л/т + некорневая подкормка баковой смесью при наступлении полной фазы кущения - ОргоСтим-Рост, 1 л/га и гербицид + некорневая подкормка в конце кущения-начале выхода в трубку - ОргоСтим-Рост, 1 л/га + некорневая подкормка в начале фазы колошения - ОргоСтим-Урожай, 1 л/га, уступал варианту с обработкой семян препаратом ОргоСтим-Старт, 1 л/т по рентабельности на 3,0%, но при этом имел наибольший в опыте чистый доход. Он составил 18487,4 рубля на га при 11902,7 рубля на га на контрольном варианте.

В целом, использование систем внесения препаратов «ОргоСтим» на посеве яровой пшеницы Оренбургская 30 было экономически эффективным. Наиболее эффективной была система ОргоСтим-Старт, обработка семян, 1 л/т + некорневая подкормка баковой смесью при наступлении полной фазы кущения - ОргоСтим-Рост, 1 л/га и гербицид + некорневая подкормка в конце кущения-начале выхода в трубку - ОргоСтим-Рост, 1 л/га + некорневая подкормка в начале фазы колошения - ОргоСтим-Урожай, 1 л/га, где при рентабельности в 179,3% получен наибольший дополнительный чистый доход, по сравнению с контрольным вариантом, в 6584,7 рубля на 1 га.

Список использованных источников

1. Щукин В.Б. Влияние поздних некорневых подкормок минеральными удобрениями на продуктивность посева яровой пшеницы / В.Б. Щукин, Г.Ф. Ярцев, Н.В. Ильясова, К.Г. Абашидзе, Ю.Ю. Шнякина, А.А. Прибытков // Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем. Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием. – Оренбург: Оренбургский ГАУ, 2026. - С. 628-631. EDN: LEZAJY

2. Паламарчук П.Г. Влияние минеральных удобрений на продуктивность сортов суданской травы / П.Г. Паламарчук, М.И. Машенков, Н.В. Ильясова, И.В. Паламарчук // Актуальные проблемы и приоритетные направления развития

современной ветеринарной медицины и биотехнологий. Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием. - Оренбург: Оренбургский ГАУ, 2025. - С. 683-685. EDN: WHILKZ

3. Паламарчук П.Г. Влияние удобрений на структуру урожая и урожайность сортов нута / П.Г. Паламарчук, М.И. Машенков, Н.В.Ильясова, И.В. Паламарчук // Актуальные проблемы и приоритетные направления развития современной ветеринарной медицины и биотехнологий. Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием. – Оренбург: Оренбургский ГАУ, 2025. - С. 685-687. EDN: TTONVF

4. Маланина М.В. Эффективность минерального удобрения НаноКремний на посеве яровой пшеницы в условиях Оренбургского Предуралья / М.В. Маланина, С.А. Маланин, Н.В. Ильясова, В.Б. Щукин, Ю.Ю. Шнякина, А.А. Прибытков // Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем. Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием. – Оренбург: Оренбургский ГАУ, 2026. - С. 866-869. EDN: VTIEBE

5. Ильясова Н.В. Посевные качества семян яровой пшеницы при поздних некорневых подкормках удобрениями в период их формирования / Н.В. Ильясова // АПК России: образование, наука, производство. Сборник статей X Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. - Пенза: Пензенский ГАУ, 2026. - С. 74-77. EDN: RKRQWZ

6. Ярцев Г.Ф. Продуктивность зернового сорго и ячменя на южных черноземах Оренбургского Предуралья / Г.Ф. Ярцев, В.Б. Щукин, Р.К. Байкасенов, Н.В. Ильясова, Р.А. Аймуратов // Животноводство и кормопроизводство. - 2026. - Т. 109. - № 1. - С. 263-273. EDN: DUFLSU

7. Бакиров Ф.Г. Влияние предшественников и способов обработки почвы на запасы почвенной влаги и ее использование яровой твердой пшеницей/ Ф.Г. Бакиров, В.В. Диденко, И.В. Васильев, А.В. Филиппова, В.Б. Щукин, Г.В. Петрова //Животноводство и кормопроизводство. - 2026. - Т. 109. - № 2. - С. 284-297. EDN: SYJHLU

8. Бакиров Ф.Г. Профильное размещение корней - основа для обработки почвы и повышения эффективности ресурсов влаги// Ф.Г. Бакиров, Г.В. Петрова, В.Б. Щукин, И.В. Васильев, А.П. Долматов, В.В. Диденко // Плодородие. - 2023. - № 6 (135). - С. 50-54. EDN: DDUIZW

THE IMPACT OF «ORGOSTIM» SERIES PRODUCTS ON SPRING WHEAT PRODUCTION EFFICIENCY

V.B. Shchukin

*Orenburg State Agrarian University,
Orenburg, Russia*

The study examined the impact of «OrgoStim» fertilizers on the economic efficiency of spring wheat production at Orenburgskaya 30. The fertilizer application

system was identified that, relative to the control, provided the highest additional net income per hectare.

Key words: spring wheat, fertilizer application systems, OrgoStim-Start, OrgoStim-Rost, OrgoStim-Harvest, economic efficiency.

УДК 633.16:631.86

ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ И ИХ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ВЫРАЩИВАНИЯ

В.Б. Щукин

*Оренбургский государственный аграрный университет,
г. Оренбург, Россия*

В статье представлены результаты исследований по изучению посевных качеств семян ярового ячменя и их изменчивости при различных условиях выращивания. По итогам двух лет, при использовании в технологии возделывания ярового ячменя различных сроков некорневого внесения органического препарата ОргоСтим-Рост, выявлено улучшение посевных качеств семян.

Ключевые слова: яровой ячмень, ОргоСтим-Рост, сроки внесения, посевные качества семян.

Условия формирования семян во многом определяют их полноценность. К ним относится различные агроприемы и, прежде всего, приемы, обеспечивающие оптимизацию минерального питания, которые определяют количество синтезируемых метаболитов, идущих на образование запасных веществ семени. Наиболее рациональный путь обеспечения растений необходимыми веществами в период формирования семян – некорневые подкормки минеральными удобрениями и различными органическими препаратами [1-5]. Вместе с тем, эффективность любых агроприемов определяется почвенно-климатическими условиями, что требует их оценки в каждой агроклиматической зоне [6-8].

Исследования с районированным сортом ярового ячменя Оренбургский совместный проводили на учебно-опытном поле Оренбургского ГАУ в 2023-2024 годах. Почва - чернозем южный. В опыте использовали органический препарат ОргоСтим-Рост компании «БиоЭкоПро» (Челябинск). Изученные варианты: 1. Контроль (без препарата); 2. ОргоСтим-Рост, начало выхода в трубку, 1 л/га; 3. ОргоСтим-Рост, начало колошения, 1 л/га; 4. ОргоСтим-Рост, начало выхода в трубку, 1 л/га + начало колошения, 1 л/га. Учет урожая проводили по делянкам сплошным методом комбайном Террион 2010.

Некорневое внесение препарата ОргоСтим-Рост на посеве ярового ячменя Оренбургский совместный оказало положительное влияние на формирование посевных качеств семян в оба года исследований (табл.1)

Таблица 1 – Влияние условий выращивания на посевные качества семян ярового ячменя Оренбургский совместный

Сроки внесения препарата ОргоСтим-Рост	Энергия прорастания, %				Всхожесть, %				
	Статистические показатели								
	p±tSp	S	Vp	Sp	p±tSp	S	Vp	Sp	
2023 год									
Контроль	87,3±3,3	33,3	66,6	1,67	95,0±2,2	21,8	43,6	1,09	
Начало выхода в трубку	90,8±2,9	28,9	57,8	1,44	95,3±2,1	21,2	42,3	1,06	
Начало колошения	87,5±3,3	33,1	66,2	1,65	96,5±1,8	18,4	36,8	0,92	
Начало выхода в трубку + начало колошения	87,5±3,3	33,1	66,2	1,65	95,5±2,1	20,7	41,5	1,04	
2024 год									
Контроль	94,5±2,3	22,8	45,6	1,14	97,0±1,7	17,1	34,1	0,85	
Начало выхода в трубку	99,5±0,7	7,1	14,1	0,35	99,5±0,7	7,1	14,1	0,35	
Начало колошения	96,0±1,9	19,6	39,2	0,98	98,0±1,4	14,0	28,0	0,70	
Начало выхода в трубку + начало колошения	98,5±1,2	12,2	24,3	0,61	98,5±1,2	12,2	24,3	0,61	

В неблагоприятных по увлажнению условиях 2023 года на всех опытных вариантах отмечена, по сравнению с контролем, тенденция к увеличению энергии прорастания и всхожести семян. Энергия прорастания в наибольшей степени увеличивалась при некорневом внесении препарата ОргоСтим-Рост (1,0 л/га) в начале выхода в трубку, а всхожесть – при внесении препарата ОргоСтим-Рост (1,0 л/га) в начале колошения. Увеличение показателей составило, соответственно, 3,5 и 1,5% при 87,3 и 95,0% на контрольном варианте.

Увеличение энергии прорастания и всхожести отмечено на всех вариантах и в 2024 году. Энергия прорастания увеличивалась здесь на 1,5-5,0%, при этом наибольшая величина показателя получена на варианте с внесением препарата ОргоСтим-Рост в начале выхода в трубку. Аналогичная зависимость была и по всхожести, где наибольшая величина показателя отмечена на варианте с внесением препарата ОргоСтим-Рост и составила 99,5% при 97,0% на контрольном варианте. В итоге в оба года исследований снижалась величина стандартного отклонения и коэффициента вариации, что говорит о увеличении выравненности проростков.

В целом, исследования, проведенные в течение двух лет показывают, что некорневое использование препарата ОргоСтим-Рост в технологии возделывания ярового ячменя Оренбургский совместный способствует улучшению посевных качеств формируемых семян.

Список использованных источников

1. Ильясова Н.В. Влияния органоминеральных удобрений на формирование посевных качеств семян яровой пшеницы / Н.В. Ильясова // Инновационные технологии в АПК: теория и практика. Сборник статей XIV Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ. – Пенза: Пензенский ГАУ, 2026. - С. 162-165. EDN: WRGEMA

2. Ильясова Н.В. Влияние органоминеральных удобрений на формирование семян озимой пшеницы / Н.В. Ильясова / Региональные проблемы устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях цифровой трансформации. Сборник статей II Международной научно-практической конференции. – Пенза: Пензенский ГАУ, 2025. - С. 105-108. EDN: MBVRDG

3. Ильясова Н.В. Морфологические особенности проростков озимой пшеницы в зависимости от влияния на формирование семян органоминеральных удобрений / Н.В. Ильясова // Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства. Сборник статей X Международной научно-практической конференции. – Пенза: Пензенский ГАУ, 2025. - С. 80-84. EDN: PWKEIX

4. Ильясова Н.В. Посевные качества семян яровой пшеницы при поздних некорневых подкормках удобрениями в период их формирования / Н.В. Ильясова // АПК России: образование, наука, производство. Сборник статей X Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. – Пенза: Пензенский ГАУ, 2026. - С. 74-77. EDN: RKRQWZ

5. Кислова Е.Ф. Влияние условий выращивания на посевные качества семян ярового ячменя / Е.Ф. Кислова, К.Г. Абашидзе, А.А. Прибытков, Н.В. Ильясова, В.Б. Щукин // В фокусе достижений молодежной науки. Материалы ежегодной итоговой научно-практической конференции. – Оренбург: Оренбургский ГАУ, 2025. - С. 87-91. EDN: FMCZBS

6. Ярцев Г.Ф. Продуктивность зернового сорго и ячменя на южных черноземах Оренбургского Предуралья / Г.Ф. Ярцев, В.Б. Щукин, Р.К. Байкасенов, Н.В. Ильясова, Р.А. Аймуратов // Животноводство и кормопроизводство. - 2026. - Т. 109. - № 1. - С. 263-273. EDN: DUFLSU

7. Бакиров Ф.Г. Влияние предшественников и способов обработки почвы на запасы почвенной влаги и ее использование яровой твердой пшеницей/ Ф.Г. Бакиров, В.В. Диденко, И.В. Васильев, А.В. Филиппова, В.Б. Щукин, Г.В. Петрова // Животноводство и кормопроизводство. - 2026. - Т. 109. - № 2. - С. 284-297. EDN: SYJHLU

8. Бакиров Ф.Г. Профильное размещение корней - основа для обработки почвы и повышения эффективности ресурсов влаги// Ф.Г. Бакиров, Г.В. Петрова,

SEEDING QUALITIES OF SPRING BARLEY SEEDS AND THEIR VARIABILITY UNDER VARIOUS GROWING CONDITIONS

V.B. Shchukin

*Orenburg State Agrarian University
Orenburg, Russia*

This article presents the results of a study examining the seeding qualities of spring barley seeds and their variability under various growing conditions. Based on two years of using foliar application of the organic fertilizer OrgoStim-Rost in spring barley cultivation at various times, an improvement in seeding qualities was observed.

Keywords: spring barley, OrgoStim-Rost, application timing, seeding qualities.

УДК 621.983: 631

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ НОЖЕЙ РОТОРНЫХ КОСИЛОК И МУЛЬЧЕРОВ

С.С. Яковлев, И.С. Хрычев

*Тульский государственный университет,
г. Тула, Россия*

Рассмотрены три распространённых способа изготовления рабочих ножей для роторных косилок и мульчеров: холодная вырубка из листа, лазерная резка заготовок с последующей механической и термической обработкой, а также горячая объёмная штамповка с калибровкой. Сопоставлены точность геометрии, состояние кромки и приповерхностного слоя, структура металла и её влияние на стойкость, а также затраты при разных объёмах партий. Показано, при каких условиях каждая технология оказывается предпочтительной.

Ключевые слова: сельскохозяйственный режущий инструмент, листовая штамповка, лазерный раскрой, горячая штамповка, калибровка, износостойкость, экономическая эффективность.

Нож роторной косилки или мульчера работает в одном из самых тяжёлых режимов среди сельхозинструмента [1-2]. Линейная скорость режущей кромки достигает 70–90 м/с, при этом нож сталкивается не только со стеблями, но и с камнями, песком, комьями почвы. Основные виды отказа - абразивный износ кромки, выкрашивание, пластический загиб и усталостное разрушение в зоне крепёжного отверстия. Отсюда двойственное требование к материалу: высокая

твёрдость на кромке и достаточная вязкость в теле ножа. Обычно применяют стали типа 65Г, 60С2А, 30МnВ5, 50ХГА, а также листовые износостойкие марки уровня 400–450 НВ. Твёрдость после закалки и отпуска, как правило, лежит в диапазоне 40–48 HRC.

Технология изготовления определяет, насколько полно реализуется потенциал материала. Ниже разобраны три подхода, которые реально применяются как крупными производителями, так и небольшими цехами.

Классический путь: полосовой или листовой прокат толщиной 5–12 мм подаётся в штамп, где за один или два перехода вырубается контур ножа и пробиваются отверстия [3-4]. Далее следует заточка, закалка с отпуском, иногда ещё дробеструйная обработка и окраска. Главное преимущество – это производительность. Кривошипный пресс усилием 250–400 тс даёт 30–60 ударов в минуту, то есть тысячи ножей за смену при минимальном участии оператора.

Ограничения связаны с физикой процесса. При вырубке толстого листа образуется характерная кромка: блестящий поясок среза составляет лишь 25–40 процентов толщины, остальное – шероховатая зона скола с заусенцем и утяжкой. На этом участке металл упрочнён наклёпом и содержит микротрещины, которые при последующей закалке становятся очагами выкрашивания. Поэтому вырубленную кромку приходится дополнительно шлифовать, снимая 0,5–1 мм, что съедает часть выигрыша по времени. Наконец, вырубка не даёт переменного сечения. Нож получается плоской пластиной постоянной толщины, и утолщение в зоне отверстия либо утонение к кромке возможно только фрезерованием, что почти всегда экономически неоправданно.

Волоконные лазеры мощностью 4–12 кВт уверенно режут сталь до 20 мм, поэтому такой путь стал массовым в небольших и средних производствах. Контур ножа задаётся программой, отсутствует инструмент, а переход на другой типоразмер занимает минуты. Это идеальный вариант для сервисных производств, выпускающих ножи под десятки моделей косилок и мульчеров партиями от нескольких десятков до нескольких сотен штук.

Точность контура достигает $\pm 0,1$ – $0,2$ мм, отверстия под болты выходят практически без доработки. Кромка гладкая, без утяжки и заусенца. Однако на ней присутствует термически изменённый слой глубиной 0,1–0,4 мм в зависимости от толщины и режима. Для стали 65Г это означает локальную подкалку до мартенсита и появление зоны с растягивающими остаточными напряжениями. Если нож не проходит объёмную закалку, а только заточку, именно эта зона склонна к микровыкрашиванию. При полноценной термообработке слой перекристаллизуется и проблема снимается, но это нужно закладывать в маршрут.

Экономика лазерной резки принципиально иная. Стоимость реза пропорциональна длине контура и толщине: для ножа длиной 200–250 мм из листа 8 мм периметр составляет около 550–650 мм, и время реза на современной установке – 25–40 секунд. При загрузке смены это 600–900 деталей, что заметно меньше, чем у прессы, зато без затрат на штамп, который для сложного контура обходится в сотни тысяч рублей. Точка безубыточности между лазером и вырубкой для типичного ножа лежит примерно в области 5–15 тысяч штук годовой программы,

конкретное значение зависит от загрузки оборудования и цены штампа. Как и вырубка, лазер даёт плоскую заготовку постоянной толщины и не меняет структуру металла. Все свойства ножа определяются исходным листом и режимом термообработки. Это одновременно и достоинство - предсказуемость, и недостаток - отсутствие возможности управлять распределением металла по сечению.

Здесь исходной заготовкой служит не лист, а мерный прут или полоса круглого либо прямоугольного сечения. Заготовку нагревают до 1100–1200 °С и за один-два перехода в открытом штампе формируют нож с переменным сечением: утолщённой посадочной частью и выведенным к кромке клином. После обрезки облоя следует калибровка - холодная или полугорячая доштамповка, которая убирает коробление, доводит толщину и плоскостность до допуска в пределах 0,2–0,3 мм и формирует окончательный угол клина. Далее закалка с отпуском и минимальная заточка.

Основное преимущество - управление структурой. Металл при штамповке течёт по форме ножа, волокно огибает отверстие и следует вдоль кромки. Это существенно повышает усталостную стойкость крепёжной зоны, которая у ножей мульчеров при ударах о камни нагружена особенно. Кроме того, уменьшается зерно, дробятся неметаллические включения, и деталь выходит из-под прессы без наклёпанного слоя со стороны кромки. Недостатки очевидны. Требуется нагревательное оборудование, штамповый комплект из горячего и калибровочного штампов, обрезной штамп, а значит - капитальные затраты и время на подготовку производства. Расход металла выше за счёт облоя, обычно 15–25%, хотя частично это компенсируется меньшей массой готового ножа. Штамповка по одной позиции оправдана при программе от нескольких десятков тысяч штук в год.

Если сравнивать ножи одинаковой марки стали и твёрдости, различия сводятся к состоянию кромки и структуре. Вырубленный нож при недостаточной доработке кромки проигрывает по стойкости к выкрашиванию, а его усталостная долговечность зависит от ориентации в листе. Лазерный нож после объёмной закалки практически не отличается от вырубленного с качественно зачищенной кромкой, но выигрывает в точности геометрии и балансе набора ножей на роторе. Горячештампованный нож при равной твёрдости стабильно показывает большую стойкость к ударным нагрузкам: в полевых испытаниях на каменистых почвах доля ножей, вышедших из строя по трещине в зоне отверстия, у штампованных изделий оказывается в несколько раз ниже, чем у листовых.

Таким образом, ни одна из трёх технологий не является универсально лучшей. Вырубка обеспечивает минимальную себестоимость на массовых сериях при условии дополнительной обработки кромки. Лазерная резка даёт максимальную гибкость и точность при малых и средних партиях, требуя внимания к термически изменённому слою. Горячая штамповка с калибровкой формирует наиболее ресурсный нож за счёт направленной структуры и рационального сечения, но окупается только на крупных объёмах и требует серьёзной подготовки производства.

Список использованных источников

1. Березкина К. Ф. Управление развитием машинно-тракторного парка / К.Ф. Березкина // Техника и оборудование для села. - №6. - 2010. - с. 37-41
2. Савицкая Г.В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия. – М.: ИНФРА-М, 2018. с. 336
3. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении: Учеб. пособие / В. В. Бабук, В. А. Шкред, Г. П. Кривко, Л. И. Медведев; Под. ред. В. В. Бабука .Высш. шк., 1987, с. 255.
4. Справочник технолога - машиностроителя. / Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. М.: Машиностроение, 1985. Т.1. 656 с., 496 с.

COMPARATIVE ANALYSIS OF TECHNOLOGIES FOR PRODUCING CUTTERS FOR ROTARY MOWERS AND CHOPPERS

S.S. Yakovlev, I.S. Khrychev

*Tula State University,
Tula, Russia*

Three common methods for manufacturing working cutters for rotary mowers and choppers are considered: cold blanking from a sheet, laser cutting of blanks followed by mechanical and thermal processing, and hot forging with calibration. The geometric accuracy, the condition of the edge and the surface layer, the metal structure and its impact on durability, as well as the costs at different batch volumes, have been compared. It is shown under what conditions each technology is preferable.

Keywords: agricultural cutting tool, sheet stamping, laser cutting, hot stamping, calibration, wear resistance, cost-effectiveness.

СОДЕРЖАНИЕ

УПРАВЛЕНИЕ ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКИМИ СВЯЗЯМИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ В УСЛОВИЯХ САНКЦИОННЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ И ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА	
И.А. Аксенов.....	3
БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНГИЦИДОВ ПРИ ЗАЩИТЕ ЛАПЧАТКИ БЕЛОЙ ОТ РЖАВЧИНЫ	
О.Ю. Артемова, Е.В. Сумина, С.В. Белецкий	6
САМОРАЗВИТИЕ ИНЖЕНЕРА-МЕХАТРОНИКА КАК ФАКТОР ЭФФЕКТИВНОГО ВНЕДРЕНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АПК	
Д.А. Ахтямов, Э.Ш. Ахметова	11
ВЛИЯНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА ЧЕЧЕВИЦЫ И НУТА	
Д.Д. Бабушкин, Т.В. Асташова, А.А. Сафронов	14
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ РОССИИ КАК ФАКТОР СОХРАНЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ	
Е.В. Батракова.....	19
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБРАБОТКИ ИНДОЛИЛУКСУСНОЙ КИСЛОТОЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ВТОРИЧНЫХ МЕТАБОЛИТОВ В СЫРЬЕ РОДИОЛЫ РОЗОВОЙ	
С.А. Бондарев, Г.В. Адамов, Т.А. Кроль, Д.Н. Балеев	23
ИЗУЧЕНИЕ ВОПРОСА РАЗМНОЖЕНИЯ КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ ДЛЯ ГРУШИ	
Е.А. Бочкарев.....	27
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В МАЛОМ И СРЕДНЕМ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВЕ	
А.А. Бредихин, В.И. Найденков.....	30
ХОЛОДИЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ И СОЗДАНИЕ БЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ ИЗБЕЖАНИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НА НЕЙ ДЕФЕКТОВ	
А.С. Галка.....	34
ХОЛОДИЛЬНЫЕ СКЛАДЫ И ХРАНИЛИЩА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ СЫРА	
А.С. Галка.....	38
ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФИТИНГОВ ГИДРОСИСТЕМ СЕЛЬХОЗМАШИН ХОЛОДНЫМ ВЫДАВЛИВАНИЕМ	
Ю.С. Галкин, С.С. Яковлев	41
АНАЛИЗ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИЭ В МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ	
И.Ж. Гимранова, М.Ш. Гарифуллин	44
ПРОИЗВОДСТВО РАПСА В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ	
О.Д. Голубицкая, М.С. Шейхова	47

ФОРМООБРАЗОВАНИЕ НОЖЕЙ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ ИЗ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК МЕТОДОМ ПРОКАТКИ	
И.В. Гребенщиков, С.С. Яковлев	50
УТИЛИЗАЦИЯ МЕТАЛЛООТХОДОВ СЕЛЬХОЗПРЕДПРИЯТИЙ ЧЕРЕЗ ПЕРЕРАБОТКУ В ЗАГОТОВКИ МЕТОДОМ ШТАМПОВКИ	
Я.В. Грибачев, С.С. Яковлев	53
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ПОВЫШЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА НУТА	
М.В. Канцев, А.В. Летучий, А.Н. Асташов	56
ОСОБЕННОСТИ КОНТРОЛЯ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ КОРНЕПЛОДНЫХ КУЛЬТУР	
М.А. Косенко	60
ОЦЕНКА ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	
Т.Г. Косенко	63
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ ПРЕДПРИЯТИЯ	
Т.Г. Косенко	66
АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНОБОБОВЫХ В ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ: РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЙ АСПЕКТ	
А.А. Косов	69
ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ БИК-СПЕКТРОМЕТРИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ПОЧВЕ	
А.А. Лапушкина	75
МЕЖДУНАРОДНЫЙ АСПЕКТ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ХРАНЕНИИ И ПЕРЕРАБОТКЕ ЗЕРНА	
Н.И. Ласынов, Э.С. Насырова	78
ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПРИ НЕКОРНЕВОМ ВНЕСЕНИИ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ОРЕНБУРГСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ	
М.В. Маланина, С.А. Маланин, Н.В. Ильясова, В.Б. Щукин	82
СТРУКТУРА УРОЖАЯ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ НАНОКРЕМНИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ЕГО ВОЗДЕЛЫВАНИЯ	
М.В. Маланина, С.А. Маланин, Н.В. Ильясова, В.Б. Щукин	85
ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ВОЛГОГРАДСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ	
Н.В. Михеев, К.С. Лазарев, Д.С. Пичугин, Б.Ш. Шокиров	89
СОРГО НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ НИЖНЕГО ДОНА	
Н.В. Михеев, К.С. Лазарев, Д.С. Пичугин, Б.Ш. Шокиров	93
АГРОМЕЛИОРАТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ И МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР В ЗАСУШЛИВЫХ РЕГИОНАХ РОССИИ	
В.В. Муравлёва	96
МЕТОДИКА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕМЯН РАПСА	
В.А. Овтов, В.К. Усанкин, Д.В. Гришин	100
РАСЧЕТ ПОДШИПНИКОВ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ЩЕТОЧНОГО ЗАДЕЛЫВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА	
В.А. Овтов, В.К. Усанкин, Д.В. Гришин	104

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ КОРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ТЕЛОСЛОЖЕНИЯ	
О.В. Оськина, Т.В. Шишкина.....	108
АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЛАПОВЫХ СОШНИКОВ	
Д.В. Рангаев, А.Н. Калабушев, П.Н. Хорев	114
АЛГОРИТМЫ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР	
С.С. Рязанов, В.И. Кулагина	120
МЕРЫ РАССТОЯНИЯ ДЛЯ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР	
С.С. Рязанов, В.И. Кулагина	123
ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА КОНТРОЛИРУЕМЫХ ОДНИМ ОПЕРАТОРОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РОБОТОВ НА СЕБЕСТОИМОСТЬ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ В СЕЛЕКЦИИ И СЕМЕНОВОДСТВЕ	
И.А. Старостин, С.А. Давыдова, А.В. Ещин	127
ОЦЕНКА ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ХЕЛАТНЫХ МИКРОУДОБРЕНИЙ ПРОТИВ АЛЬТЕРНАРИОЗА КАРТОФЕЛЯ В ЗАПАДНОМ ПРЕДКАМЬЕ	
М.Ш. Тагиров	132
СКОРОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ФИТОФТОРОЗА КАРТОФЕЛЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ХЕЛАТНЫХ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА РАЗНЫХ АГРОФОНАХ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОГО ПРЕДКАМЬЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН	
М.Ш. Тагиров	137
ОБЗОР НЕКОТОРЫХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	
В.В. Максимов, А.Ю. Алексеев, ...	141
АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ КОМБИНИРОВАННОЙ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СЕЯЛКИ KUNN ESPRO 6000 RC	
М.А. Терехин, А.В. Яшин, П.Н. Хорев	145
РАЗРАБОТКА ДИСКОВОГО ЛУЩИЛЬНИКА	
М.А. Терехин, А.В. Яшин, П.Н. Хорев	151
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ БОБОВО-МЯТЛИКОВЫХ СМЕСЕЙ	
О.А. Тимошкин, О.Ю. Тимошкина.....	158
ГИБРИДНЫЙ ПОДХОД: СВЕРТОЧНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ И МАШИНЫ ОПОРНЫХ ВЕКТОРОВ (CNN-SVM) ДЛЯ ДЕТЕКЦИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ	
Ю.В. Усманова, С.А. Швидченко	163
ЛЕГКОВЕСНЫЕ МОДЕЛИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ МОБИЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ БОЛЕЗНЕЙ ЯБЛОНЬ	
Ю.В. Усманова, С.А. Швидченко	167
МУЛЬТИМОДАЛЬНЫЙ ПОДХОД: ИНТЕГРАЦИЯ ВИЗУАЛЬНЫХ ДАННЫХ И СЕНСОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ АНАЛИЗА БОЛЕЗНЕЙ ЯБЛОНЬ	
Ю.В. Усманова, С.А. Швидченко	171
ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ПОДХОДОВ К ДЕТЕКЦИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЯБЛОНЬ	
Ю.В. Усманова, С.А. Швидченко	175

ОБУЧЕНИЕ С ПЕРЕНОСОМ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ БОЛЕЗНЕЙ ЯБЛОНЕВЫХ ДЕРЕВЬЕВ	
Ю.В. Усманова, С.А. Швидченко	179
ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ К ФОНОВОМУ ШУМУ НА РЕАЛЬНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ	
Ю.В. Усманова, С.А. Швидченко	183
ПРИМЕНЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ ВНИМАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЯБЛОНЬ	
Ю.В. Усманова, С.А. Швидченко	188
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ РАБОТЫ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ ПУТЁМ ВВОДА УСТРОЙСТВА ГЛУБОКОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ РАБОТЫ ВСЕЙ ПОДСТАНЦИИ	
Г.А. Филиппов, А.М. Маклецов.....	193
АНАЛИЗ УРОВНЯ И ДИНАМИКИ ЦИФРОВИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ РОССИИ	
А.О. Хмелевая.....	196
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СИСТЕМАХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ	
А.О. Хмелевая.....	200
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЖИДКОГО УДОБРЕНИЯ REASIL FORTE СЕМЯ СТАРТ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ НА КУБАНИ	
А.Х. Шеуджен ¹ , О.А. Гуторова ^{1,2} , Ю.В. Слюсаренко ¹	205
ШТАМПОВКА БИЧЕЙ МОЛОТИЛЬНЫХ БАРАБАНОВ С ФОРМОВАНИЕМ РИФЛЕЙ	
А.А. Шишкина, С.С. Яковлев	209
АНАЛИЗ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПОЛЕЗНЫХ ПРИЗНАКОВ КОРОВ	
Т.В. Шишкина, Р.Ю. Налдашкин	212
ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ТЫКВЫ РЕГУЛЯТОРАМИ РОСТА НА ИХ ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА И КОЛИЧЕСТВЕННУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОРОСТКОВ	
В.Б. Шукин.....	217
ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТОВ СЕРИИ «ОРГОСТИМ» НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ	
В.Б. Шукин.....	220
ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ И ИХ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ВЫРАЩИВАНИЯ	
В.Б. Шукин.....	224
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ НОЖЕЙ РОТОРНЫХ КОСИЛОК И МУЛЬЧЕРОВ	
С.С. Яковлев, И.С. Хрычев.....	227

Научное издание

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ
И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ
РАСТЕНИЕВОДСТВА И ЖИВОТНОВОДСТВА**

Статьи публикуются в авторской редакции

Ответственный за выпуск –
начальник Межотраслевого научно – информационного центра
Е.А. Галиуллина
Компьютерная верстка **Т.В. Масловой**

Дата подписания к публикации 16.09.2026

Условно печатные листы 13,50

Межотраслевой научно-информационный центр Пензенского государственного аграрного университета. 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30,
<https://mnis.pgau.ru>; mnis@pgau.ru; телефоны редакции:
тел.-факс. (841-2) 62-90-60, +7 967 442-60-42

ISBN 978-5-00196-461-2



9 785001 964612 >