

ВЕСТНИК БРЯНСКОЙ ГСХА

Издаётся с марта
2007 года

Выходит один раз
в два месяца

УЧРЕДИТЕЛЬ/ИЗДАТЕЛЬ:

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

Научный журнал

Журнал включен в Российский
индекс научного цитирования
(РИНЦ).

Полные тексты статей доступны на
сайте научной электронной
библиотеки eLIBRARY.RU:
<https://elibrary.ru>

Индекс журнала на сайте
«Объединенного каталога
«Пресса России»
www.pressa-rf.ru
33361.

Журнал «Вестник Брянской ГСХА»
входит в Перечень рецензируемых
научных изданий (по состоянию на
22.05.2023), в которых должны быть
опубликованы основные научные
результаты диссертаций на
соискание ученой степени
кандидата наук, на соискание
ученой степени доктора наук, по
научным специальностям и
соответствующим им отраслям
науки:
4.1.1. Общее земледелие и
растениеводство
(сельскохозяйственные науки),
4.1.3. Агрехимия, агропочвоведение,
защита и карантин растений
(сельскохозяйственные науки),
4.2.4. Частная зоотехния, кормление,
технологии приготовления кормов и
производства продукции
животноводства
(сельскохозяйственные науки),
4.3.1. Технологии, машины и
оборудование для
агропромышленного комплекса
(технические науки).

№ 1 (107)

ЯНВАРЬ-ФЕВРАЛЬ 2025

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Особенности химизации растениеводства в Брянской области Просьянников Е.В.	3
Урожайность и качество зерна современных сортов яровой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья Ториков В.Е., Мельникова О.В., Никифоров В.М., Резунов А.А.	11
Роль погодных условий и технологий возделывания сельскохозяйственных культур на продуктивность и баланса гумуса звена севооборота Воробьева Л.А., Анищенко В.А., Адамко В.Н., Смольский Е.В.	20
Формирование урожайности турнепса при применении минеральных удобрений в условиях Республики Башкортостан Исламгулов Д.Р., Идрисова А.У., Еникеев Р.И., Канбеков И.Р.	26
ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ	
Кормовая добавка «СафМаннан» в рационах цыплят-бройлеров Подольников В.Е., Гамко Л.Н., Чернышова М.А.	32
Продуктивность и гематологические показатели телят при выпаивании кормовой добавки «КриптоСтоп» Кондалеев Г.Ю., Менякина А.Г., Чеботарева М.А.	36
Продуктивность и затраты энергии у молодняка крупного рогатого скота при скармливании пробиотической добавки «Проваген концентрат» Чудопал А.В., Гамко Л.Н., Менякина А.Г.	41
АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	
Моделирование как инструмент современной агроинженерии Погоньшев В.А., Погоньшева Д.А., Ульянова Н.Д.	46
К вопросу о повышении износостойкости деталей машин восстановленных наплавкой проволоками Св-08 и Св-18ХГС, путём нитроцементации в высокоактивной пасте Сафонов А.А., Трусова Е.В.	52
К обоснованию конструкции приемного устройства пневмотранспортера сушилки аэродинамического нагрева Купреенко А.И., Исаев Х.М., Ялоза А.Г., Купреенко О.А.	58
Результаты экспериментальных исследований порога срабатывания комбинированного устройства защиты Безик В.А., Никитин А.М.	62
Устройство локального пожаротушения для трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ Панов М.В., Панова Т.В., Степанченко Е.Ф.	68
Энергоэкологичность светокультуры салата при различных дозах излучения Ракутько Е.Н., Васькин А.Н.	75

№ 1 (107)

JANUARY-FEBRUARY 2025

AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT

Features of chemicalization of crop production in the Bryansk region Y.V. Prosyannikov	3
Yields and grain quality of modern spring wheat varieties in the conditions of the Central non-black soil zone V.Ye. Torikov, O. V. Melnikova, V.M. Nikiforov, A.A. Rezunov	11
Role of weather conditions and crop cultivation technologies on productivity and humus balance of crop rotation link L.A. Vorob'yova, V.A. Anishchenko, V.N. Adamko, Y.V. Smol'sky	20
Formation of turnip yields when using mineral fertilizers in the conditions of the Republic of Bashkortostan D.R. Islamgulov, A.U. Idrisova, R.I. Yenikiev, I.R. Kanbekov	26
ANIMALS AND VETERINARY SCIENCE	
Feed additive "SafMannan" in the diets of broiler chickens V.Ye. Podol'nikov, L.N. Gamko, M.A. Chernyshova	32
Productivity and hematological indices of calves when feeding with the feed additive "KriptoStop" G.Yu. Kondaleev, A.G. Menyakina, M.A. Chebotareva	36
Productivity and energy costs in young cattle when fed the probiotic additive "Provagen concentrate" A.V. Chudopal, L.N. Gamko, A.G. Menyakina	41
AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES	
Modeling as a tool of modern agroengineering V.A. Pogonyshev, D.A. Pogonysheva, N.D. Ul'yanova	46
To the problem of increasing the wear resistance of machine parts restored by surfacing with Sv-08 and Sv-18KHGS wires by nitrocementation in a highly active paste A.A. Safonov, Y.V. Trusova	52
To substantiation of the design of the pneumatic conveyor receiver of an aerodynamic heating dryer A.I. Kupreenko, Kh.M. Isaev, A.G. Yaloza, O.A. Kupreenko	58
The results of experimental researches of the actuation threshold of the combined protection device V.A. Bezik, A.M. Nikitin	62
Local fire extinguishing device for a 10/0.4 kV transformer substation M.V. Panov, Tat'yana V. Panova, Ye.F. Stepanchenko	68
Energy efficiency of lettuce light culture at different radiation doses Y.N. Rakut'ko, A.N. Vas'kin	75

Главный редактор В.Е. Ториков – д. с.-х. н., проф. Брянского ГАУ (Брянская область)

Editor-in-Chief: V.E. Torikov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region)

Редакционный совет:

Н.М. Белоус – д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); П.Н. Балабко – д-р биол. наук, профессор МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва); В.В. Дьяченко – д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); С.Н. Евдокименко – д-р с.-х. наук, вед. науч. сотрудник ФНЦ Садоводства (г. Москва); А.А. Завалин – акад. РАН, д-р с.-х. наук, профессор ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова (г. Москва); В.А. Исайчев – д-р с.-х. наук, профессор Ульяновского ГАУ им. П.А. Столыпина (г. Ульяновск); Г.П. Малявко – д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); А.В. Пасынков – д-р биол. наук, глав. науч. сотрудник Агрофизического НИИ (г. Санкт-Петербург); Т.Ф. Персикова – д-р с.-х. наук, профессор Белорусской ГСХА (г. Горки); С.М. Сычев – д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); В.Е. Бердышев – д-р техн. наук, профессор РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (г. Москва); А.А. Бойко – д-р техн. наук, профессор ГГТУ имени П.О. Сухого (г. Гомель); Н.Н. Дубенок – акад. РАН, д-р с.-х. наук, профессор РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (г. Москва); М.Н. Ерохин – акад. РАН, д-р техн. наук, профессор РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (г. Москва); Н.И. Гавриченко – д-р биол. наук, профессор Витебской ГАВМ (г. Витебск); Л.Н. Гамко – д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); Л.Ю. Карпенко – д-р биол. наук, профессор Санкт-Петербургской ГАВМ (г. Санкт-Петербург); С.А. Козлов – д-р биол. наук, профессор Московской ГАВМ им. К.И. Скрябина (г. Москва); Е.Я. Лебедко – д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); Л.А. Танана – д-р с.-х. наук, профессор Гродненского ГАУ (г. Гродно).

Редакторы:

А.А. Осипов – ответственный редактор;
 Е.Н. Осипова – технический редактор;
 Е.В. Смольский – редактор рубрики/раздела;
 А.Г. Менякина – редактор рубрики/раздела;
 А.И. Купреенко – редактор рубрики/раздела;
 С.Н. Поцепай – корректор переводов;
 А.А. Кудрина – библиограф.

ISSN 2500-2651.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия (Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-28094 от 27 апреля 2007 г).

Тираж 250 экз. Подписано в печать 05.02.2025.

Дата выхода в свет 20.02.2025.

Свободная цена.

Адрес редакции и издательства: 243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, ул. Советская, д. 2а,

E-mail: torikov@bgsha.com.

Сайт: <https://www.bgsha.com/ru/bulletin-bgsha/>

Отпечатано в УМИКЦ ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

243365 Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская, 2а.

© ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, 2025

Editorial Board:

N.M. Belous – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); P.N. Balabko – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Moscow State University named after M.V. Lomonosov (Moscow); V.V. D'yachenko – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); S.N. Evdokimenko – Doctor of Agricultural Sciences of the Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery (Moscow); A.A. Zavalin – Academician of the Russian Academy of Sciences (RAS), Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov. (Moscow); V.A. Isaichev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin (Ulyanovsk); G.P. Malyavko - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); A.V. Pasynkov – Doctor of Biological Sciences, chief researcher of the Agrophysical Research Institute (Saint-Petersburg); T.F. Persikova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Belarusian SAA (Gorki); S.M. Sychyov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); V.E. Berdyshev – Doctor of Technical Sciences, Professor of the RSAU – MAA named after Timiryazev A.A. (Moscow); A.A. Boyko – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Gomel STU named after Sukhoi P.O. (Gomel); N.N. Dubenok – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor of the RSAU – MAA named after Timiryazev A.A. (Moscow); M.N. Erokhin – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor of the RSAU – MAA named after Timiryazev A.A. (Moscow); N.I. Gavrichenko – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Vitebsk SAVM (Vitebsk); L.N. Gamko – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); L.Yu. Karpenko – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Saint-Petersburg SAVM (Saint-Petersburg); S.A. Kozlov– Doctor of Biological Sciences, Professor of the Moscow SAVM named after K.I. Skryabin (Moscow); E.Ya. Lebedko – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); L.A. Tanana– Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Grodno SAU (Grodno).

Editors:

A.A. Osipov – executive editor;
 E.N. Osipova – technical editor;
 E.V. Smol'ski – column/section editor;
 A.G. Menyakina – column/section editor;
 A.I. Kupreenko – column/section editor;
 S.N. Potsepai – translation corrector;
 A.A. Kudrina – bibliographer.

ISSN 2500-2651.

The registration certificate of mass media PI № FS77-28094 of April 27, 2007.

Circulation of 250 copies. Signed to printing - 05.02.2025.

The release date is 20.02.2025.

Free price.

Edition address: 2a Sovetskaya St., Vygonichy District, Bryansk Region, Russia, 243365

E-mail: torikov@bgsha.com.

Website: Сайт: <https://www.bgsha.com/ru/bulletin-bgsha/>

© FSBEI HE Bryansk SAU, 2025



АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО
AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT
АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 631.74:633/635 (470.333)

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЗАЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА В БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Евгений Владимирович Просянный

ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. На примере Брянской области изучены в ретроспективе особенности химизации растениеводства. Экстраполяция результатов исследования на западную часть Нечернозёмной России позволит более эффективно и экологически рационально использовать агрохимикаты, в основном представленные удобрениями минеральными и мелиорантами почвы известковыми, а также пестициды, состоящие из гербицидов на 45 %, инсектицидов и фунгицидов на 55 % примерно в равных долях. На научной основе агрохимикаты начали использовать с 1954 г., пестициды с 1956 г. Основные работы по мелиорации почв пахотных земель были проведены в 1960–1995 гг. Максимальные нормы минеральных удобрений (209 кг/га д. в.) применяли в 1991–1995 гг., минимальные (32 кг/га д. в.) в 2006–2010 гг. Пестициды использовали максимально (3,9 кг/га) в 1989 г., минимально (0,3 кг/га) в 2000 и 2001 г. Урожайность зерновых культур зависит от применения агрохимикатов на освоенной пашне примерно на 10 %, на окультуренной – на 30 %, а от использования пестицидов – соответственно на 5 и 15 %. Эффективно и экологически рационально использовать агрохимикаты и пестициды возможно только на научной основе и при соблюдении соответствующих государственных регламентов.

Ключевые слова: западная часть Нечернозёмной России, химизация растениеводства, рационально-эффективное использование агрохимикатов и пестицидов.

Для цитирования: Просянный Е.В. Особенности химизации растениеводства в Брянской области // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 1 (107). С. 3-10.

Original article

FEATURES OF CHEMICALIZATION OF CROP PRODUCTION IN THE BRYANSK REGION

Yevgeny V. Prosyannikov

Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. The peculiarities of chemicalization of crop production have been studied in retrospect on the example of the Bryansk region. Extrapolation of the research results to the western part of Non-Black Soil Zone of Russia will allow for more efficient and environmentally sound use of agrochemicals, mainly represented by mineral fertilizers and calcareous soil ameliorants, as well as pesticides consisting of herbicides by 45%, insecticides and fungicides by 55% in approximately equal proportions. Agrochemicals have been used on a scientific basis since 1954, and pesticides since 1956. The main works on soil reclamation of arable lands were carried out in 1960-1995. The maximum rates of mineral fertilizers (209 kg/ha of mineral fertilizers) were applied in 1991-1995, the minimum (32 kg/ha of mineral fertilizers) in 2006-2010. Pesticides were used as much as possible (3.9 kg/ha) in 1989, and as little as 0.3 kg/ha in 2000 and 2001. The yields of grain crops depends on the use of agrochemicals on cultivated arable land by about 10%, on cultivated land by 30%, and on the use of pesticides – by 5% and 15%, respectively. Efficient and environmentally sound use of agrochemicals and pesticides is possible only on a scientific basis and in compliance with relevant government regulations.

Keywords: the western part of Non-Black Soil Zone of Russia, chemicalization of crop production, rational and effective use of agrochemicals and pesticides.

For citation: Ye.V. Prosyannikov. Features of chemicalization of crop production in the Bryansk region // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2025. № 1 (107): 3-10.

Введение. Смысл понятия «химизация растениеводства» заключается в широком использовании агрохимикатов и пестицидов для поддержания на оптимальном уровне плодородия почвы, эффективного питания возделываемых культур, защиты их от конкурирующих сорных растений, болезней, вредителей, облегчения уборки урожая и т. п. Идея использования при возделывании растений химических веществ природного и искусственного происхождения возникла в результате длительно-

го напряжённого научного поиска, начавшегося еще 10-12 тыс. лет назад. Как ключевое направление прогрессивного развития растениеводства химизация была предложена академиком Д.Н. Прянишниковым в первой четверти 20 столетия и быстро вышло за рамки научного термина, став государственным лозунгом.

Древний период накопления естественнонаучных знаний и опыта возделывания растений был самым длительным и наиболее трудным. Богатое научное наследие по агротехнологиям того времени оставили древнеримские натурфилософы: Теофраст, Катон Старший, Варрон, Колумелла, Плиний Старший, которые считали сельское хозяйство самым полезным и достойным занятием свободного гражданина, особо отмечая необходимость агрономического образования. Из сохранившихся до нашего времени философско-сельскохозяйственных сочинений древних греков наиболее значимыми являются работы Аристотеля, который собрал, обобщил и проанализировал опыт растениеводов в центрах происхождения культурных растений Евразийского и Африканского континентов.

Зарождение и развитие учения о питании растений происходило в 16-ом и до конца 18 веков трудами Ю. Валлериуса, М. Ломоносова, А. Лавуазье, И. Комова, А. Тэера, А. Болотова, А. Пошмана, Н. Соссюра, М. Павлова и других исследователей. В 19 столетии вследствие критического осмысления результатов многочисленных натуральных опытов и широкого обобщения опубликованных результатов исследований проведенных Ж. Буссенго, Ю. Либихом, Д. Лоозом, Г. Гельригелем, И. Стебутом, А. Энгельгардтом, Д. Менделеевым, А. Зайкевичем, П. Костычевым, Д. Прянишниковым сформировалась наука агрономическая химия. Активное ее становление в начале 20-го века стало возможным благодаря научным открытиям В. Докучаева, К. Тимирязева, С. Виноградского, П. Коссовича, В. Вернадского, К. Гедройца, Д. Сабинина. Также бурному развитию агрохимии способствовало учреждение Научного института по удобрениям в 1919 г. (с 1933 г. Научный институт удобрений и инсекто-фунгицидов), Почвенного института им. В.В. Докучаева в 1927 г., Всесоюзного научно-исследовательского института удобрений и агропочвоведения в 1931 г. Большое значение имело создание кафедр почвоведения и агрохимии в высших учебных заведениях.

Сегодня ни у кого не вызывает сомнения тот факт, что растения корнями постоянно поглощают из почвы в большом количестве ионы таких химических элементов как азот, фосфор, калий, кальций, магний, сера, железо и также постоянно, но в меньшем количестве нуждаются в боре, молибдене, меди, марганце, цинке, кобальте, йоде и других микроэлементах. Содержание всех этих элементов в почвах различное, но чаще всего недостаточное для получения стабильных высоких урожаев качественной продукции растениеводства. Поэтому их необходимо вносить в почву искусственно в составе агрохимикатов – минеральных удобрений и мелиорантов почвы известковых. Производство и применение минеральных удобрений активизировалось после открытия в середине 20-х годов прошлого века месторождений апатита на Кольском полуострове и калийных солей на западном склоне Северного и Среднего Урала, а также производства дешёвой муки из фосфоритов Брянской, Московской, Кировской и других областей.

Западную часть Российского Нечерноземья считают регионом гарантированного урожая даже в засушливые годы. Здесь благодаря химизации растениеводства нечернозёмные почвы становятся вполне плодородными, а пашня продуктивной, способной давать хорошие урожаи. Особенности использование агрохимикатов и пестицидов – химических веществ, защищающих урожай от сорных растений, болезней и вредителей, во многом зависят от успехов химической и аграрной науки, которые обусловлены, в свою очередь, социально-экономической и политической обстановкой в регионе. Мировой опыт химизации убедительно свидетельствует о необходимости научно обоснованного и технологически точного их применения. К нежелательным экологическим последствиям приводит также нарушение правил транспортировки и хранения этих химикатов. Время подтверждает правильность сравнения их значимости для почв и растений с лекарствами для человека и животных, а мировой «опыт – сын ошибок трудных» убедительно доказывает, что только соблюдение научных рекомендаций и регламента применения агрохимикатов и пестицидов делает их полезными для человека и животных. Это определило цель работы – участие в повышении эффективности и экологической рациональности использования агрохимикатов, мелиорантов почвы известковых и пестицидов в современном сельском хозяйстве западной части Нечернозёмной России.

Материалы и методы. Исследования проводили в Брянской области, являющейся не только ключевой территорией для западной части Нечернозёмной России [1, 2], но модельной, в которой урожайность зерновых культур с 2016 г. сопоставима с аналогичным показателем во многих европейских странах. Для ретроспективного анализа особенностей химизации растениеводства, охватывающего период с середины 20 в. по 2023 г., использовали следующие методы исследования (*Мазур Л.Н. Методы исторического исследования: учеб. пособие. 2-е изд. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та,*

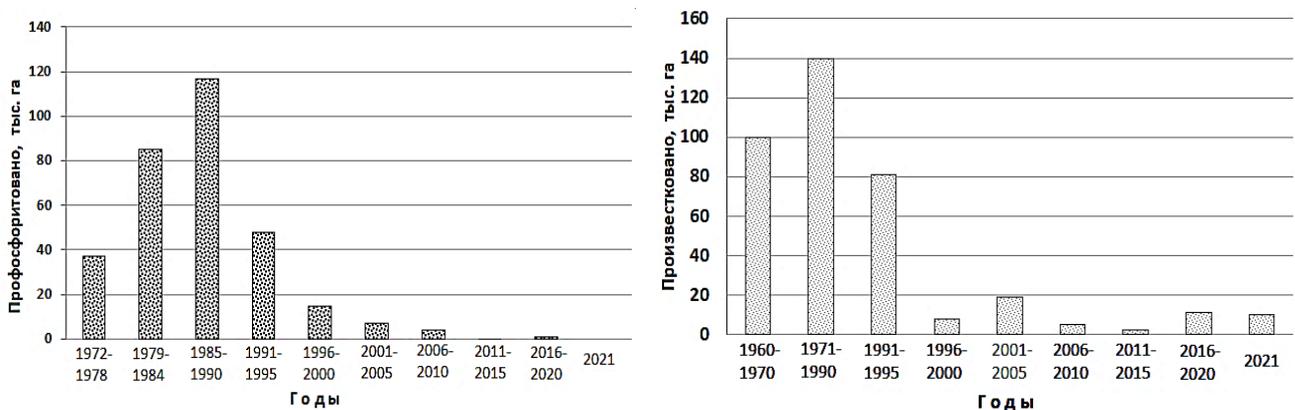
2010. 608 с.): хронологический, историко-сравнительный и контент-анализа, основой которых был историко-генетический подход, позволивший изучить генезис конкретных исторических явлений в растениеводстве и прогнозировать их изменения во времени. В работе использовали информацию, опубликованную в изданиях Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Брянской области, Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и Федерального государственного бюджетного учреждения «Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Брянский» (Чекмарев П.А., Прудников П.В. *Агрехимическое и агроэкологическое состояние почв, эффективность применения средств химизации и новых комплексных удобрений в Брянской области // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30, № 7. С. 24-33*) [5].

Результаты и их обсуждение. Агрехимикаты в Брянской области на научной основе начали применять с 1954 г., когда почвоведы регионального отделения «Росгипрозем» приступили к регулярному обследованию почвенного покрова земельных угодий сельскохозяйственных предприятий. Ими было установлено, что почти 60 % всей пашни закислено, 99 % содержит мало доступного для растений фосфора, 64 % недостаточно обеспечены обменным калием. Низкое естественное плодородие почв пахотных земель не могло обеспечить получение высоких и устойчивых урожаев возделываемых культур. К 1965 г. их урожайность по сравнению с 1940 г. практически не возросла, то есть растениеводство было экономически невыгодным (Воробьев Г.Т., Бобровский А.И., Прудников П.В. *Агрехимические свойства почв Брянской области и применение удобрений. Брянск: Брянский центр «Агрехимрадиология», 1995. 121 с.*). «Назрела жизненная необходимость» целенаправленно окультуривать почвы пахотных земель внесением кальцийсодержащих природных веществ, систематическим применением органических и минеральных удобрений, обеззараживанием от сорных растений, вредителей и болезней.

Благодаря учреждению в 1964 г. зональной агрохимической лаборатории, реорганизованной к настоящему времени в Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Брянский», почвы пахотных земель стали регулярно обследовать, использовать полученные результаты для разработки рекомендаций производству и публиковать в областных и федеральных научно-производственных изданиях.

С 1980 г. в работу по химизации растениеводства области включился Брянский сельскохозяйственный институт, поэтапно реорганизованный в Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение «Брянский государственный аграрный университет», на кафедрах которого готовят специалистов для производства и научно-педагогические кадры соответствующего профиля. Учёные доводят до растениеводов результаты многочисленных разноплановых исследования через систему грантов и хозяйственных договоров, а также регулярно публикуя их в рецензируемых научно-производственных журналах.

Постепенно возникло понимание, что эффективно использовать агрохимикаты на пахотных землях возможно только при освоении и дальнейшем окультуривании их почв, так как участие мелиорантов и минеральных удобрений в формировании урожая зерновых на освоенных почвах составляет около 10 %, а на окультуренных – 30 % (Просьянников Е.В. *Взаимовлияние почв и радиоактивности в экосистемах полесья и ополья Юго-запада России: дис. ... д-ра с.-х. наук. М., 1995. 458 с.*) [8]. Известкование обуславливает оптимизацию почвенной реакции, способствующей улучшению многих свойств и режимов почвы, а фосфоритование – обогащает подвижными фосфатами (рис. 1).



Рисуно 1 – Динамика известкования и фосфоритования почв пахотных земель Брянской области

Активное освоение и окультурирование почв пахотных земель в 1960-1990 гг. (рис. 1) создало условия для интенсивного использования агрохимикатов и повышения урожайности зерновых культур, к сожалению, это не произошло из-за сложившейся политической и социально-экономической обстановки. Началось резкое снижение использования агрохимикатов, которое продолжалось первые десять лет 21 века (рис 2). В следующие десять лет с 2011 г. применение минеральных удобрений стали постепенно увеличивать, но даже в 2023 г. оно не превысило их внесение в 1985-1990 гг.

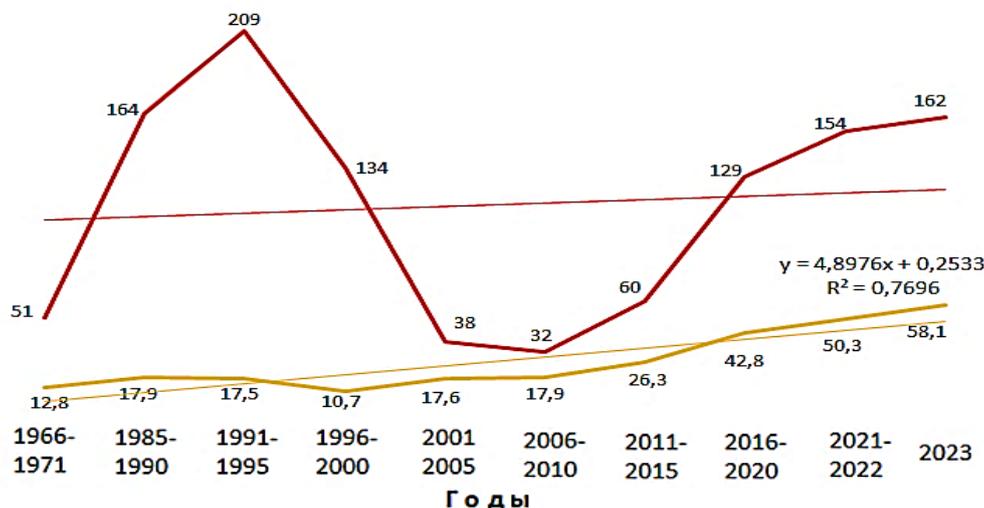


Рисунок 2 – Динамика внесения минеральных удобрений на пашне (НПК, кг д. в. – красные линии) и средней урожайности зерновых культур (ц/га – жёлтые линии) в Брянской области

Средняя урожайностью зерновых за 57 лет была самой низкой (10,7 ц/га) в 1996-2000 гг., когда внесение удобрений резко сократилось. Однако в 2001-2010 гг., отличающихся их наименьшим применением, урожайность стала возрастать, достигнув показателей 1985-1995 гг. при максимальном внесении минеральных удобрений (рис. 2). Вероятно, это является следствием гистерезиса – процесса запаздывания увеличения урожайности, относительно скорости изменения свойств почв [9].

Увеличение в 2011-2015 гг. применения на пашне минеральных удобрений, которое продолжается и в настоящее время, способствовало значительному росту урожайности зерновых культур. Необходимо отметить, что рост эффективности применения минеральных удобрений происходит при усилении экологической рациональности их использования, выражающейся в улучшении в почвенном покрове пашни баланса подвижных соединений азота, фосфора, калия и кальция (рис. 3).

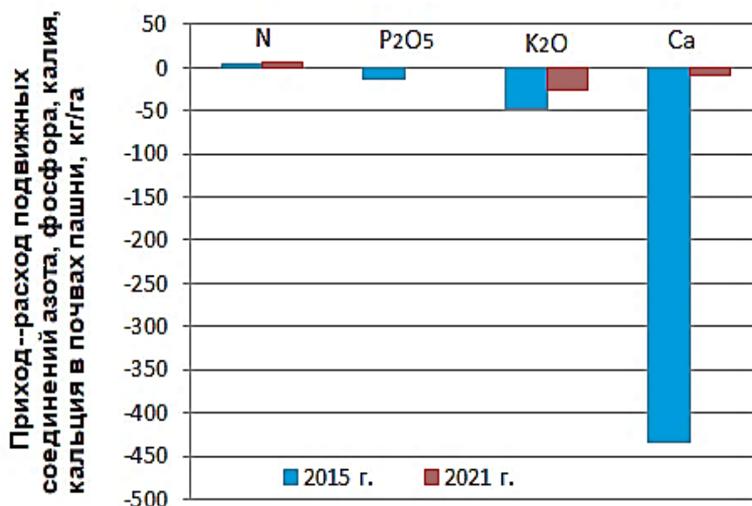


Рисунок 3 – Баланса подвижных соединений азота, фосфора, калия и кальция в почвах пахотных земель Брянской области

Опыт европейских стран свидетельствует, что высокая эффективность использования минеральных удобрений достигается только одновременно с окультурированием нечернозёмных почв пашни; при этом в составе НПК доля N составляет 0,5-0,7; P₂O₅ – 0,1-0,2; K₂O – 0,2-0,3 (табл. 1).

Таблица 1 – Урожайность зерновых культур и внесение удобрений на окультуренных почвах пашни в европейских странах (по В.Г. Минееву с дополнениями автора)

Страны	Средняя урожайность зерновых, ц/га	Внесено минеральных удобрений						
		NPK, кг/га д. в.	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
			кг/га д. в.	доля в NPK	кг/га д. в.	доля в NPK	кг/га д. в.	доля в NPK
Австрия	54,00	161,93	79,32	0,5	38,12	0,2	44,49	0,3
Великобритания	73,24	364,70	221,02	0,6	64,04	0,2	79,64	0,2
Германия	62,82	238,19	148,54	0,6	35,08	0,2	54,57	0,2
Дания	58,58	188,20	124,03	0,7	22,83	0,1	41,34	0,2
Нидерланды	82,92	569,50	418,08	0,7	70,06	0,1	81,36	0,2
Финляндия	43,40	134,86	77,14	0,6	25,50	0,2	32,22	0,2
Франция	70,81	276,95	138,07	0,7	57,52	0,2	81,36	0,3
Чехия	41,97	118,69	84,67	0,7	16,27	0,1	17,75	0,2
Коэффициенты корреляции		0,92	0,84		0,92		0,95	

В растениеводстве важной задачей является защита возделываемых культур от болезней, которых известно около 50 тыс. видов, насекомых-вредителей (около 9 тыс. видов) и сорных растений (около 8 тыс. видов). Все они вместе способны уничтожить более 30 % урожая (*Долженко Т.В. Биологизация и экологическая оптимизация ассортимента средств защиты сельскохозяйственных культур от вредителей: дис. ... д-ра биол. наук: 06.01.07. СПб.-Пушкин, 2017. 301 с.; Химические средства защиты растений: мировой и российский рынок / О.И. Азаров, В.Г. Цой, П.А. Чекмарёв и др.. М.: Леовинг, 2018. 111 с.*). Вещества или их смеси, предназначенные для защиты растений от вредных организмов, а также используемые в качестве регуляторов роста растений, феромонов, дефолиантов, десикантов и фунгицидов объединяют в группу пестицидов. На освоенных землях они сохраняют около 5 % урожая, а на окультуренных – 15 %. Среди пестицидов примерно 45 % составляют гербициды и по 27 % – фунгициды и инсектициды (*Иванцова Е.А., Сухова О.В. Классификация пестицидов // Фермер. Поволжье. 2015. № 3 (34). С. 52-58.*

До применения гербицидов конкурирующие растения на полях удаляли физическими способами. В первой половине 1940 гг. для этого начали использовать синтетические химические вещества. Была обнаружена гербицидная активность у органического соединения 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (C₈H₆Cl₂O₃), сокращённо – 2,4-Д. Это стало причиной синтезировать его в больших объёмах для защиты растений самостоятельно и в качестве активного ингредиента в производстве более 1500 других гербицидов (*Matthews Graham A. A history of pesticides. Hardback. Published by CAB International, 2018. 287 pp.*).

В 19 веке первым фунгицидом, используемым на больших площадях сельскохозяйственных угодий, стала бордоская жидкость: смесь растворов медного купороса CuSO₄×5H₂O и гидроксида кальция – гашеной извести Ca(OH)₂. Позже начали синтезировать фунгициды органического происхождения. Первой группой системных фунгицидов были производные бензимидазола (C₇H₆N₂). С этого времени список противогрибковых препаратов стал регулярно пополняться многокомпонентными комбинированными фунгицидами.

До середины 20 века для защиты растений от насекомых-вредителей использовали в основном соединения меди, мышьяка, ртути, серы, а также различные растительные экстракты, из которых менее токсичные до сих пор применяют в органическом земледелии. В 1873 г. в Австрии синтезировали 4,4-дихлордифенилтрихлорэтан (C₁₄H₉Cl₅), сокращённо – ДДТ. Вначале 1940 гг. изучение его в растворах, эмульсиях, гранулах и порошке (дусте) показало, что ДДТ во всех формах обладает сильным контактным инсектицидным действием. Это позволило использовать его во всем мире для уничтожения всевозможных нежелательных насекомых. Второе место по масштабу производства и применения занимает инсектицид гексахлорциклогексан (ГХЦГ), который промышленно производят с 1949 г. [14].

В 1920 гг. впервые была замечена устойчивость вредителей к неорганическим пестицидам. Стало понятно, что можно ожидать этого и от органических пестицидов. Еще установили, что многие используемые пестициды постепенно накапливаются в пищевой цепи, становясь глобальными загрязнителями, опасными для человека и животных. В 1950-1960 гг. синтезировали множество новых пестицидов, что обусловило их широкое комплексное использование. Их стали применять только при достижении экономического и/или биологического порога повреждения возделываемых культур. С 1980 гг. появились генетически модифицированные сельскохозяйственные растения, что позволило снизить интенсивность применения инсектицидов.

СССР обладал мощной химической промышленностью, производившей особо опасные хлорорганические и фосфорорганические пестициды. По объёмам производства он был вторым после США. Отечественные препараты удовлетворяли около 65 % потребности страны, остальные – отправляли на экспорт. В 1991 г. производство пестицидов в РФ составило 156,5 тыс. т, в 1997 г. оно снизилось до 27 тыс. т, в 1998 г. – до 9,8 тыс. т. Стремление полностью импортировать средства защиты растений резко увеличило их стоимость на внутреннем рынке. С 2010 по 2020 гг. российский рынок пестицидов вырос в 4 раза, их потребление достигло 187,9 тыс. т, из которых импорт составил 32 %. В 2023 г. общий объем этого рынка вырос до 230 тыс. т [15].

В 2021 г. отечественные растениеводы использовали средств защиты растений 69,5 тыс. т, из них: гербицидов и десикантов – 43 тыс. т 698 наименований или 62 %; фунгицидов – 13 тыс. т 284 наименований или 18 %; инсектицидов – 7 тыс. т 286 наименований или 10 %; протравителей – 4 тыс. т 138 наименований или 6 %; биологических и прочих препаратов – 3 тыс. т или 4 %. Пестицидная нагрузка на 1 га пашни в РФ составила 0,594 кг, в Центральном федеральном округе – 0,776 кг [16].

В Брянской области защищать возделываемые культуры от нежелательных растений, возбудителей болезней и вредителей на научной основе начали с 1956 г. сотрудники Брянской государственной сельскохозяйственной опытной станции и агрономы колхозов и совхозов. В 1961 г. была организована Брянская областная станция защиты растений, а в 1966 г. – Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений (ВНИИЗР) в Рамонском районе Воронежской области. В 2007 г. слиянием Брянской областной станции защиты растений и Государственной семенной инспекции администрации Брянской области был создан Брянский филиал ФГБУ «Россельхозцентр», в структуру которого вошли 22 районных и межрайонных отдела. К сожалению, мониторинг содержания и поведения пестицидов в почвах, сельскохозяйственных культурах, других объектах природы и продукции растениеводства значительно затруднён не только разнообразием обновляемого ассортимента, но и существующим учётом их использования.

В защиту сельскохозяйственных культур от вредителей включились и многие выпускники Брянского ГАУ. Результаты научных исследований они доводят до специалистов производства с помощью хозяйственных договоров, выступая на конференциях, совещаниях и публикуя их в монографиях и рецензируемых научно-производственных журналах.

Мерой воздействия пестицида на вредоносные организмы является доза, которая уничтожает их в количестве 50 %. Её называют смертельной дозой $СД_{50}$ и выражают в единицах массы пестицида по отношению к единице массы или объёма обрабатываемых вредителей (мг/кг или мг/л, мг/м³). Эту дозу пестицида используют для установления нормы расхода препарата на единицу площади или массы обрабатываемого объекта (л/га, кг/га или л/т, кг/т).

Применять пестициды в Брянской области начали с 1947 г. К 1982-1984 гг. обработанная ими площадь пашни увеличилась почти в 80 раз (рис. 4). По данным Брянской областной станции защиты растений в 1987-1994 гг. на каждом гектаре пашни ежегодно использовали в среднем 2,1 кг пестицидов. К 1989 г. это количество достигло почти 4 кг и стало снижаться, уменьшившись в 1994 г. почти в 10 раз, и оставалось практически на одном уровне до 2008 г.

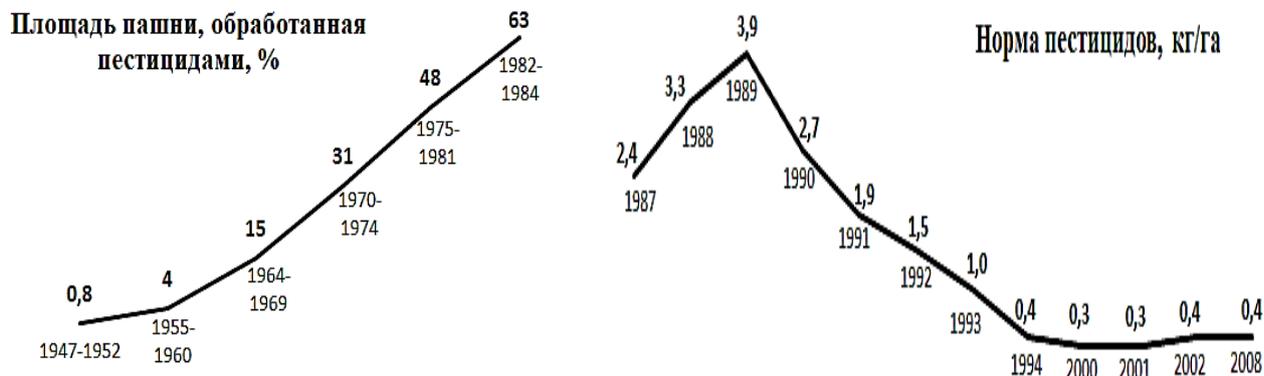


Рисунок 4 – Динамика применения пестицидов в 1947-2008 гг. в Брянской области [17-19]

Управлением по гидрометеорологии и контролю природной среды в результате выборочного контроля загрязнения почв Брянской области пестицидами в 1983 г. установлено, что из 1125 т их действующего вещества 73,5 % составляли гербициды, 26,2 % – фосфорорганические и 0,3 % хлорорганические пестициды. Среднее содержание ДДТ и его метаболитов по сравнению с 1982 г. увеличилось и составило десятые доли от предельно допустимой концентрации (ПДК 0,1 мг/кг) в сельскохозяйственных предприятиях Новозыбковского и Почепского районов. Было установлено загрязнение

линданом и гексахлораном почв свекольных и кукурузных полей. В почвах под картофелем симазин и прометрин не были обнаружены (*Демешкан А.П. Загрязнение почв пестицидами на территории Брянской области за 1982-1983 годы // Научно-организационные материалы по охране здоровья человека и природы в процессе сельскохозяйственного производства. Брянск, 1986. С. 16-17*).

В 1990 г. определение остаточных количеств пестицидов в верхних горизонтах почв Новозыбковского, Клинецовского и Стародубского районов Брянской области показало, что из всех сим-триазинов, хлорорганических и фосфорорганических пестицидов присутствуют симазин, ДДТ, дильдрин, 1-6 - гексахлорциклогексан (ГХЦГ), хлорофос и продукты распада хлорорганических пестицидов. Было установлено постоянное присутствие сим-триазинов и хлорорганических пестицидов в гумусовых горизонтах почв полувековых полезащитных лесных полос: в Новозыбковском районе содержание дильдрин (0,530 мг/кг) и ДДТ (0,213 мг/кг) превышало ПДК (соответственно 0,200 и 0,100 мг/кг); в Клинецовском районе содержались следы продуктов распада хлорорганических пестицидов и сим-триазинов; в Стародубском районе содержание симазина (0,030 мг/кг) и ДДТ (0,020-0,040 мг/кг) превышало ПДК (соответственно 0,200 и 0,100 мг/кг). В почвах аналогичного генезиса, но длительно интенсивно используемых для возделывания овощных и полевых культур, были обнаружены симазин, хлорофос и ДДТ в количестве меньшем ПДК (*Просянкин Е.В. Взаимовлияние почв и радиоактивности в экосистемах полей и ополья Юго-запада России: дис. ... д-ра с.-х. наук. М., 1995. 458 с.*).

В начале 20 гг. в Брянской области пестициды по объёмам использования расположились в следующие убывающие ряды: гербициды (дезормон, агритокс, 2,4-Д-амминная соль, гезагард, диален, бурефен); фунгициды (ТМТД, фенорам С, колфуго С, фундазол, поликарбацин и тилт); инсектициды (альфа ципи, ципи, каратэ и актара). В Жуковском, Гордеевском, Почепском, Новозыбковском и Климовском районах были зафиксированы случаи использования запрещённых пестицидов: симазина, тубарида, протравина, гранозана (*Корсаков А.В., Михалёв В.П., Трошин В.П. Комплексный экосистемный анализ техногенных изменений состава среды на территориях Брянской области // Вестник ВГУ. Серия: химия, биология, фармация. 2010. № 1. С. 86-93*).

В 2023 г. сотрудники ФГБУ «НПО «Тайфун» провели выборочный контроль загрязнения почв хлорорганическими пестицидами в Брянском районе на территории «Болгарского сада» – остаточные количества ДДТ, ГХЦГ, трифлуралина отсутствовали. В почве поля озимой пшеницы АО «Учхоз «Кокино» весной содержалось остаточного количества гербицида 2,4-Д 0,006 мг/кг и осенью – 0,001 мг/кг, что значительно ниже ПДК [21].

Выводы.

1. Ретроспективный анализ особенностей химизации растениеводства в Брянской области свидетельствует о наличии причинно-следственных связей между ними и социально-экономической обстановкой в регионе. Мониторинг доз и норм применяемых агрохимикатов и пестицидов, их компонентного состава, содержания и поведения в почвах пахотных земель, других объектах природы и продукции растениеводства затруднён не только разнообразием обновляемого ассортимента, но и существующими правилами учёта и публикации информации.

2. На научной основе агрохимикаты применяют с 1954 г. Мелиоранты известковые наиболее интенсивно (80-140 тыс. га) использовали для окультуривания почв пахотных земель в 1960–1995 гг., начиная с 1996 г. по 2021 г. известкуемая площадь не превышала 20 тыс. га. Наиболее интенсивно окультуривали почвы пашни фосфоритованием (38–118 тыс. га) в 1972–1995 гг. Начиная с 1996-2000 гг. площадь фосфоритуемых почв сходит на нет. Минеральные удобрения максимально (209 кг/га д. в.) вносили на пашне в 1991-1995 гг., а минимально (32 кг/га д. в.) – в 2006-2010 гг. Минеральных удобрений участвуют в формировании урожая зерна на освоенных землях примерно на 10 %, на окультуренных – 30 %.

3. Среди пестицидов гербициды составляют около 45 %, а фунгициды и инсектициды остальные 55 % делят примерно поровну. Площадь пашни, обработанная пестицидами, увеличилась с 1947 к 1984 г. почти в 80 раз. На научной основе их применяют с 1961 г.; максимально (3,9 кг/га) использовали в 1989 г., а минимально (0,3 кг/га) – в 2000 и 2001 г. Пестициды участвуют в формировании урожая зерна на освоенных землях примерно на 5 %, а на окультуренных – 15 %.

4. Эффективное и экологически рациональное использование в растениеводстве мелиорантов почвы известковых, минеральных удобрений и пестицидов возможно только на научной основе и при соблюдении соответствующих государственных регламентов обращения с ними.

Список источников

1. Природные ресурсы растениеводства западной части Европейской России: коллектив. монография в 2 ч. Ч. 1. Современное состояние / отв. ред.: Е.В. Просянкин, В.Е. Ториков. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2020. 212 с.

2. Природные ресурсы растениеводства западной части Европейской России: коллективная монография в 2 ч. Ч. 2. Рационально-эффективное использование / отв. ред. Е.В. Просянников, В.Е. Ториков. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2021. 236 с.
3. Прудников П.В., Пашковский А.А., Леянова Е.Н. Агроэкологическая характеристика почв, экономическая эффективность применения средств химизации и новых комплексных удобрений в Брянской области // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 11. С. 10-20.
4. Просянников Е.В. Ретроспекция рационально-эффективного использования почв пахотных земель южных ополей // Экологический Вестник Северного Кавказа. 2023. Т. 19, № 3. С. 25-32.
5. Просянников Е.В. Плодородие почвы и продуктивность земли // Вестник Брянской ГСХА, 2023. № 6 (100). С. 3-8.
6. ДДТ (инсектицид) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ДДТ_\(инсектицид\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/ДДТ_(инсектицид)), свободный – (дата обращения: 19.12.2024).
7. Михайликова В.В., Стребкова Н.С. Анализ рынка пестицидов в Российской Федерации // Труды Кубанского государственного университета. 2021. № 91. С. 225-227.
8. Михайликова В.В., Стребкова Н.С. Пестицидная нагрузка по областям и округам Российской Федерации // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: материалы XV междунар. конф. М.: Российский НИИ информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса (Правдинский), 2023. С. 236-241.
9. Состояние загрязнения пестицидами объектов природной среды Российской Федерации в 2023 г.: ежегодник. Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун»», 2024. 86 с.

Информация об авторе:

Е.В. Просянников – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, p_e_v_32@mail.ru.

Information about the author:

E.V. Prosyannikov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University, p_e_v_32@mail.ru.

Автор несет ответственность за свою работу, представленные данные и плагиат.

The author is responsible for his work, submitted data and plagiarism.

Статья поступила в редакцию 09.01.2025, одобрена после рецензирования 24.01.2025, принята к публикации 27.01.2025.

The article was submitted 09.01.2025, approved after reviewing 24.01.2025, accepted for publication 27.01.2025.

© Просянников Е.В.

**ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)**

Научная статья

УДК 633.11''321'' (470.3)

**УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА СОВРЕМЕННЫХ СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ
В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ**

**Владимир Ефимович Ториков, Ольга Владимировна Мельникова,
Владимир Михайлович Никифоров, Андрей Александрович Резунов**
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Среди изучаемых сортов в 2021 г. наибольшей биологической урожайностью зерна 12,7-11,0 т/га характеризовались Ладья, Рима, Злата, Радмира, Юбилейная 60, Виталия, Бурлак, КВС Аквилон, Курьер и Канюк, которые сформировали массу зерна с одного колоса 1,58- 1,82 г и натуру зерна в интервале 687 - 786 г/л. Наибольшую натуру имели Радмира (792 г/л), Рима (786 г/л) и Виталия (761 г/л) при массе 1000 зерен, соответственно, 47,1 - 44,3 - 36,1 г. В 2022 г. Наибольшей биологической урожайностью 11,40 - 10,03 - 9,67 - 9,64 - 9,47 - 9,63 т/га отличались сорта отечественной селекции Буран, Рима, Эврика, Радмира, Злата, Аквилон, тогда как сорта немецкой селекции Джестрим и Сансет обеспечили урожайность зерна 12,73 и 10,14 т/га. Сорта Злата и Сансет сформировали зерно с натурой более 750 г/л, что соответствует 1-2 классу продовольственного зерна. Зерно сортов Юбилейная 60, Злата, Рима и Радмира, выращенное в 2023 году, накапливало сырого протеина 15,17-15,96%, что соответствует 1 классу, а Джестрим и КВС Торридон - 5 классу. Между урожайностью (У) зерна сортов пшеницы и массой 1000 зерен (X_1) имеется прямая, средняя по тесноте связь ($r=0,57$). Коэффициент детерминации ($d=0,32$) указывает, что урожайность на 32 % зависела от массы 1000 зерен. Зависимость данных признаков можно описать линейным уравнением регрессии: $Y=5,68+0,36(X_1-38,7)$. Между урожайностью (У) и натурой зерна (X_2) не было установлено прямой и существенной зависимости ($r = -0,15$). В то время как между показателями массы 1000 зерен (X_1) и натуры зерна (X_2) отмечалась средняя положительная связь ($r=0,30$, $d=0,09$), следовательно, в опыте установлено, чем больше выполненность зерна, тем выше его натура. Учёт биологической урожайности зерна сортов яровой пшеницы, выращенных в 2024 году показал, что наиболее урожайными (от 8 до 8,55 т/га) оказались Ясмунд, Памяти Коновалова, Флоренс, Каликсо, Эврика, Токката и Ладья, тогда как все остальные сорта обеспечили урожайность от 6,18 т/га - Радмира до 6,57 т/га - Ликамеро и до 6,71 т/га - Дарья. По содержанию сырой клейковины в зерновках выделились сорта Русалина и Фалькона (по 31,4%), Марфа (29,3%), Белянка и Радмира (по 28,5%), которые отвечали требованиям для сильной пшеницы.

Ключевые слова: яровая пшеница, зерно, урожайность, протеин, сырая клейковина, сырой жир, клетчатка.

Для цитирования: Урожайность и качество зерна современных сортов яровой пшеницы в условиях центрального Нечерноземья / В.Е. Ториков, О.В. Мельникова, В.М. Никифоров, А.А. Резунов // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 1 (107). С. 11-19.

Original article

**YIELDS AND GRAIN QUALITY OF MODERN SPRING WHEAT VARIETIES
IN THE CONDITIONS OF THE CENTRAL NON-BLACK SOIL ZONE**

Vladimir Ye. Torikov, Olga V. Melnikova, Vladimir M. Nikiforov, Andrey A. Rezunov
Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. Among the studied varieties in 2021, Lad'ya, Rima, Zlata, Radmira, Yubileynaya 60, Vitaliya, Burlak, KVS, Akvilon, Kur'yer and Kanyuk had the highest biological grain yields of 12.7-11.0 t/ha, which formed a grain mass from one ear of 1.58- 1.82 g and grain nature in the range of 687 - 786 g/l. Radmira (792 g/l), Rima (786 g/l) and Vitaliya (761 g/l) had the highest grain nature at 1000 grain mass of 47.1 - 44.3 - 36.1 respectively. In 2022 domestic varieties Buran, Rima, Evrika, Radmira, Zlata, Akvilon differed in the highest biological yields of 11.40 - 10.03 - 9.67 - 9.64 - 9.47 - 9.63 t/ha, while German varieties Jestrim and Sunset provided grain yields of 12.73 and 10.14 t/ha. The Zlata and Sunset varieties formed grain with a grain nature of more than 750 g/l, which corresponds to the 1st-2nd class of food grain. The grain of the Yubileynaya 60, Zlata, Rima and Radmir varieties grown in 2023 accumulated crude protein of 15.17-15.96%, which corresponds to the 1st class, and Jestrim and KVS Torridon - the 5th class. There is a direct, medium-density relationship ($r=0.57$) between the yields (Y) of wheat grains and the mass of 1000 grains (X_1). The coefficient of determi-

nation ($d=0.32$) indicates that the yields was 32% dependent on the mass of 1000 grains. The dependence of these features can be described by a linear regression equation: $Y=5.68+0.36(X_1-38.7)$. No direct and significant relationship was established between yields (Y) and grain nature (X_2) ($r = -0.15$). While there was an average positive relationship ($r=0.30$, $d=0.09$) between the mass of 1000 grains (X_1) and the grain nature (X_2), therefore the experiment found that the higher the grain quality, the higher its nature. Accounting for the biological grain yields of spring wheat varieties grown in 2024 showed that Yasmund, Pamyati Konovalovu, Florens, Kalikso, Evrika, Tokkata and Lad'ya turned out to be the most productive (from 8 to 8.55 t/ha), while all other varieties provided yields from 6.18 t/ha - Radmira to 6.57 t/ha - Likamero and up to 6.71 t/ha - Dar'ya. According to the content of raw gluten in the grains, the following varieties stood out: Rusalina and Fal'kona (31.4% each), Marfa (29.3%), Belyanka and Radmira (28.5% each), which met the requirements for strong wheat.

Key words: spring wheat, grain, yield, protein, crude gluten, crude fat, fiber.

For citation: Yields and grain quality of modern spring wheat varieties in the conditions of the central Non-Black Soil Zone / V.Ye. Torikov, O.V. Mel'nikova, V.M. Nikiforov, A.A. Rezunov // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2025. 1 (107): 11-19.

Введение. Опыт мирового земледелия показывает, что добиться резкого увеличения урожайности зерна возделываемых сортов яровой пшеницы возможно на основе использования достижений современной селекции и совершенствования адаптивной технологии их возделывания. В Российской Федерации за счет сорта формируется 30-50% урожая и его качества (*Сортимент озимой мягкой пшеницы для центрального региона России с повышенным потенциалом продуктивности и качества* / Б.И. Сандухадзе, Г.В. Кочетыгов, М.И. Рыбакова и др. // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2012. Т. 36, № 3. С.16-19).

Известно, что сорт представляет собой самовоспроизводящую генетически стабильную систему растений, созданную путем селекции, отличающейся определенными наследственными и морфологическими признаками, обладающей определенным потенциалом биологической продуктивности и адаптивности, обеспечивающей высокую урожайность с улучшенными показателями качества выращенной продукции [2].

Экологические условия агроценоза, возделываемого сорта оказывают непосредственное влияние на его адаптивность. Под адаптивностью понимают способность сорта давать среднюю урожайность в различных почвенно-климатических условиях произрастания. Между собой сорта различаются различной гетерогенностью агропопуляций (в своём составе могут иметь растения с различиями по высоте, засухоустойчивости, глубине залегания корневой системы, срокам начала фазы цветения и пр.), интенсивностью (способность сорта быстро реагировать на улучшение условий произрастания, как например, применение удобрений, стимуляторов роста, выпадение осадков); устойчивостью к наиболее вредоносным заболеваниям; низкой восприимчивостью к поражению насекомыми, а при повреждении ими способность к отрастанию (*Сортимент озимой мягкой пшеницы для центрального региона России с повышенным потенциалом продуктивности и качества* / Б.И. Сандухадзе, Г.В. Кочетыгов, М.И. Рыбакова и др. // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2012. Т. 36, № 3. С.16-19; *Влияние системы удобрения на агроэкологические свойства почвы, урожайность, содержание сырой клейковины, аминокислотного и элементного состава в зерне мягкой озимой пшеницы* / В.Е. Ториков и др. // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 1 (46). С. 8-20) [4].

Потенциальная продуктивность сорта играет важную роль для повышения устойчивости к неблагоприятным условиям произрастания. Увеличение производства зерна тесно связано с внедрением новых сортов интенсивного типа, отвечающих требованиям современных технологий и приспособленных к почвенно-климатическим условиям региона (*Роль сорта в технологиях возделывания озимой пшеницы* / П.М. Политыко, С.В. Матюта, И.В. Шаклеин и др. // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2014. № 1. С. 21-30).

Высокий уровень урожайности – основное требование к возделываемым сортам. Целый ряд ученых считает, что существует ряд отрицательных генетических корреляций, мешающих объединить в одном сорте пшеницы некоторые хозяйственно-ценные признаки и свойства, в частности: урожайность – скороспелость, урожайность – высокобелковость, продуктивность – число растений перед уборкой, число зерен в колосе – масса 1000 зерен, стекловидность – число зерен в колосе и его продуктивность, урожайность – устойчивость к различным видам ржавчины, мучнистой росе [6].

Большинство сортов имеют хозяйственно-биологические недостатки, ограничивающие возможность их возделывания в конкретных почвенно-климатических зонах. К данной группе недостатков следует отнести: пониженную засухоустойчивость сортов и гибридов, полегаемость, поражения болез-

нями и вредителями, позднеспелость (Ториков В.Е., Фокин И.И. Влияние агроэкологических условий выращивания на урожайность и качество зерна озимой пшеницы // Вестник Брянской ГСХА. 2010. № 4. С. 35-44; Ториков В.Е., Осипов А.А. Влияние условий выращивания и минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы // Аграрный вестник Урала. 2015. № 6 (136). С. 24-28).

Для всех зерновых культур особую ценность представляют сорта с устойчивым к полеганию стеблем и осыпанию. Некоторые селекционеры сознательно стараются выводить короткостебельные сорта, так как низкорослым требуется меньше питательных веществ на соломину, идущих в этом случае на образование зерна. Короткостебельные сорта устойчивы к полеганию. Так, благодаря изменению морфотипа у яровой пшеницы к короткостебельным формам от высокостебельных, добились повышения урожайности устойчивости посевов к полеганию (Сортимент озимой мягкой пшеницы для центрального региона России с повышенным потенциалом продуктивности и качества / Б.И. Сандухадзе, Г.В. Кочетыгов, М.И. Рыбакова и др. // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2012. Т. 36, № 3. С.16-19; Ториков В.Е., Кулинкович С.Н. Технологии возделывания и качество зерна озимой пшеницы: монография. Брянск: Изд-во БГСХА, 2013. 248 с.). Однако чрезмерное уменьшение высоты растений ведет к снижению урожайности. Для каждой климатической зоны существует оптимум высоты. Для Нечерноземной зоны он составляет - 0,9 – 1 м.

Сорта, различающиеся друг от друга хозяйственно-биологическими и морфологическими признаками, формируют различную величину урожайности, отличаются скороспелостью и засухоустойчивостью (Шнаар Д., Элмер Ф., Постников А. Зерновые культуры. Мн.: ФУ Аинформ, 2000. 421 с.) [2].

Цель исследований - оценка уровня сформированной урожайности и качества зерна современных сортов яровой пшеницы, возделываемых в почвенно-климатических условиях юго-запада Центрального региона России.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований являются современные сорта яровой пшеницы различных генотипов.

Исследования выполнены в условиях опытного опыта Брянского государственного аграрного университета на серой лесной среднесуглинистой почве, сформированной на лессовидных карбонатных суглинках. Почва опытного участка хорошо окультуренная, с содержанием гумуса - 3,66- 3,69 % (по Тюрину), характеризуется высокой обеспеченностью подвижными формами фосфора (P_2O_5) - 300-302 мг/кг, обменным калием (K_2O) – 261-268 мг/кг почвы (по Кирсанову) и слабокислой реакцией почвенного раствора - $pH_{КСГ}$ 5,5-5,7.

После уборки картофеля, идущего в качестве предшественника, обработка почвы включала дискование почвы ЛДГ-5 на глубину 8-10 см, вспашку с боронованием на 22-24 см и культивацию с боронованием по мере появления сорняков на 10-12 см. Под предпосевную культивацию вносили минеральные удобрения N120P120K120. Непосредственно перед посевом проводили предпосевную обработку почвы комбинированным агрегатом РВК-3,6. Посев яровой пшеницы проводили 28 апреля рядовым способом сеялкой СПУ-3. Норма высева семян составляла 5,5 млн. штук всхожих семян на 1 га.

Применяли интегрированную защиту посевов от болезней, вредителей и сорной растительности. Использовали системный протравитель семян от болезней, почвообитающих и вредителей всходов Табу, ВСК (имидаклоприд, 500 г/л) при норме расхода - 0,5 л/т из расчета 10 л/т рабочей жидкости.

Гербициды - Бомба Микс, ВДГ, СЭ (комбинация двух гербицидов: Бомбы (трибенурон-метил, 563 г/кг + флорасулам, 187 г/кг) и Балерины (2,4-Д кислота в виде сложного 2-этилгексилового эфира, 410 г/л + флорасулам, 7,4 г/л) при норме 0,28 л/га и расходе рабочей жидкости - 300 л/га в фазу осеннего кушения против широкого спектра двудольных сорняков, в том числе подмаренника цепкого, осота и бодяка, а также в период весеннего кушения озимой пшеницы Ластик Топ, МКЭ (феноксапроп - П-этил, 90 г/л, клодинафоппропаргил, 60 г/л и антидот клоквинтосетмексил, 40 г/л) двухкомпонентного селективного гербицид для борьбы со злаковыми сорняками (плевел, просо куриное, просо сорно-полевое, метлица полевая, метлица обыкновенная, лисохвост, мятлик, щетинник, канареечник) из расчета - 0,5 л/га и расходе расход рабочей жидкости - 300 л/га.

Фунгицид Аканто Плюс, КС (пикоксистробин, 200 г/л + ципроконазол, 80 г/л) применяли в фазу трубкования от мучнистой росы, ринхоспориоза, бурой и корончатой ржавчины септориоза, фузариоза, красно-бурой пятнистости из расчета 0,6 л/га и расходе рабочей жидкости - 300 л/га.

Ретардант Стабилан, ВР (хлормекватхлорид 460 г/л) по 1,5 л/га в фазу конец кушения. Размещение делянок в опыте систематическое, повторность 3-х кратная, общая площадь делянки - 150 м², в том числе учетная - 50 м².

Агроклиматические условия Брянской области благоприятны для роста и развития яровой пшеницы. Сумма эффективных температур за период вегетации колебалась от 2350 до 2420°С. Годовая

сумма осадков составляла 441-508 мм. Область относится к зоне достаточного увлажнения с сильно увлажненной зимой и умеренно сухим летом, ГТК = 1,1-1,5. Климатические условия в период проведения научных исследований были типичными для юго-западной части Центрального региона России. Наблюдалось достаточное атмосферное увлажнение и удовлетворительная теплообеспеченность.

Полевые исследования проводили по общепринятой методике полевого опыта (Б.А. Доспехов, 2014). Оценку сортов по основным хозяйственно-биологическим свойствам и качеству зерна проводили по методике государственного сортоиспытания (*Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. М.: Госкомиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. 1989. 197 с.*).

Аналитические испытания выполнены в Центре коллективного пользования приборным и научным оборудованием Брянского ГАУ по общепринятым методикам: влажность зерна - ГОСТ 13586.5-2015, общий азот и сырой протеин – ГОСТ 13496.4-93, содержание фосфора - ГОСТ 26657-97, сырой жир и сырая клетчатка - ГОСТ 32040-2012.

Отдельные показатели товарных качеств зерна пшеницы получены с помощью прибора ИнфрАЛЮМ ФТ -12 с программным обеспечением «СпектрАЛЮМ/Про». Общий азот (Нобщ.) определяли фотометрически индофенольным методом в соответствии ГОСТ-13496.4-93, содержание протеина определяли по формуле: Нобщ. ×5,7.

Определение структуры биологической урожайности зерна сортов яровой пшеницы проводили методом снопового образца, натуру зерна по ГОСТ 10840-64, массу 1000 зерен на автоматическом счетчике семян.

Агрохимический анализ почвы проводили по методам, принятым в агрохимической службе: рН_{КС1} - ионометрически (ГОСТ 24483-85), гумус - по Тюрину (ГОСТ 26213-74), содержание подвижного фосфора и обменного калия определяли из одной вытяжки по Кирсанову в модификации ЦИ-НАО (ГОСТ 26207-84).

Нормы минеральных удобрений рассчитывали балансовым методом по В.Г. Минееву. Фитосанитарную оценку состояния посевов проводили по общепринятым методикам НИИ защиты растений, засоренность посевов определяли количественно-весовым методом.

Уборку урожая осуществляли поделочно прямым комбайнированием комбайном «Terrior – 2910».

Статистическую обработку результатов исследований осуществляли методами корреляционно-регрессионного и дисперсионного анализов по Б.А. Доспехову (*Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: учебник для высш. с.-х. учеб. заведений. М.: Альянс, 2014. 351 с.*).

Результаты исследований. Проведенные в 2021 г. исследования показали, что среди изучаемых сортов яровой пшеницы наибольшей биологической урожайностью зерна 12,7-11,0 т/га характеризовались сорта отечественной селекции: Ладья, Рима, Злата, Радмира, Юбилейная 60, Виталия, Бурлак, КВС Аквилон, Курьер и Канюк, которые сформировали массу зерна с одного колоса 1,58-1,82 г и натуру зерна в интервале 687 - 786 г/л. Наибольшую натуру имели сорта Радмира (792 г/л), Рима (786 г/л) и Виталия (761 г/л) при массе 1000 зерен, соответственно, 47,1 - 44,3 - 36,1 г (табл. 1).

Таблица 1 – Биологическая урожайность, масса 1000 зерен и натура зерна сортов яровой пшеницы, опытное поле Брянского ГАУ, 2021 г.

Сорт	Биологическая урожайность зерна, т/га	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л
Злата	11,8	52,3	730
Рима	12,1	44,3	786
Радмира	11,0	47,1	792
Юбилейная 60	11,0	55,1	697
Агата	7,7	42,1	787
Арсея	10,4	42,7	792
Ладья	12,7	46,1	715
Каменка	10,5	39,3	732
Виталия	11,5	36,1	761
Ирень-2	9,5	47,1	765
Экстра	9,7	44,5	753
Бурлак	11,5	51,9	687
Архат	10,6	47,1	792
Курьер	11,6	51,2	732

Продолжение таблицы 1

Сорт	Биологическая урожайность зерна, т/га	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л
Ладья	10,5	45,9	795
Сударыня	10,7	40,5	754
Эврика	9,1	44,7	768
Тризо	9,6	42,3	766
Одета	9,1	40,0	737
Канюк	11,1	50,7	740
КВС Аквилон	11,7	40,8	792
НСР ₀₅	0,16		

Наибольшей массой 1000 зерен по показателям «крупность» и его «выполненность» отличались сорта Юбилейная 60 и Злата. Однако натура зерна была ниже базисной и не превышала 697 и 730 г/л.

В 2022 г. наибольшую высоту стеблей и длину колоса имели сорта Радмира, Рима и Юбилейная 60, а продуктивность зерна с одного колоса от 1,56 до 1,70 г (табл. 2).

Таблица 2 – Морфологические показатели стеблестоя и массы зерна в колосе сортов яровой пшеницы, 2022 г.

Сорт	Высота растения, см	Длина колоса, см	Общий стеблестой, шт/м ²	Продуктивный стеблестой, шт/м ²	Масса зерна с колоса, г
Радмира	113,2	12,0	790	620	1,56
Рима	111,3	11,5	680	590	1,70
Юбилейная 60	100,2	10,5	568	440	1,70
Злата	89,1	10,1	632	560	1,72
Сударыня	93,1	8,0	660	584	1,52
Дарья	87,2	8,6	784	728	1,29
Ладья	76,6	10,0	772	692	1,21
Эврика	53,3	8,0	484	440	1,91
Аквилон	70,6	9,6	703	640	1,48
Буран	68,3	9,7	696	644	1,77
Джестрим	74,0	9,3	776	688	1,85
Сансет	78,6	8,6	640	560	1,81

Эти сорта сформировали зерно с массой 1000 зерен 33,18 г; 35,95; 29,01 г, а натуру зерна на уровне 747-730 г/л, соответственно (табл. 3). Посевы сорта Юбилейная 60 к моменту уборки урожая отличались значительной полеглостью, что сказалось в конечном итоге на выполненности зерна, его объемной массе и величине собранного хозяйственного урожая.

Таблица 3 – Урожайность, натура зерна и масса 1000 зерен, 2023 г.

Сорт	Биологическая урожайность, т/га	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	Предуборочное полегание, балл	Хозяйственная урожайность зерна, т/га
Радмира	9,67	33,18	747	4	8,50
Рима	10,03	35,95	729	4	8,25
Юбилейная 60	7,57	29,01	730	3	6,25
Злата	9,63	39,69	768	4	8,46
Сударыня	8,88	38,05	742	4	7,10
Дарья	9,39	32,30	717	5	8,30
Ладья	8,37	28,95	678	5	7,00
Эврика	9,64	39,11	735	5	8,47
Аквилон	9,47	36,50	744	5	8,30
Буран	11,40	31,72	736	5	9,50
Джестрим	12,73	39,83	704	5	10,30
Сансет	10,14	36,09	760	5	8,37
НСР ₀₅	0,12				0,32

Наибольшей биологической урожайностью 11,40 - 10,03 – 9,67 - 9,64 – 9,47 – 9,63 т/га отличались сорта отечественной селекции Буран, Рима, Эврика, Радмира, Злата, Аквилон, тогда как сорта немецкой

селекции Джестрим и Сансет обеспечили урожайность зерна 12,73 и 10,14 т/га. Все испытываемые сорта, за исключением Юбилейная 60 были достаточно устойчивы к полеганию (4-5 баллов).

Сорта яровой пшеницы Злата и Сансет сформировали зерно с натурой более 750 г/л, что соответствует 1-2 классу продовольственного зерна. По этому показателю к 3-ему классу можно отнести сорта: Радмира, Юбилейная 60, Сударыня, Эврика, Аквилон, Буран. Они сформировали природу зерна в интервале 730-747 г/л. По этому показателю для 4 класса соответствовали сорта Рима и Дарья с натурой 729 и 717 г/л. Минимальные значения природы зерна отмечены у сорта Ладья - 678 г/л и Джестрим – 704 г/л.

Анализируя данные табл. 3 можно сделать вывод о том, что средняя урожайность зерна сортов яровой пшеницы колебалась от 4,01 (Золотая) до 8,59 (КВС Торридон) т/га, который обеспечил прибавку к стандарту (сорт Дарья) 2,18 т/га.

Достоверные прибавки урожайности к стандарту получены на сорте Славянка - 0,77 т/га, КВС Аквилон - 0,66 т/га, Злата - 0,64 т/га и Сударыня - 0,39 т/га. Урожайность сортов Орловская 1 и Агата была на уровне 4,55-4,05 т/га, что на 1,86-2,36 т/га ниже стандарта. У сорта Лиза отмечена урожайность на уровне стандарта - 6,39 т/га.

Таблица 3 - Хозяйственная урожайность зерна яровой пшеницы, 2023 г.

Сорт	Урожайность, т/га	± к стандарту, т/га
Дарья (st)	6,41	-
Злата	7,05	+0,64
Золотая	4,01	-2,40
Лиза	6,39	-0,02
Агата	4,55	-1,86
Сударыня	6,80	+0,39
Славянка	7,18	+0,77
Орловская 1	4,05	-2,36
КВС Аквилон	7,07	+0,66
КВС Торридон	8,59	+2,18
НСР ₀₅ 0,23		

Анализируя данные таблицы 4 можно отметить, что зерно сортов Юбилейная 60, Злата, Рима и Радмира содержание сырого протеина составило 15,17-15,96% и его можно отнести к 1 классу продовольственной пшеницы. Требованиям для 2 класса соответствовало зерно сорта Дарья, с содержанием протеина 14,38 %. Зерно всех остальных изучаемых сортов: Сударыня, Джестрим, Эврика, Ладья, Сансет, Аквилон, Буран содержало сырого протеина в пределах 12,24 – 13,42 %, что отвечает требованиям для зерна 3 класса.

Таблица 4 - Качество зерна сортов яровой пшеницы урожая 2023 года

Сорт	Влажность	Сырой протеин	Клейковина	Сырая клетчатка	Сырой жир
	%				
Сударыня	14,75	12,57	24,8	2,50	0,92
Дарья	14,46	14,38	28,2	1,97	1,03
Джестрим	14,05	12,41	24,3	2,04	0,97
Юбилейная 60	14,86	14,38	28,1	2,39	1,11
Эврика	14,51	12,24	23,9	2,25	0,91
Злата	14,58	15,23	29,8	2,61	1,11
Ладья	14,64	13,41	26,3	2,00	1,12
Сансет	14,44	13,00	25,5	2,77	0,99
Рима	14,44	15,17	29,7	2,40	1,05
Радмира	14,49	15,96	31,3	2,82	1,09
Буран	14,34	13,42	26,3	1,96	0,98
Аквилон	14,12	12,89	25,2	2,17	0,88
КВС Торридон	14,13	12,56	24,6	2,11	0,72

Наибольшим содержанием сырой клейковины в зерне отличались сорта Радмира, Злата, Рима, Дарья и Юбилейная 60, где этот показатель составлял 31,3% - 29,8 – 28,2 – 28,1%, что отвечало требованиям качества для сильной пшеницы. Сорта Эврика, Ладья, Сансет, Буран и Аквилон по содер-

жанию сырой клейковины в зерне следует отнести к 3 классу продовольственного зерна, а сорта иностранной селекции Джестрим и КВС Торридон – к 5 классу.

Проведенная комплексная оценка зерна показала, что зерно, отвечающее требованиям для 1-го класса сильной пшеницы, сформировал отечественный сорт Злата с содержанием сырого протеина в зерне 15,23 %, сырой клейковины – 29,8 % и натурой зерна – 768 г/л.

Анализ статистических параметров количественной изменчивости вариационных рядов урожайности, природы и массы 1000 зерен изучаемых сортов показал низкую вариабельность данных показателей при возделывании всех сортов в одинаковых почвенно-климатических условиях произрастания. Так коэффициент вариации (V, %) для урожайности составил – 4,48 %, природы зерна – 1,02 % и массы 1000 зерен – 2,76 %, при этом отмечена высокая репрезентативность полученных данных $S_{\bar{x}}\%$ – 2,01, 0,46 и 1,24 %, соответственно.

В среднем за годы полевых опытов хозяйственная урожайность зерна сортов пшеницы яровой мягкой находилась на уровне 5,18 – 6,56 т/га. Наибольшую среднюю продуктивность обеспечил сорт Злата - 5,97 т/га, с достоверной прибавкой урожайности к стандарту – сорту Дарья 0,64 т/га. Показатель массы 1000 зерен в среднем колебался от 37,6 до 40,4 г.

Сорта во все годы исследований сформировали зерно с натурой более 750 г/л, которое согласно ГОСТ 9353-2016 соответствовало 1-2 классу продовольственного зерна. Минимальные значения природы зерна отмечены у сорта-стандарта Дарья - 760 г/л, с колебаниями в интервале от 754 до 764 г/л, в зависимости от года. У сорта Радмира данный показатель в среднем по годам составил 775 г/л, с колебаниями в пределах 770 - 779 г/л (+15 г/л к стандарту), у сортов Сударыня и Злата натура зерна составила 773 г/л (+13 г/л к стандарту).

Проведенный множественный корреляционно-регрессионный анализ показал, что между урожайностью (У) зерна сортов пшеницы и массой 1000 зерен (X_1) имеется прямая, средняя по тесноте связь ($r=0,57$). Коэффициент детерминации ($d=0,32$) указывает, что урожайность на 32 % зависела от массы 1000 зерен (табл. 5). Зависимость данных признаков можно описать линейным уравнением регрессии: $Y=5,68+0,36(X_1-38,7)$.

Таблица 5 – Корреляционная матрица зависимости урожайности зерна пшеницы яровой (У, т/га) от массы 1000 зерен (X_1 , г) и природы зерна (X_2 , г/л)

Зависимость	У	X_1	X_2
У	1,000	0,570	-0,150
X_1	0,570	1,000	0,300
X_2	-0,150	0,300	1,000

Между урожайностью (У) и натурой зерна (X_2) не было установлено прямой и существенной зависимости ($r = -0,15$). В то время как между показателями массы 1000 зерен (X_1) и природы зерна (X_2) отмечалась средняя положительная связь ($r=0,30$, $d=0,09$), следовательно, в опыте установлено, чем большая выполненность зерна, тем выше его натура.

Учёт биологической урожайности зерна сортов яровой пшеницы, выращенных в 2024 году в условиях серых лесных почв опытной станции Брянского ГАУ (табл. 6), показал, что наиболее урожайными (от 8,00 до 8,55 т/га) оказались Ясмунд, Памяти Коновалова, Флоренс, Каликсо, Эврика, Токката и Ладья, тогда как все остальные испытываемые сорта обеспечили урожайность зерна от 6,18 т/га Радмира до 6,57 т/га Ликамеро и до 6,71 т/га Дарья.

Таблица 6 - Урожайность и качество зерна сортов яровой пшеницы, опытное поле Брянского ГАУ, 2024 г.

Сорт	Урожайность биологическая, т/га	Сырой протеин, %	Сырая клейковина, %	Сырой жир, %	Сырая клетчатка, %
Дарья (st)	6,71	13,63	27,7	0,41	2,25
Русалина	8,55	15,79	31,4	0,98	2,70
Белянка	6,20	14,86	28,5	0,98	2,44
Фалькона	7,25	16,11	31,4	0,93	2,33
Радмира	6,18	14,53	28,5	0,58	2,46
Марфа	7,10	14,80	29,3	1,76	2,62
Памяти Коновалова	7,93	13,36	25,9	0,82	2,07
Эврика	8,03	12,93	25,7	0,70	2,22
Ладья	8,38	12,62	25,3	0,86	2,20
Токката	8,33	13,07	26,9	0,86	2,13

Продолжение таблицы 6

Сорт	Урожайность биологическая, т/га	Сырой протеин, %	Сырая клейковина, %	Сырой жир, %	Сырая клетчатка, %
Ликамеро	6,57	11,99	23,8	0,87	2,23
Каликсо	7,87	12,69	25,7	1,11	3,48
Корнетто	6,93	11,66	23,2	1,17	3,66
Канюк	7,20	12,27	24,3	1,17	3,64
Флоренс	7,76	12,42	24,1	1,12	3,71
Ясмунд	8,00	12,57	25,2	1,29	3,45
НСР ₀₅	0,24				

По содержанию сырой клейковины в зерновках выделились сорта Русалина и Фалькона (по 31,4%), Марфа (29,3%), Белянка и Радмира (по 28,5%), зерно которых отвечают требованиям для сильной пшеницы. Содержание в зерне сырого жира находилась в пределах 0,41% (сорт Дарья) и до 1,76% у сорта Ясмунд. Результаты анализа по показателям сырой клетчатки в зерне свидетельствуют, что меньше всего ее было в зерне сортов Памяти Коновалова – 2,07 и Ладья – 2,20%. У всех остальных сортов он был выше и доходил до 3,71% у сорта Флоренс.

Заключение. Итак, среди изучаемых сортов яровой пшеницы в 2021 г. наибольшей биологической урожайностью зерна 12,7-11,0 т/га характеризовались сорта отечественной селекции: Ладья, Рима, Злата, Радмира, Юбилейная 60, Виталия, Бурлак, КВС Аквилон, Курьер и Канюк, которые сформировали массу зерна с одного колоса 1,58- 1,82 г и натуру зерна в интервале 687 - 786 г/л. Наибольшую натуру имели сорта Радмира (792 г/л), Рима (786 г/л) и Виталия (761 г/л) при массе 1000 зерен, соответственно, 47,1 - 44,3 - 36,1 г.

В 2022 г. наибольшей биологической урожайностью 11,40 - 10,03 – 9,67 - 9,64 – 9,47 – 9,63 т/га отличались сорта отечественной селекции Буран, Рима, Эврика, Радмира, Злата, Аквилон, тогда как сорта немецкой селекции Джестрим и Сансет обеспечили урожайность зерна 12,73 и 10,14 т/га. Все испытываемые сорта, за исключением Юбилейная 60 были достаточно устойчивы к полеганию (4-5 баллов). Сорта Злата и Сансет сформировали зерно с натурой более 750 г/л, что соответствует 1-2 классу продовольственного зерна.

В зерне сортов Юбилейная 60, Злата, Рима и Радмира, выращенное в 2023 году содержание сырого протеина составило 15,17-15,96% и их можно отнести к 1 классу продовольственной пшеницы. Требованиям для 2 класса соответствовало зерно сорта Дарья, с содержанием протеина 14,38%. Зерно всех остальных изучаемых сортов: Сударыня, Джестрим, Эврика, Ладья, Сансет, Аквилон, Буран содержало сырого протеина в пределах 12,24 – 13,42 %, что отвечает требованиям для зерна 3 класса. Наибольшим содержанием сырой клейковины отличались сорта Радмира, Злата, Рима, Дарья и Юбилейная 60, где этот показатель составил 31,3% - 29,8 – 28,2 – 28,1% и отвечал требованиям качества для сильной пшеницы. Сорта Эврика, Ладья, Сансет, Буран и Аквилон по содержанию сырой клейковины зерно следует отнести к 3 классу продовольственного зерна, а сорта иностранной селекции Джестрим и КВС Торридон – к 5 классу.

Проведенный множественный корреляционно-регрессионный анализ показал, что между урожайностью (Y) зерна сортов пшеницы и массой 1000 зерен (X₁) имеется прямая, средняя по тесноте связь (r=0,57). Коэффициент детерминации (d=0,32) указывает, что урожайность на 32 % зависела от массы 1000 зерен. Зависимость данных признаков можно описать линейным уравнением регрессии: $Y=5,68+0,36(X_1-38,7)$. Между урожайностью (Y) и натурой зерна (X₂) не было установлено прямой и существенной зависимости (r = -0,15). В то время как между показателями массы 1000 зерен (X₁) и натуры зерна (X₂) отмечалась средняя положительная связь (r=0,30, d=0,09), следовательно, в опыте установлено, чем больше выполненность зерна, тем выше его натура.

Учёт биологической урожайности зерна сортов яровой пшеницы, выращенных в 2024 году показал, что наиболее урожайными (от 8,00 до 8,55 т/га) оказались Ясмунд, Памяти Коновалова, Флоренс, Каликсо, Эврика, Токката и Ладья, тогда как все остальные испытываемые сорта обеспечили урожайность зерна от 6,18 т/га (Радмира) до 6,57 т/га (Ликамеро) и до 6,71 т/га (Дарья). По содержанию сырой клейковины в зерновках выделились сорта Русалина и Фалькона - по 31,4%, Марфа - 29,3%, Белянка и Радмира - по 28,5%, зерно которых отвечают требованиям для сильной пшеницы. Содержание в зерне сырого жира находилась в пределах 0,41% - сорт Дарья и до 1,76% у сорта Ясмунд. Результаты анализа по показателям сырой клетчатки в зерне свидетельствуют, что меньше всего ее было в зерне сортов Памяти Коновалова – 2,07 и Ладья – 2,20%. У всех остальных сортов он был выше и доходил до 3,71% в зерне сорта Флоренс.

Итак, в изменяющихся почвенно-климатических условиях Центрального Нечерноземья за счет внедрения сортов интенсивного типа возможно формировать высокую урожайность зерна по качеству, отвечающему требованиям для продовольственной пшеницы.

Список источников

1. Войтович Н.В., Никифоров В.М. Изменение физиологических параметров сортов яровой пшеницы от технологии их возделывания // *Агрехимический вестник*. 2019. № 3. С. 49-53.
2. Ториков В.Е., Мельникова О.В., Фокин И.И. Отраслевые регламенты возделывания ранних яровых зерновых культуры: учебное пособие / под ред. В.Е. Торикова. СПб.: Лань, 2024. 124 с.
3. Оценка эффективности технологий возделывания яровой пшеницы на дерново-подзолистых почвах Центрального региона России / Н.В. Войтович, П.М. Политыко, А.В. Осипова и др. // *Вестник Брянской ГСХА*. 2020. № 2. С. 3-7
4. Растениеводство / В.Е. Ториков, Н.М. Белоус, О.В. Мельникова, С.В. Артюхова; под общ. ред. В.Е. Торикова. СПб.: Лань, 2020. 604 с.
5. Ториков В.Е., Мельникова О.В. Производство продукции растениеводства. 2-е изд., стер. СПб.: Лань, 2021. 512 с.
6. Принципы ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур в условиях юго-запада центрального региона России / О.В. Мельникова, В.Е. Ториков, В.Н. Репникова, Д.М. Мельников // *Вестник Брянской ГСХА*. 2022. № 2. С. 8-9.

Информация об авторах:

В.Е. Ториков - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, torikov@bgsha.com.

О.В. Мельникова - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, torikova1999@mail.ru.

В.М. Никифоров – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, vovan240783@yandex.ru.

А.А. Резунов – аспирант кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors:

V.Ye. Torikov - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University, torikov@bgsha.com

O.V. Mel'nikova - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University, torikova1999@mail.ru

V.M. Nikiforov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy, Breeding and seed production, Bryansk State Agrarian University, vovan240783@yandex.ru

A.A. Rezunov - Postgraduate Student at the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 10.01.2025, одобрена после рецензирования 24.01.2025, принята к публикации 27.01.2025.

The article was submitted 10.01.2025, approved after reviewing 24.01.2025, accepted for publication 27.01.2025.

© Ториков В.Е., Мельникова О.В., Никифоров В.М., Резунов А.А.

Научная статья

УДК 633/635:631.582:631.417.2

**РОЛЬ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ПРОДУКТИВНОСТЬ
И БАЛАНСА ГУМУСА ЗВЕНА СЕВООБОРОТА**

¹Людмила Алексеевна Воробьева, ¹Валерий Александрович Анищенко,

¹Василий Николаевич Адамко, ²Евгений Владимирович Смольский

¹Новозыбковская СХОС – филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»,

Брянская область, Опытная станция, Россия

²ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. В статье представлены результаты научных исследований роли изменяющихся условий окружающей среды и применения технологий возделывания полевых культур на продуктивность звена севооборота и баланса гумуса песчаной почвы, проводимых в условиях низкоплодородных дерново-подзолистых почв юго-запада Брянской области. Установили стабильность температурных условий по годам в период исследования, значимые различия наблюдали только в начале и конце вегетационного периода. Обнаружили значимые различия по количеству выпавших осадков по месяцам и годам в период исследований. Определили, что годы в период исследования контрастно различались по гидротермическим условиям. Выявили, что наибольшая продуктивность 5,9-13,6 т/га з. ед. звена севооборота получена в слабо засушливых условиях окружающей среды, наименьшая в условиях избыточного увлажнения. Интенсивная технология возделывания полевых культур обеспечивает наибольшую продуктивность звена севооборота 13,6 т/га з. ед. Экстенсивная и интенсивная технологии возделывания полевых культур в звене севооборота с сидеральной культурой обеспечивают отрицательный баланс гумуса, умеренная технология позволяет обеспечить бездефицитный баланс гумуса.

Ключевые слова: погодные условия, севооборот, технология, продуктивность, баланс гумуса, дерново-подзолистые песчаная почва.

Для цитирования: Роль погодных условий и технологий возделывания сельскохозяйственных культур на продуктивность и баланса гумуса звена севооборота / Л.А. Воробьева, В.А. Анищенко, В.Н. Адамко, Е.В. Смольский // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 1 (107). С. 20-25.

Original article

**ROLE OF WEATHER CONDITIONS AND CROP CULTIVATION TECHNOLOGIES ON
PRODUCTIVITY AND HUMUS BALANCE OF CROP ROTATION LINK**

¹Lyudmila A. Vorob'yova, ¹Valery A. Anishchenko, ¹Vasily N. Adamko, ²Yevgeny V. Smol'sky

¹Novozybkov AES –the branch of FSC «All-Russia Williams Fodder Research Institute», Bryansk Region, Experimental Station, Russia

²Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. The article presents the results of scientific research on the role of changing environmental conditions and the application of field crop cultivation technologies on the productivity of the crop rotation link and the balance of humus of sandy soil, being carried out in the conditions of low-fertile sod-podzolic soils of the south-west of the Bryansk region. A stability of temperature conditions was established on years during the research period, significant differences were observed only at the beginning and end of the growing season. The significant differences were found in the amount of precipitation by month and year during the research period. It was determined that the years during the research period differed in contrast in hydrothermal conditions. It was revealed that the highest productivity of 5.9-13.6 t/ha of the credit unit of crop rotation link was obtained in the slightly dry environmental conditions, and the smallest - in the conditions of excessive moisture. An intensive field cultivation technology ensures the highest productivity of the crop rotation link of 13.6 of the credit unit. The extensive and intensive technologies for cultivating field crops in the crop rotation link with sidental crop provide a negative balance of humus, and a moderate technology allows to ensure a deficiency -free balance of humus.

Key words: weather conditions, crop rotation, technology, productivity, humus balance, sod-podzolic sandy soil.

For citation: The role of weather conditions and crop cultivation technologies on productivity and humus balance of crop rotation link / L.A. Vorob'yova, V.A. Anishchenko, V.N. Adamko, Ye.V. Smol'sky // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2025. 1 (107): 20-25.

Введение. В условиях Российской Федерации широкий набор почвенных, климатических условий окружающей среды, которые влияют на продуктивный потенциал территории интенсивного

растениеводства, поэтому как показывают исследования ученых необходимо подобрать и совершенствовать свой набор элементов технологии, сумма которых будет наиболее эффективной в конкретном месте производства растениеводческой продукции.

На основе имитационной системы «климат – почва – урожай» Павлова В.Н. совместно с соавторами установили, что относительное падение климатически обусловленной урожайности как озимой, так и яровой пшеницы составило от 10 до 30% за два десятилетия [1].

В различных климатических условиях реакция различных видов культурных растений различная. В условиях сухих степей Поволжья сельскохозяйственные культуры обладают высокой продуктивностью, но низкой способностью к адаптации, поэтому погодные условия сильно влияют на урожайность [2].

В лесостепи Приобья установлено урожайности колосовых культур по пару на экстенсивном фоне при улучшении погодных условий от острodefицитного до умеренного увлажнения вегетационного периода [3].

Анализ агроклиматических ресурсов Кировской области в период 1971-2020 годы установил положительный тренд повышения температуры воздуха и появление контрастных по увлажнению вегетационных периодов, отмечена сильная корреляционная связь между урожайностью яровых зерновых и погодными условиями [4].

В условиях Тверской области на дерново-среднеподзолистых супесчаных почвах максимум реализации продукционного потенциала посевов обеспечивает интенсивная агротехнология, которая обеспечивает урожайность зерна на уровне 5,09 т/га [5].

Исследования, проведенные на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве в условиях Кировской области, по изучению эффективности технологии возделывания зерновых культур, выявлено, что урожайность озимой ржи, яровой пшеницы и овса была в среднем выше по ресурсосберегающей технологии в сравнении с традиционной [6].

В условиях Ивановской области на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве установлено, что правильно спроектированный севооборот не только повышает продуктивность сельскохозяйственных культур, но и является приёмом в борьбе с сорной растительностью [7].

В исследованиях Тютюнова С.И. с соавторами показано, что для решения проблем роста продуктивности сельскохозяйственных культур и сохранения экологии агроландшафтов необходимо внедрение севооборотов с бобовыми культурами [8].

В условиях Центрального Нечерноземья на дерново-подзолистых почвах показано значение бобовых культур в севообороте в повышении продуктивности пашни [9].

Баланс гумуса при возделывании сельскохозяйственных культур зависит от многих факторов, таких как вид полевой культуры, применения макроудобрения, обработки почвы, севооборота.

В условиях опытного поля Брянского ГАУ возделывание сельскохозяйственных культур по интенсивной технологии вело к потере гумуса, в сидеральном зерновом севообороте наблюдался благоприятный гумусовый баланс [10].

Применении высоких доз удобрений, приемов биологизации в сочетании с модернизацией севооборотов и введением новых, высокоурожайных сортов сельскохозяйственных культур обеспечивает оптимизацию гумусного состояния почв и повышения их продуктивности [11].

Цель исследований – изучить роль изменяющихся условий окружающей среды и технологий возделывания полевых культур на продуктивность и баланс гумуса звена севооборота в условиях дерново-подзолистых песчаных почв юго-запада Брянской области.

Материалы и методы исследования. В условиях Новозыбковская сельскохозяйственной опытной станции филиала ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» на дерново-подзолистых песчаных почвах юго-запада Брянской области изучали роль климатических факторов и технологий возделывания люпина узколистного, озимой ржи, картофеля, овса на продуктивность звена севооборота и баланса гумуса дерново-подзолистой песчаной почвы. Анализ климатических условий территории исследования проводили по данным метеорологического поста Новозыбковской СХОС в период 2021-2023 годов в звене восьмипольного севооборота (люпин на зеленую массу – озимая рожь – картофель – овес – горох – озимая рожь – люпин на зерно – просо) на дерново-подзолистой песчаной почве, которая характеризовалась повышенным содержанием гумуса, очень высоким подвижного фосфора, средним подвижного калия, среднекислая. Плотность загрязнения ^{137}Cs территории опытного участка в период исследований – 560-700 кБк/м².

Объект исследования – технологии возделывания полевых культур звена севооборота и погодные условия.

Схема технологий возделывания полевых культур звена севооборота представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Технологии возделывания полевых культур звена полевого севооборота

Технология	Люпин узколистый на сидерат	Озимая рожь	Картофель	Овес	
Экстенсивная	Контроль	Контроль	Контроль	Известкование CaCO ₃ 5 т – фон	Контроль
Умеренная	P45K120	Навоз 20 т + N60P45K60	Навоз 40 т + N90P45K90		N60K60
Интенсивная	P60K150	Навоз 20 т + N90P60K90	Навоз 40 т + N120P60K120		N90K90

В наших исследованиях считали, что контрольный вариант это *экстенсивная* технология, вариант с наибольшим применением макроудобрения это *интенсивная* технология, а вариант со средними дозами макроудобрения это *умеренная* технология.

В качестве минеральной части макроудобрений использовали аммиачную селитру, простой суперфосфат и калий хлористый, в качестве органической части – подстилочный навоз КРС и сидерация всей массы люпина общим фоном.

Агротехника в опытах при возделывании полевых культур общепринятая для Нечерноземной зоны РФ [12].

Продуктивность звена севооборота рассчитывали как величину продукции (основной и побочной), получаемой с одного гектара звена севооборотной площади, выраженная в зерновых единицах в годы исследования различные по условию увлажнения [13].

Гумусовый баланс дерново-подзолистой песчаной почвы звена севооборота проводили балансовым методом в зависимости от погодных условий и технологий возделывания полевых культур [14].

Результаты и их обсуждение. По данным метеорологического поста Новозыбковской СХОС агроклиматические ресурсы контрастно различались по годам исследования. Наступление вегетационного периода во время проведения исследований происходило в различные сроки, так 2021 году в первой декаде мая, в то время как в 2023 году в первой декаде апреля, в 2022 году в третьей декаде апреля. Окончание вегетационного периода за время проведения исследований наступало в 2021 и 2022 годах в первой декаде октября, а 2023 году в 3 декаде октября. Таким образом, по продолжительности вегетационного периода годы исследования расположились в следующий ранжированный ряд в порядке возрастания: 2021 → 2022 → 2023 года.

Температурные условия по месяцам вегетационного периода годов исследования значительно различались, коэффициент вариации колебался в пределах 22,6-39,7 %, наибольшую среднюю температуру вегетационного периода наблюдали в 2023 году, она составила 17,9 °С, при этом изменчивость средней температуры вегетационного периода по годам исследования было средней, коэффициент вариации был больше 10 %, но меньше 20%. Установили, что средняя температура вегетационного периода составила 17,3 °С, что на 1,8 °С выше средней температуры воздуха за многолетние наблюдения (табл. 2).

Таблица 2 – Агроклиматические ресурсы вегетационного периода исследований

Год \ Месяц	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Среднее за вегетационный период	V, %
	Температурный режим, °С							
2021	7,8	14,5	22,5	25,0	20,3	15,5	17,6	35,6
2022	7,1	13,9	23,1	20,6	22,4	11,6	16,5	39,7
2023	11,3	15,4	19,6	20,8	22,5	17,8	17,9	22,6
Среднее	8,8	14,6	21,7	22,1	21,8	15,0	17,3	31,7
V, %	25,7	5,2	8,5	11,3	5,7	20,9	12,9	–
Среднемноголетние	7,4	14,9	18,6	20,1	18,8	13,2	15,5	30,5
Количество выпавших осадков, мм								
2021	41,7	126,7	33,9	103,4	151,5	99,5	92,8	50,2
2022	130,9	44,5	35,2	67,0	37,0	104,8	69,9	56,8
2023	68,2	26,2	88,8	104,4	60,9	20,3	61,5	54,3
Среднее	80,3	65,8	52,6	91,6	83,1	74,9	74,7	18,5
V, %	57,1	81,4	59,5	23,3	72,7	63,2	21,7	–
Среднемноголетние	37,8	54,6	70,3	80,9	69,1	55,0	61,3	24,9

Наблюдали стабильность температурных условий по годам исследований в мае и летних месяцах, когда средняя температура воздуха по годам исследования изменялась незначительно, коэф-

фициент вариации был меньше 10 % или средне, коэффициент вариации был больше 10 %, но меньше 20%, значимые различия наблюдали только в начале и конце вегетационного периода (табл. 2).

В условиях низкой влагоемкости и высокой водопроницаемости дерново-подзолистых песчаных почв условия увлажнения являются одним из лимитирующих факторов окружающей среды и оценку условий проводили по величине выпавших осадков за вегетационный период и их распределение во времени.

Распределение выпадения осадков по месяцам вегетационного периода годов исследования значительно различались, коэффициент вариации колебался в пределах 50,2-56,8 %, в 2021 году наибольшее количество осадков выпало в августе и мае соответственно 151,5 и 126,7 мм, а всего за вегетационный период – 556,7 мм, что больше на 137,3 и 187,9 мм соответственно, чем в 2022 и 2023 годах. Среднемесячное количество осадков в вегетационный период за годы исследования составило 74,7 мм, что на 13,4 мм выше среднего количества осадков за месяц при многолетних наблюдениях. Обнаружили значительные различия по количеству выпавших осадком между месяцами вегетационного периода годов исследования, коэффициент вариации колебался в пределах 23,3-81,4 %, что говорит о нестабильности условий влагообеспеченности (табл. 2).

В результате анализа показателей агроклиматических ресурсов, установили, что в период исследований годы контрастно различались, 2021 год исследований был избыточно влажным, 2022 год – слабо засушливым, 2023 года – засушливым.

Продуктивность севооборота определяется набором сельскохозяйственных культур, погодными условиями, уровнем естественного и эффективного плодородия почвы (содержанием доступных питательных веществ и влаги), технологией возделывания и величиной урожайности.

В наших исследованиях продуктивность звена севооборота с сидеральной культурой завесила от видов возделываемых полевых культур, агрометеорологических условий и технологий возделывания. Наибольшая продуктивность 13,6 т/га з. ед. выявлена в слабо засушливых условиях среды при интенсивной технологии возделывания (табл. 3).

Таблица 3 – Продуктивность звена севооборота по годам исследования, т/га з. ед.

Технология	Экстенсивная			Умеренная			Интенсивная		
	2021	2022	2023	2021	2022	2023	2021	2022	2023
Культура	Люпин на сидерат								
Озимая рожь	2,1	1,8	1,5	5,0	4,6	3,0	5,3	5,0	3,7
Картофель	1,6	2,4	2,2	3,4	4,7	4,6	3,7	5,4	5,3
Овес	1,0	1,8	1,3	2,0	3,3	3,2	2,2	3,2	3,1
Звено севооборота	4,7	5,9	5,1	10,3	12,6	10,8	11,1	13,6	12,0
На 1 га звена севооборота	1,2	1,5	1,3	2,6	3,1	2,7	2,8	3,4	3,0
Прибавка	–	–	–	1,4	1,7	1,4	1,6	1,9	1,7

В независимости от используемых технологий возделывания наибольшая продуктивность 5,9-13,6 т/га з. ед. установлена в слабо засушливых условиях среды, наименьшая – в условиях избыточного увлажнения.

В условиях юго-запада Брянской области на дерново-подзолистых песчаных почвах использование интенсивной технологии возделывания полевых культур в севообороте обеспечивает наибольшую прибавку от 1,6 до 1,9 т/га з. ед. в среднем на 1 га вне зависимости от условий окружающей среды.

Возделывание полевых культур по различным технологиям в звене севооборота с сидеральной культурой выявило отрицательный баланс гумуса при использовании экстенсивной и интенсивной технологий, соответственно баланс был –2,09 и –0,08 т/га в среднем на 1 га звена севооборота, использования умеренной технологии позволяет обеспечить бездефицитный баланс гумуса (табл. 4).

Наибольший вынос гумуса характерен для пропашной культуры – картофеля вне зависимости от используемой технологии.

При возделывании сельскохозяйственных культур в звене севооборота с сидеральной культурой для обеспечения бездефицитного баланса гумуса необходимо использовать умеренную технологию возделывания.

Таблица 4 – Баланс гумуса в звене севооборота в зависимости от технологии возделывания сельскохозяйственных культур

Культура	Урожайность, т/га	Вынос азота с урожаем, кг/га	Расход гумуса, т/га	Органическое удобрение, т/га			Количество образованного гумуса, т/га	Баланс гумуса, т/га
				Навоз	Сидерат	Солома		
Экстенсивная технология								
Люпин на сидерат	4,27	0	0	0	4,27	0	1,07	1,07
Озимая рожь	1,18	26,90	0,97	0	0	3,18	0,80	-0,18
Картофель	8,3	200,9	9,64	0	0	0	0,00	-9,64
Овес	0,84	8,06	0,29	0	0	2,69	0,67	0,38
Среднее на 1 га	–	–	2,73	0	1,07	1,47	0,63	-2,09
Умеренная технология								
Люпин на сидерат	5,9	0	0	0	5,9	0	1,48	1,48
Озимая рожь	2,66	61,71	2,22	20	0	7,65	7,91	5,69
Картофель	16,87	408,3	19,6	40	0	0	12,00	-7,60
Овес	1,75	18,55	0,67	0	0	5,63	1,41	0,74
Среднее на 1 га	–	–	5,62	15	1,48	3,32	5,70	0,08
Интенсивная технология								
Люпин на сидерат	6,8	0	0	0	6,8	0	1,70	1,70
Озимая рожь	2,97	69,80	2,51	20	0	8,43	8,11	5,60
Картофель	19,13	470,6	22,59	40	0	0	12,00	-10,59
Овес	1,92	21,12	0,76	0	0	5,09	1,27	0,51
Среднее на 1 га	–	–	6,47	15	1,7	3,38	5,77	-0,70

Заключение. В результате исследований, проведенных в изменяющихся условиях окружающей среды при совершенствовании технологий возделывания полевых культур, в период 2021-2023 годов в условиях низкоплодородных дерново-подзолистых песчаных почв юго-запада Брянской области установили следующие тенденции и закономерности:

- 1) выявили стабильность температурных условий по годам исследований, значимые различия наблюдали только в начале и конце вегетационного периода;
- 2) обнаружили нестабильность условий влагообеспеченности, выраженную в значительных различиях, по количеству выпавших осадком в вегетационный период годов исследования;
- 3) определили контрастные по гидротермическим условиям годы исследования от избыточно влажного года до засушливого года;
- 4) в слабо засушливых условиях среды получена наибольшая продуктивность 5,9-13,6 т/га з. ед., наименьшая – в условиях избыточного увлажнения;
- 5) наибольшая продуктивность звена севооборота 13,6 т/га з. ед. получена при интенсивной технологии возделывания полевых культур;
- 6) экстенсивные и интенсивные технологии возделывания полевых культур в звене севооборота с сидеральной культурой обеспечивают отрицательный баланс гумуса, использования умеренной технологии позволяет обеспечить бездефицитный баланс гумуса.

Список источников

1. Павлова В.Н., Каланка П., Караченкова А.А. Продуктивность зерновых культур на территории европейской России при изменении климата за последние десятилетия // Метеорология и гидрология. 2020. № 1. С. 78-94.
2. Продуктивность смешанных посевов однолетних полевых культур в сухостепной зоне Поволжья / А.Г. Субботин, В.Б. Нарушев, А.П. Солодовников, А.В. Летучий // Кормопроизводство. 2018. № 3. С. 6-10.
3. Синещиков В.Е., Васильева Н.В., Дудкина Е.А. Роль погодных условий в формировании продуктивности колосовых культур при минимизации зяблевой обработки // АПК России. 2018. Т. 25, № 2. С. 228-233.
4. Лыскова И.В., Суховеева О.Э., Лыскова Т.В. Влияние локального изменения климата на продуктивность яровых зерновых культур в условиях Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. Т. 22, № 2. С. 244-253.

5. Горбачев И.В., Васильев А.С. Формирование продуктивности чистых и смешанных посевов яровых зерновых культур в условиях центрального Нечерноземья // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32, № 1. С. 22-25.

6. Попов Ф.А., Козлова Л.М., Носкова Е.Н. Влияние ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур на продуктивность полевого севооборота // Аграрный вестник Верхневолжья. 2019. № 2. С. 12-15.

7. Окорков В.В., Фенова О.А., Окоркова Л.А. Использование влаги культурами севооборота и их продуктивность при применении удобрений на серых лесных почвах Верхневолжья // Владимирский земледелец. 2019. № 1. С. 4-11.

8. Тютюнов С.И., Воронин А.Н., Соловиченко В.Д. Биологизация земледелия, как фактор повышения содержания органического вещества в почве и роста продуктивности культур // Сахарная свекла. 2019. № 7. С. 32-35.

9. Влияние систем удобрений и способов основной обработки почвы на урожайность культур, продуктивность севооборотов с разным насыщением бобовыми и плодородие дерново-подзолистой почвы в центральном Нечерноземье / В.В. Конончук, С.М. Тимошенко, В.Д. Штырхунов, Т.О. Назарова // Агротехнический вестник. 2021. № 2. С. 15-23.

10. Мамеев В.В., Ториков В.Е., Нестеренко О.А. Изменение баланса гумуса в полевых севооборотах и мероприятия по его увеличению // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 6. С. 9-17.

11. Сычѳв В.Г., Шевцова Л.К., Мѳрзлая Г.Е. Исследование динамики и баланса гумуса при длительном применении систем удобрения на основных типах почв // Агротехника. 2018. № 2. С. 3-21.

12. Земледелие / под общ. ред. С.А. Воробьева. М.: Агропромиздат, 1991. 527 с.

13. Ториков В.Е., Мельникова О.В., Осипов А.А. Агропроизводство, хранение, переработка и стандартизация зерна: учебное пособие для вузов. 3-е изд., стерео. СПб.: Изд-во Лань, 2023. 160 с.

14. Ториков В.Е., Белоус Н.М., Мельникова О.В. Система удобрения в адаптивном земледелии: учеб. пособие для вузов. СПб.: Изд-во Лань, 2023. 196 с.

Информация об авторах:

Л.А. Воробьева – кандидат сельскохозяйственных наук, Новозыбковская СХОС - филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса».

В.А. Анищенко – аспирант, Новозыбковская СХОС - филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», ngsos-vniia@yandex.ru

В.Н. Адамко – директор, Новозыбковская СХОС - филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», кандидат сельскохозяйственных наук.

Е.В. Смольский – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, sev_84@mail.ru.

Information about the authors:

L.A. Vorob'yova – Candidate of Agricultural Sciences, Novozybkov Agricultural Experimental Station – Branch of Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology.

V.A. Anishchenko – Postgraduate Student, Novozybkov Agricultural Experimental Station – Branch of Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, ngsos-vniia@yandex.ru.

V.N. Adamko – Director, Candidate of Agricultural Sciences, Novozybkov Agricultural Experimental Station – Branch of Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology.

Ye.V. Smol'sky – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk SAU, sev_84@mail.ru.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 20.01.2025, одобрена после рецензирования 24.01.2025, принята к публикации 27.01.2025.

The article was submitted 20.01.2025, approved after reviewing 24.01.2025, accepted for publication 27.01.2025.

© Воробьева Л.А., Анищенко В.А., Адамко В.Н., Смольский Е.В.

Научная статья

УДК 633.427:631.82:631.559

ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ТУРНЕПСА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

**Дамир Рафаэлович Исламгулов, Айгуль Ураловна Идрисова,
Рафик Искандарович Еникиев, Ильсур Рафаилович Канбеков**
ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, Республика Башкортостан, Уфа, Россия

Аннотация. В работе представлены данные по изучению формирования урожайности турнепса при применении различных доз минеральных удобрений в республике Башкортостан на черноземах выщелоченных. Объектом исследования являются турнепс сорта Остерзундомский (допущен к использованию по республике Башкортостан и Уральскому региону) и варианты внесения различных доз минерального удобрений (NPK), предшественник – озимая пшеница. Проведен анализ динамики урожайности, содержания сухих веществ, сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и золы при применении различных доз минеральных удобрений. Показаны результаты по сбору кормовых единиц, перевариваемого протеина и кормопротеиновых единиц. Дана оценка урожайности и перспективе выращивания турнепса при применении различных доз минеральных удобрений в республике Башкортостан также рассчитана рентабельность возделывания. Так, в среднем за 2021-2022 года урожайность турнепса в варианте, где расчет NPK был на 60 т/га урожайность достигла 20,3 т/га, а содержание сухих веществ в контрольном варианте выше, чем в остальных и составил 10,45%. Содержание сырого протеина, сырой клетчатки, сырой золы, сырого жира увеличивались в мере увеличения доз вносимых минеральных удобрений, а содержание БЭВ снижалось. Вариант опыта, где вносили удобрения под планируемый урожай 60 т/га, имеет высокие показатели по сбору кормовых единиц, сбору перевариваемого протеина, сбору кормопротеиновых единиц. С экономической точки зрения наиболее рентабельнее возделывать турнепс под планируемый урожай 60 т/га. Рентабельность составила 69%. В посевах турнепса в условиях Республики Башкортостан рекомендуем использовать расчетные нормы NPK на планируемую урожайность - 60 т/га.

Ключевые слова: минеральные удобрения, турнепс, корнеплод, урожайность, химический состав.

Для цитирования: Формирование урожайности турнепса при применении минеральных удобрений в условиях Республики Башкортостан / Д.Р. Исламгулов, А.У. Идрисова, Р.И. Еникиев, И.Р. Канбеков // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 1 (107). С. 26-31.

Original article

FORMATION OF TURNIP YIELDS WHEN USING MINERAL FERTILIZERS IN THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

Damir R. Islamgulov, Aigul' U. Idrisova, Rafik I. Yenikiev, Il'sur R. Kanbekov
Bashkir State Agrarian University, Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia

Abstract. The paper presents data on the study of turnip yields formation when using different doses of mineral fertilizers in the Republic of Bashkortostan on leached chernozems. The object of the research is turnip of the Osterzundomsky variety (approved for use in the Republic of Bashkortostan and the Ural region) and options for applying different doses of mineral fertilizers (NPK), the predecessor is winter wheat. The analysis of the dynamics of yields, dry matter content, crude protein, crude fiber, crude fat and ash with the use of different doses of mineral fertilizers has been carried out. The results for the collection of feed units, digestible protein and feed protein units have been shown. An evaluation of the yields and prospects for growing turnips when using different doses of mineral fertilizers in the Republic of Bashkortostan has been given, and the profitability of cultivation has also been calculated. Thus, on average, for 2021-2022, the turnip yields in the variant, where the NPK calculation was at 60 t/ha, reached 20.3 t/ha, and the dry matter content in the control variant was higher than in the others and amounted to 10.45%. The content of crude protein, crude fiber, crude ash, crude fat were increasing with the increased doses of applied mineral fertilizers, and the content of NFES (nitrogen-free extractive substances) was decreasing. The experimental variant where fertilizers were applied for the planned yield of 60 t/ha has high rates of collection of feed units, collection of digestible protein, collection of feed protein units. From an economic point of view, it is most profitable to cultivate turnips for the planned yield of 60 t/ha. The profitability was 69%. In turnip seedings in the conditions of the Republic of Bashkortostan, we recommend using the calculated NPK rates for the planned yields of 60 t/ha.

Key words: mineral fertilizers, turnip, root crop, yields, chemical composition.

For citation: Formation of turnip yields when using mineral fertilizers in the conditions of the Republic of Bashkortostan / D.R. Islamgulov, A.U. Idrisova, R.I. Yenikiev, I.R. Kanbekov // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2025. 1 (107): 26-31.

Введение. В число неотложных задач сельского хозяйства республики Башкортостан входят коренное улучшение кормопроизводства и удовлетворение потребностей в кормах общественного животноводства и скота, находящегося в личной собственности граждан.

Для укрепления кормовой базы сельского хозяйства животноводства важное место принадлежит выращиванию сельскохозяйственных культур в промежуточных посевах, позволяющих получить два-три урожая в год за счет наиболее полного использования основных факторов жизни растений посредством создания у них мощного фотосинтетического потенциала и продления его действия в течение всего периода вегетации. Промежуточные посевы турнепса являются существенным источником получения кормов в позднесеннее время.

Но повышение урожайности турнепса и ее кормовой ценности до сих пор является несовершенной и это ставит вопрос об оптимизации доз минеральных удобрений для повышения урожайности и соответственно кормовой ценности данной культуры [3,8,10].

Цель исследований: изучение продуктивности и кормовых качеств корнеплодов турнепса сорта Остерзундомский в почвенно-климатических условиях республики Башкортостан при применении минеральных удобрений на планируемый уровень урожайности;

В соответствии с поставленной целью осуществлялась закладка полевого опыта по изучению эффективности возделывания турнепса при применении минеральных удобрений на планируемый уровень урожайности.

Научная новизна работы состоит в том, что установлено, что высокая урожайность, кормовые достоинства и рентабельность наблюдалась в варианте, где расчет NPK на планируемый урожай 60 т/га для условий Республики Башкортостан.

Материалы и методы. Основными методами исследований были полевой опыт, лабораторные анализы и статистическая обработка данных. Полевые опыты проводились в 2021-2022 гг. в условиях республики Башкортостан, Россия.

Объектом исследования являются турнепс сорта Остерзундомский (допущен к использованию по Республике Башкортостан и Уральскому региону) и варианты внесения минеральных удобрений (NPK).

Площадь учетной делянки 28,8 м². Длина и ширина учетной делянки соответственно равны 30 м и 0,96 м. Повторность вариантов – 4-кратная. Почва опытного участка была представлена выщелоченными черноземами тяжелосуглинистого гранулометрического состава с ровным рельефом. Средневзвешенные показатели гумуса колебались от 3,60-3,65 (по Тюрину), фосфора 83 (по Чирикову), калия 120 (по Кирсанову). Предшественником являлась озимая пшеница.

Среднесуточную температуру воздуха учитывали с апреля по октябрь месяц. В целом температурный режим был схожий за исключением месяцев мая и июня, в данный период в 2021 году среднесуточная температура воздуха была выше, чем в 2022 г

2022 год был более продуктивным по количеству выпавших осадков, однако, в тоже время минимальным по сравнению с нормами для нашей Республики Башкортостан и средней полосы России. В 2021 году был критический минимум по количеству осадков. Следовательно, погодные условия 2022 года были более благоприятными для возделывания сельскохозяйственных культур, чем погодные условия 2021 года.

Схема полевого опыта была следующей:

1. Без удобрений (контроль);
2. Расчетные нормы NPK на планируемую урожайность 40 т/га;
3. Расчетные нормы NPK на планируемую урожайность 50 т/га;
4. Расчетные нормы NPK на планируемую урожайность 60 т/га.

Фактор – варианты внесения минеральных удобрений.

В аналитической лаборатории Башкирского государственного аграрного университета проводили биохимические анализы корнеплодов турнепса, где определили:

- содержания сухих веществ методом отгонки влаги;
- содержание белковых веществ в растениях по Барнштейну;
- содержание сырой клетчатки по Геннебергу и Штоману;
- содержание «сырой» золы методом ускоренного сжигания;
- содержание сырого жира методом повторной сушки.

Расчет валовой энергии определяют на основании результатов химического состава и соответствующих им энергетических коэффициентов. Содержание обменной энергии в сухом веществе корма определяют по формуле Аксельсона в модификации Н.Г. Григорьева и Н.П. Волкова. Содержание кормовых единиц, перевариваемого протеина и расчеты экономической эффективности изучаемых вариантов опытов осуществляли по общепринятым формулам [1,4,9].

Результаты и их обсуждения. Уборка урожая включала в себя несколько этапов: сбор урожая, его доставку к месту послеуборочной обработки, послеуборочную обработку, транспортировку готовой продукции на склады (или для реализации), закладку на хранение [6,7].

Таблица 1 - Урожайность турнепса и содержание сухого вещества в корнеплодах в зависимости от внесения расчетных норм минеральных удобрений на планируемый уровень урожайности, т/га

№	Расчет NPK на планируемую урожайность	Урожайность, т/га	Содержание сухого вещества, %
1	Без удобрений (контроль)	13,4	10,45
2	На 40 т/га	15,2	9,96
3	На 50 т/га	17,7	8,01
4	На 60 т/га	20,3	7,32

В связи с тем, что погодные условия отличались в годы проведения опытов, показатели по урожайности различались в зависимости от года, но имели общий характер увеличения в зависимости от нормы вносимых удобрений.

В среднем за два года исследований урожайность турнепса в контрольном варианте составила 13,4 т/га, в варианте где расчет NPK был на 40 т/га – 15,2 т/га, в варианте где расчет NPK был на 50 т/га – 17,7 т/га, и в варианте где расчет NPK был на 60 т/га – 20,3 т/га, а содержание сухих веществ была обратно пропорциональна урожайности данной культуры.

В контрольном варианте содержание сухих веществ было выше, чем в остальных вариантах и составил 10,45%, в варианте где расчет NPK был на 60 т/га содержание сухих веществ составило 7,32%, варианте где расчет NPK был на 50 т/га и 40 т/га составил 8,01% и 9,96% соответственно (табл. 1).

Из корнеплодов турнепс является самым водянистым кормом. В качестве кормовой культуры турнепс используется во многих странах мира, в том числе и в России и широко используется в кормлении сельскохозяйственных животных.

Турнепс - молокогонный корм для коров и коз. Увеличивает удои и улучшает качество молока [2,5].

Содержание сырого протеина варьирует от 6,56% (без удобрений (контроль) до 8,41% (расчет NPK на 60 т/га).

Таблица 2 - Содержание сырого протеина, клетчатки золы, жира и безазотистых экстрактивных веществ в корнеплодах турнепса в зависимости от расчета доз минеральных удобрений на планируемый урожай в среднем за 2021-2022 гг., %

№	Расчет NPK на планируемый урожай	Содержание сырого протеина на абсолютно сухое вещество, %	Содержание сырой клетчатки на абсолютно сухое вещество, %	Содержание сырой золы на абсолютно сухое вещество, %	Содержание сырого жира на абсолютно сухое вещество, %	Содержание безазотистых экстрактивных веществ на абсолютно сухое вещество, %
1	Без удобрений (контроль)	6,56	4,03	4,60	0,83	83,98
2	На 40 т/га	7,29	4,77	5,59	0,91	81,44
3	На 50 т/га	7,88	5,13	6,64	1,13	79,22
4	На 60 т/га	8,41	6,74	7,12	1,23	76,50

Содержание сырой клетчатки в корнеплодах турнепса в зависимости от расчета минеральных удобрений на планируемый урожай в контрольном варианте составил 4,03%, в варианте на 40 т/га увеличилось на 0,74 %, в варианте на 50 т/га составил 5,13%.

Содержание сырой золы в корнеплодах турнепса в годы проведения исследований (2021-2022 гг.) показало, увеличение по средним значениям по мере увеличения расчетных доз минерального удобрения.

Наибольшее содержание сырой золы - 7,12% на абсолютно сухое вещество обеспечил вариант, где вносили NPK на планируемый уровень урожайности 60 т/га. В контрольном варианте составил 4,60%, во втором варианте 5,59%, и на 1,05 больше в варианте, где вносили NPK на планируемый урожай 50 т/га.

Исходя из представленных данных в таблице 2, мы отметили, что содержание сырого жира также увеличивается по мере увеличения расчетных доз применяемых удобрений. Так в контрольном варианте содержание сырого жира составило 0,83%, а уже в варианте, где вносили 40 т/га на планируемый урожай содержание сырого жира составило 0,91%, при 50 т/га – 1,13% и в варианте 60 т/га увеличилось до 1,23%.

Содержание безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) наоборот уменьшалось по мере увеличения расчетных доз применяемых удобрений. В четвертом варианте составил 76,50%, в третьем - 79,22%, во втором варианте 81,44%. А в контрольном варианте данный показатель был 83,98% (табл. 2).

Кормовое достоинство растений определяется содержанием питательных веществ, степенью их переваримости, а также поедаемости животными. В качестве единицы измерения общей питательности кормов принята условная кормовая единица с определенным продуктивным действием.

Таблица 3 - Валовой сбор кормовых единиц, перевариваемого протеина и КПЕ в зависимости от расчета доз минеральных удобрений на планируемый урожай в среднем за 2021-2022 гг., ц/га

№	Расчет NPK на планируемый урожай	Сбор кормовых единиц, ц/га	Сбор перевариваемого протеина, ц/га	КПЕ, ц/га
1	Без удобрений (контроль)	13,49	2,67	18,76
2	На 40 т/га	20,55	3,46	25,86
3	На 50 т/га	24,36	4,57	32,75
4	На 60 т/га	46,83	5,25	47,02

Данные по валовому сбору кормовых единиц показали следующие результаты: контрольный вариант - 13,49 ц/га; во варианте, где расчетная доза была 40 т/га на планируемый урожай 20,55 ц/га, в варианте, где расчетная доза была 50 т/га на планируемый урожай на 3,81 ц/га, в варианте, где расчетная доза была 60 т/га на планируемый урожай 46,83 ц/га.

Сбор перевариваемого протеина варьировал от 2,67 ц/га (контрольный вариант) до 5,25 ц/га (вариант - на 60 т/га). В вариантах, где вносили из расчета под планируемую урожайность на 40 и 50 т/га – 3,46 и 4,57 ц/га.

Кормопротеиновые единицы (КПЕ) конечный показатель кормового достоинства турнепса и других кормовых корнеплодов.

В наших опытах КПЕ показали результаты от 18,76 ц/га (контрольный вариант) до 47,02 (при расчетной дозе 60 т/га под планируемый урожай) – в данном случае разница значительная, что говорит о положительном результате наших опытов (табл. 3).

Данные по экономической эффективности возделывания турнепса в республике Башкортостан в среднем за 2021-2022 гг., представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Экономическая эффективность возделывания турнепса, в среднем за 2021-2022 гг.

Показатели	Варианты опыта			
	Без удобрений (контроль)	На 40 т/га	На 50 т/га	На 60 т/га
Урожайность с 1 га, т	13,4	15,2	17,7	20,3
прибавка урожая с 1 га, т	0,0	1,8	4,3	6,9
Стоимость продукции с 1 га, руб.	33500,0	53200,0	70800,0	101500,0
Себестоимость 1 ц продукции, руб.	28761	33479	31339	29594
Окупаемость затрат, %	86,9	104,5	127,6	169,0
Рентабельность, %	-13,1	4,5	27,6	69,0

В контрольном варианте рентабельность была отрицательной и составила -13,1%, в варианте под планируемый урожай 40 т/га рентабельность была 4,5%, в варианте под планируемый урожай 50 т/га рентабельность выросла до 27,6%, в варианте под планируемый урожай 60 т/га рентабельность была максимальной и составила 69,0 %.

Заключение. Исходя из данных полевых опытов и лабораторных исследований, мы сделали следующие выводы, что в среднем за два года исследований урожайность турнепса в контрольном

варианте составила 13,4 т/га, в варианте, где расчет NPK был на 40 т/га – 15,2 т/га, в варианте где расчет NPK был на 50 т/га – 17,7 т/га, и в варианте где расчет NPK был на 60 т/га – 20,3 т/га.

Содержание сухих веществ в контрольном варианте выше, чем в остальных и составил 10,45%, в варианте, где расчет NPK был на 60 т/га содержание сухих веществ составило 7,32%, варианте, где расчет NPK был на 50 т/га и 40 т/га составил 8,01% и 9,96%.

По химическому составу турнепс показал следующие результаты: содержание сырого протеина, сырой клетчатки, сырой золы, сырого жира увеличивались в мере увеличения доз вносимых минеральных удобрений, а содержание БЭВ снизился.

Вариант опыта – без удобрений, то есть контрольный вариант имеет низкие показатели по сбору кормовых единиц, сбору перевариваемого протеина, сбору кормопротеиновых единиц. Высокие показатели в варианте где вносили удобрения под планируемый урожай 60 т/га.

С экономической точки зрения наиболее рентабельнее возделывать турнепс под планируемый урожай 60 т/га. Рентабельность составила 69%.

В посевах турнепса в условиях Республики Башкортостан рекомендуем использовать расчетные нормы NPK на планируемую урожайность - 60 т/га.

Список источников

1. Производство продукции растениеводства для целевого использования / Р.Р. Исмагилов, Б.Г. Ахияров, Р.К. Кадиков, К.Р. Исмагилов. Уфа: Гилем, 2016. 270 с.
2. Пронько В.В., Корсаков К.В., Пронько Н.А. Вынос и потребление элементов питания овощными и бахчевыми культурами на почвах Поволжья при внесении минеральных и гуминовых удобрений // Плодородие. 2022. № 2 (125). С. 67-70,
3. Галимова О.С., Кропотова Е.А., Шамов А.Д. Влияние стимуляторов роста на продуктивность турнепса в условиях республики Марий Эл // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета. 2023. № 2. С. 12-15.
4. Effects of sowing dates on technological qualities of sugar beets grown in middle Cis-Urals / R. Enikiev, D. Islamgulov, A. Kamilanov, R. Alimgafarov, B. Akhiyarov. 2022. Т. 24, № 3. Pp. 226-233.
5. Economic efficiency of sugar beet production / T. Lubova, D. Islamgulov, K. Ismagilov et al. // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. Т. 13, № 8. P. 6565-6569.
6. Мельничук Д.И., Мельничук Г.Д., Рылко В.А. Растениеводство: клубнеплоды и корнеплоды: учеб.-метод. пособие. Горки, 2020. 78 с.
7. Krasilnikov O.Yu., Marinchenko T.E. The relevance of effective feed production // Agrarian Bull. of the South-East. 2018. № 2 (19). P. 44-46.
8. Devendra C., Sevilla C.C. Availability and use of feed resources in crop–animal systems in Asia [Electronic resource] // Agricultural Systems. 2002. № 71 (01-02). P. 59-73. - Access mode: [https://doi.org/10.1016/S0308521X\(01\)00036-1](https://doi.org/10.1016/S0308521X(01)00036-1).
9. Marinchenko T. Resource-saving technologies for preparing fodder crops [Electronic resource] // Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources: international scientific-practical conference. BIO Web Conf. 2020. Vol. 27, № 5. - Access mode: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202700106>.
10. Arapov D. Modeling of sugar beet losses during storage in heaps [Electronic resource] / L. Korobova, M. Ivliev, S. Chikunov, I Tolstova // Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources: international scientific-practical conference. BIO Web Conf. 2024. Vol. 103, № 8. - Access mode: <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410300091>.
11. Marinchenko T. Resource-saving technologies for preparing fodder crops [Electronic resource] // Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources: international scientific-practical conference. BIO Web Conf. 2020. Vol. 27, № 5. - Access mode: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202700106>.
12. Modeling of sugar beet losses during storage in heaps [Electronic resource] / L. Korobova, M. Ivliev, S. Chikunov, I. Tolstova, D. Arapov // Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources: international scientific-practical conference. BIO Web Conf. 2024. Vol. 103, № 8. - Access mode: <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410300091>.

Информация об авторах:

Д.Р. Исламгулов - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой почвоведения, агрохимии и точного земледелия, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, damir_islamgulov@mail.ru.

А.У. Идрисова - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент преподаватель кафедры почвоведения, агрохимии и точного земледелия, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, aygul_bakirova@inbox.ru.

Р.И. Еникиев - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры почвоведения, агрохимии и точного земледелия, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ.

И.Р. Канбеков - магистрант факультета агротехнологий и лесного хозяйства, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, kanbekovi.lsur.gmail.com@list.ru.

Information about the authors:

D.R. Islamgulov - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Soil Science, Agrochemistry and Precision Agriculture, Bashkir State Agrarian University, damir_islamgulov@mail.ru.

A.U. Idrisova - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, lecturer of the Department of Soil Science, Agrochemistry and Precision Agriculture, Bashkir State Agrarian University, aygul_bakirova@inbox.ru.

R.I. Yenikiev - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Soil Science, Agrochemistry and Precision Agriculture, Bashkir State Agrarian University.

I.R. Kanbekov - Master's Student of the Faculty of Agrotechnology and Forestry, Bashkir State Agrarian University, kanbekovi.lsur.gmail.com@list.ru.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 20.11.2025, одобрена после рецензирования 24.01.2025, принята к публикации 27.01.2025.

The article was submitted 20.11.2025, approved after reviewing 24.01.2025, accepted for publication 27.01.2025.

© Исламгулов Д.Р., Идрисова А.У., Еникиев Р.И., Канбеков И.Р.

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ
ANIMALS AND VETERINARY SCIENCE
ЧАСТНАЯ ЗООТЕХНИЯ, КОРМЛЕНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВ
И ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья
 УДК 636.52/.58.087.7

КОРМОВАЯ ДОБАВКА «САФМАННАН» В РАЦИОНАХ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

Валерий Егорович Подольников, Леонид Никифорович Гамко, Мария Андреевна Чернышова
 ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. В научной статье приводятся результаты экспериментальной работы, проведенной в производственных условиях на большом поголовье цыплят-бройлеров кросса 308, по использованию в составе их комбикормов кормовой добавки «СафМаннан». В опыте было задействовано 12 производственных корпусов по 6 корпусов в контрольной и опытной группе, вместимостью до 37 тысяч голов в каждом. Кормовая добавка «СафМаннан», обладая свойствами стимулировать защитных функций организма, тем самым повышает способности птицы противостоять действию различных стресс-факторов, в первую очередь кормовых. Благодаря способности компонентов изучаемой кормовой добавки нейтрализовать вредное воздействие антипитательных веществ кормов, микотоксинов и патогенной микрофлоры в период опыта, сохранность цыплят-бройлеров, получавших «СафМаннан» была выше, чем в контрольной группе на 1,72 процентных пункта. По результатам учета продуктивности установлено, что в опытной группе среднесуточные приросты достоверно увеличились на 3,13% (**p<0,01). В конце опыта в опытной группе на убой поступило больше цыплят-бройлеров, чем в контроле на 4,57%. Индекс продуктивности их был соответственно выше в 1,13 раза. Использование кормовой добавки «СафМаннан» позволило снизить расход кормов в опытной группе на 10,84%. Расчет экономической эффективности применения изучаемой кормовой добавки показывает в кормлении цыплят-бройлеров, что при более высокой их сохранности и продуктивности в опытной группе, условный дополнительный доход от реализации прироста живой массы (по цене 190 рублей за 1 кг) всего поголовья, выращенного за период опыта, составил 2474256 рублей.

Ключевые слова: комбикорма, кормовая добавка, цыплята-бройлеры, продуктивность.

Для цитирования: Подольников В.Е., Гамко Л.Н., Чернышова М.А. Кормовая добавка «СафМаннан» в рационах цыплят-бройлеров // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 1 (107). С. 32-35.

Original article

FEED ADDITIVE "SAFMANNAN" IN THE DIETS OF BROILER CHICKENS

Valery Ye. Podol'nikov, Leonid N. Gamko, Maria A. Chernyshova
 Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. The scientific article presents the results of experimental work carried out in production conditions on a large number of broiler chickens of cross 308, on the use of the feed additive "SafMannan" in their mixed feeds. The experiment involved 12 production housings with 6 housings each in the control and experimental groups, with a capacity of up to 37 thousand heads in each. The "SafMannan" feed additive, having the ability to stimulate the protective functions of the body, thereby increases the ability of the poultry to withstand the effects of various stress factors, primarily feed. Due to the ability of the components of the studied feed additive to neutralize the harmful effects of feed antinutrients, mycotoxins and pathogenic microflora during the experimental period, the keeping of broiler chickens treated with SafMannan was higher than in the control group by 1.72 percentage points. On the results of productivity accounting, it was established that in the experimental group the average daily gains significantly increased by 3.13% (**p<0.01). At the end of the experiment, more broiler chickens were slaughtered in the experimental group than in the control group by 4.57%. Their productivity index was correspondingly 1.13 times higher. The use of the "SafMannan" feed additive made it possible to reduce feed consumption in the experimental group by 10.84%. The calculation of the economic efficiency of the use of the studied feed additive shows in the feeding of broiler chickens that with their higher keeping and productivity in the experimental group, the conditional additional income from the sale of live weight gain (at a price of 190 rubles per 1 kg) of the entire livestock grown during the experiment period amounted to 2,474,256 rubles.

Key words: mixed feeds, feed additive, broiler chickens, productivity.

For citation: Podol'nikov V.Ye., Gamko L.N., Chernyshova M.A. Feed additive "SafMannan" in the diets of broiler chickens // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2025. 1 (107): 32-35.

Введение. Производство качественной продукции, используемой в пищу человеком, является одной из важнейших социально-экономических задач. В значительной мере решению этой задачи способствует производство продукции птицеводства в промышленных масштабах. Продукция отрасли птицеводства является наиболее востребованной населением нашей страны.

В современных условиях производство продукции птицеводства высокого качества невозможно без использования различных кормовых добавок, обладающих высокой биологической активностью, способствующих нормализации обменных процессов в организме птицы, повышению стрессоустойчивости к различным внешним факторам, в том числе кормовым [1-5].

Известно, что для приготовления комбикормов цыплятам-бройлерам используются зерновые корма, отходы технических производств, которые неизбежно обладают комплексом антипитательных свойств, а также могут быть заражены токсичными веществами – пестицидами, антибиотиками, тяжелыми металлами, микотоксинами и другими токсичными элементами, образующимися в результате поражения кормовых средств амбарными вредителями, грибами и плесенью. Все это не только снижает качество продукции птицеводства, но и продуктивность птицы в целом [6-8].

Для снижения вредного воздействия перечисленных кормовых факторов, в состав комбикормов вводятся дополнительные ингредиенты, способные полностью или частично нейтрализовать кормовые токсины и, тем самым повысить продуктивные качества птицы [9-12]. Одной из таких ингредиентов является кормовая добавка «СафМаннан».

«СафМаннан» - дрожжевая культура премиум-класса с высоким содержанием маннанолигосахаридов (пребиотики) и бета-глюканов (длинноцепочные простые сахара). По данным производителя Phileo by Lesaffre (г. Воронеж) кормовая добавка способствует улучшению функций кишечника у животных и птицы, снижает возникновение желудочно-кишечных заболеваний, укрепляет иммунную систему организма, способствует снижению последствий стресса, в т.ч. кормового. Компоненты кормовой добавки способны связывать патогенную микрофлору, тем самым способствуя росту полезной микрофлоры.

В связи с этим была поставлена **цель** – изучить влияние кормовой добавки «СафМаннан» на продуктивность и сохранность цыплят-бройлеров в производственных условиях их выращивания.

Материал и методика исследований. Для проведения научно-хозяйственного опыта в условиях ООО «Брянский бройлер», входящего в структуру АПХ «Мираторг», было сформировано 2 группы цыплят-бройлеров кросса ROSS 308. В каждую группу входило по 6 производственных корпусов, численностью 36-37 тыс. голов. В соответствии с разработанной схемой научно-хозяйственного опыта, представленной в таблице 1, одна из групп являлась контролем и получала комбикорма, предназначенные для соответствующих периодов их роста. Вторая – опытная группа цыплят дополнительно в составе комбикормов получала кормовую добавку в дозе 0,05% от массы комбикорма.

Основной рацион подопытных цыплят-бройлеров был представлен комбикормами, применяемыми в соответствии с периодом выращивания: с 1 по 7 день жизни – комбикорм ПК-5 Старт, с 8 по 14 сутки – ПК-5 Рост 1, с 15 по 21 сутки – ПК-5 Рост 2, с 22 по 28 сутки – ПК 6 Финиш 1 и с 29 суток до убой (40 суток) – ПК-6 Финиш 2. Основу комбикормов составляли зерновые растительные компоненты – пшеница, кукуруза, горох, жмых соевый, шрот подсолнечниковый, а также корма животного происхождения – кровяная и мясокостная мука, кормовой жир. Дополнительно в состав комбикормов входили и синтетические аминокислоты, минеральные добавки, премиксы и белковая добавка Софреликс (продукт, получаемый при производстве хлебопекарных дрожжей).

По результатам научно-хозяйственного опыта определяли сохранность цыплят-бройлеров, их конечную живую массу и среднесуточные приросты. На основании полученных данных был рассчитан индекс мясной продуктивности. По результатам эксперимента рассчитана экономическая эффективность применения кормовой добавки «Сафманнан» в кормлении цыплят-бройлеров.

Результаты исследований. Продуктивность и сохранность цыплят-бройлеров – это основные показатели, характеризующие эффективность отрасли в целом.

За период опыта в контрольной группе падеж цыплят составил в среднем 6,72%, а в опытной 5,00%. Соответственно сохранность поголовья в опытной группе была выше на 1,72 процентных пункта по сравнению с контролем (табл. 1). Несмотря на то, что на начало опыта в опытной группе, в среднем на один производственный корпус, было посажено на выращивание на 280 цыплят меньше (или на 0,74%), на убой в конце опыта поступило больше на 1520 голов (4,57%). Разница по живой массе 1 головы составила 2,56%, по среднесуточному приросту – 3,13%. При этом разница является статистически достоверной (** $p < 0,01$).

Таблица 1- Показатели продуктивности и затраты корма цыплят-бройлеров за опыт, в расчете на 1 производственный корпус

Показатели	Контрольная группа	Опытная группа	% к контролю
Посажено на выращивание, тыс. голов	36,68±0,23	36,40±0,07	99,24
общий вес, кг	1357,20±8,44	1345,30±2,59	99,12
Поступило на убой, тыс. голов	33,28±0,70	34,80±0,11	104,57
общий вес, тонн	80,1±1,57	81,4±0,52	101,62
Средний вес 1 головы, кг	2,34±0,01	2,40±0,01**	102,56
Среднесуточный прирост	57,50±0,30	59,30±0,25**	103,13
Сохранность, %	93,28±2,08	95,00±0,73	+1,72
Индекс продуктивности	311,00±12,12	352,00±14,95	+41

Индекс продуктивности в опытной группе был выше, по сравнению с контролем, более чем в 1,13 раза.

Судя по представленным результатам исследований, следует предположить, что используемая в нашем эксперименте кормовая добавка «СафМаннан» оказала положительное влияние на снижение вредного воздействия микотоксинов и антипитательных веществ, присутствующих в комбикормах, способствуя тем самым более высокой сохранности поголовья птицы и ее продуктивных качеств.

Основная задача экспериментальных работ – это поиск способов снижения затрат на производство и увеличение объемов производства продукции. Конечным результатом проведения экспериментальных работ является расчет экономических показателей, связанных с затратами на производство и реализацией произведенной продукции.

В наших исследованиях для расчета экономической оценки учитывали затраты на корма и дополнительные затраты на кормовую добавку «СафМаннан» при выращивании цыплят-бройлеров, а также учитывали цену реализации прироста живой массы подопытных цыплят-бройлеров (табл. 2). Остальные расходы были одинаковыми и в расчет не брались.

Расчеты экономической эффективности в опыте проводили на всем поголовье, которое было использовано в научно-хозяйственном опыте.

Таблица 2 – Экономические расчеты эффективности применения кормовой добавки «СафМаннан» в рационах цыплят-бройлеров

Показатели	Группы	
	Контрольная	Опытная
Общий вес цыплят при посадке, кг	1357,2	1345,3
Поступило на убой, кг	80100,0	81400,0
Общий прирост живой массы, кг	78742,8	80054,7
Затрачено кормов всего, кг	180000	180000
Ср. цена 1 кг комбикорма в опыте, руб.	37,61	37,61
Затраты на корма, руб.	6769800,00	6769800,00
Затрачено кормовой добавки СафМаннан, кг	-	3008,8
Цена 1 кг кормовой добавки СафМаннан, руб.	-	6,10
Всего затрат на кормовую добавку, руб.	-	18353,68
Общие затраты на корма и кормовую добавку, руб.	6769800,00	6788153,68
Цена реализации прироста живой массы цыплят, руб.	190,00	190,00
Выручка от реализации прироста живой массы, тыс. руб.	149611,320	152103,930
Условная прибыль от реализации прироста живой массы, тыс. руб.	142841,520	145315,776
Условный дополнительный доход, тыс. руб.	-	2474,256

Расчет экономической оценки показывает, что при одинаковой средней цене используемых комбикормов, затраты на корма в опытной группе цыплят-бройлеров, даже с учетом дополнительных затрат на кормовую добавку «СафМаннан» в размере 18353,68 рублей, за счет более высокой сохранности и продуктивности цыплят опытной группы, при реализации прироста их живой массы всего поголовья по цене 190 руб. за 1 кг, можно получить условный дополнительный доход в размере 2 млн. 474 тыс. 256,32 рублей.

Заключение. Использование кормовой добавки «СафМаннан» в составе комбикормов цыплят-бройлеров опытной группы способствовало повышению их сохранности на 1,72%, по сравнению с контролем. Различия по живой массе, по сравнению контролем, и по среднесуточным приростам в опытной группе были достоверно выше соответственно на 2,56 и 3,13%.

Кормовая добавка «СафМаннан» способствовала увеличению индекса продуктивности цыплят-бройлеров в 1,13 раза.

Дополнительные затраты, связанные с приобретением кормовой добавки «СафМаннан» эко-

номически оправданы, т.к. при реализации прироста живой массы всего поголовья птицы можно получить условный дополнительный доход в размере 2 млн. 474 тыс. 256 рублей.

Список источников

1. Применение кормовой добавки на основе хитозана при напольном выращивании цыплят-бройлеров / В.С. Буяров, И.В. Комоликова, А.В. Буяров, В.В. Меднова // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства: сб. тр. междунар. науч.-практ. конф., 30-31 мая 2024 г. В 3 ч. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2024. Ч. 1. С. 16-20.
2. Шепелев С.И., Яковлева С.Е., Хлебников В.А. Применение биологически активной добавки «Виготон» при выращивании цыплят-бройлеров кросса «ROSS-308» // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства: материалы нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием, 22 января 2021 г. Ч. II. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2021. С. 202-206.
3. Менякина А.Г., Гамко Л.Н., Строченова А.И. Показатели эффективности использования подкислителя при выращивании цыплят-бройлеров // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 6 (100). С. 52-56.
4. Подольников В.Е., Гамко Л.Н., Подольников М.В. Эффективность выращивания цыплят-бройлеров с использованием в составе их комбикормов кормовой добавки «Лигногумат КД» // Селекционно-генетические и технологические аспекты инновационного развития животноводства: сб. науч. работ междунар. науч.-практ. конф., 15 декабря 2023 года. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2023. С. 282-287.
5. Измайлович И.Б., Трояновская Е.В. Влияние пробиотического препарата ФЕРМ-КМ на эффективность выращивания цыплят-бройлеров // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства: сб. тр. междунар. науч.-практ. конф., 30-31 мая 2024 г. В 3 ч. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2024. Ч. 1. С. 90-95.
6. Овчинников А.А., Овчинникова Л.Ю. Влияние кормового фактора на продуктивность цыплят-бройлеров // Пермский аграрный вестник. 2018. № 1. С. 131-135.
7. Зерно кукурузы в составе комбикормов для цыплят-бройлеров / В.Е. Подольников, Л.Н. Гамко, А.Г. Менякина и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2022. № 1 (89). С. 53-59.
8. Четверова Е. Как предотвратить или уменьшить заражение гранулированного комбикорма бактериями // Комбикорма. 2024. № 7-8, С. 43.
9. Выращивание цыплят-бройлеров с использованием новых кормовых добавок на основе лактулозы / М.И. Сложенкина, И.Ф. Горлов, А.Г. Храмцов и др. // Птица и птицепродукты. 2021. № 1. С. 17-20.
10. Овчинников А.А., Шепелева Т.А., Яптик Н.Д. Переваримость и мясная продуктивность цыплят-бройлеров при использовании фитобиотика в рационе // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства: материалы нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием, 22 января 2021 г. Ч. II. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, С. 163-167.
11. Буряков Н., Габдрахманов Д. Конопляное масло в кормлении цыплят-бройлеров // Комбикорма. 2023. № 11. С. 41-44.
12. Менякина А.Г., Гамко Л.Н., Строченова А.И. Эффективность скармливания цыплятам-бройлерам комбикормов с разной рецептурой // Вестник Брянской ГСХА. 2022. № 3 (91). С. 24-31.

Информация об авторах:

В.Е. Подольников – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Л.Н. Гамко – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

М.А. Чернышова – студент магистратуры, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors:

V.Ye. Podol'nikov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Animal Feeding, Private Animal Science and Processing of Animal Products, Bryansk State Agrarian University.

L.N. Gamko – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Animal Feeding, Private Animal Science and Processing of Livestock Products, Bryansk State Agrarian University.

M.A. Chernyshova – Master's Student, Bryansk State Agrarian University.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 16.01.2025, одобрена после рецензирования 27.01.2025, принята к публикации 29.01.2025.

The article was submitted 16.01.2025, approved after reviewing 27.01.2025, accepted for publication 29.01.2025.

© Подольников В.Е., Гамко Л.Н., Чернышова М.А.

Научная статья
УДК 636.22/.28.087.7:612.1

ПРОДУКТИВНОСТЬ И ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТЕЛЯТ ПРИ ВЫПАИВАНИИ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ «КРИПТОСТОП»

Геннадий Юрьевич Кондалеев, Анна Георгиевна Менякина, Мария Андреевна Чеботарева
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ. Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. В статье приведены результаты выпаивания кормовой добавки «КриптоСтоп» телятам с 5 до 60 дневного возраста в дозировке 10 мл в сутки на голову. Биологические свойства кормовой добавки «КриптоСтоп» обусловлены входящими в ее состав активными компонентами. Глицериды жирных кислот способствуют регенерации клеток слизистой оболочки кишечника, активизируют работу пищеварительных ферментов, улучшая переваримость питательных веществ рациона. Содержание масляной кислоты 0,1-1,0%, пропионовой кислоты 2,0-3,5%, гептановой кислоты 11,0-13,5%, каприловой кислоты 0,01-1,0%, капроновой кислоты 0,01-1,0%, лауриновой кислоты 0,01-1,0%, глицерина 32-39%. Кормовая добавка совместима со всеми ингредиентами кормов, лекарственными препаратами для ветеринарного применения и другими кормовыми добавками. В научно-хозяйственном опыте применяли 2-х кратную дозу добавки в сутки по 5 мл за раз. Кормовую добавку задавали индивидуально перорально в смеси с молоком и затем с ЗЦМ при помощи шприцевого дозатора. Применение кормовой добавки «КриптоСтоп» в кормлении телят в период с 5 до 60 дневного возраста в дозировке 10 мл в сутки на голову позволило достоверно увеличить прирост живой массы (абсолютный и среднесуточный) на 8,0% в период до 30 дневного возраста и сохранить положительную тенденцию на втором месяце ее применения, увеличив данные показатели на 6,3%. Анализ гематологических показателей цельной крови подопытных животных свидетельствует, что большинство изученных параметров не выходят за пределы референсных значений. Доказано, что применение кормовой добавки «КриптоСтоп» способствует повышению интенсивности роста телят, повышая продуктивность не вызывая снижения рентабельности их выращивания.

Ключевые слова: кормовая добавка, «КриптоСтоп», телята-молочники, среднесуточный прирост, гематологические показатели, кровь.

Для цитирования: Кондалеев Г.Ю., Менякина А.Г., Чеботарева М.А. Продуктивность и гематологические показатели телят при выпаивании кормовой добавки «КриптоСтоп» // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 1 (107). С. 36-40.

Original article

PRODUCTIVITY AND HEMATOLOGICAL INDICES OF CALVES WHEN FEEDING WITH THE FEED ADDITIVE "KRIPTOSTOP"

Gennady Yu. Kondaleev, Anna G. Menyakina, Mariya A. Chebotareva
Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. The article presents the results of feeding the "KriptoStop" feed additive to calves from 5 to 60 days of age at a dosage of 10 ml per day per head. The biological properties of the "KriptoStop" feed additive are determined by its active components. Fatty acid glycerides promote cell regeneration of the intestinal mucosa, activate digestive enzymes, improving the digestibility of the diet nutrients. The content of butyric acid is 0.1-1.0%, propionic acid 2.0-3.5%, heptanic acid 11.0-13.5%, caprylic acid 0.01-1.0%, capronic acid 0.01-1.0%, lauric acid 0.01-1.0%, glycerin 32-39%. The feed additive is compatible with all feed ingredients, veterinary medicines and other feed additives. In the scientific and economic experiment, a 2-fold dose of the feed additive was used per day, 5 ml at a time. The feed additive was administered individually orally in a mixture with milk and then with WMS (whole milk substitute) using a syringe dispenser. The use of the "KriptoStop" feed additive in feeding calves from 5 to 60 days of age at a dosage of 10 ml per day per head allowed to reliably increase the live weight gain (absolute and average daily) by 8.0% up to 30 days of age and maintain a positive trend in the second month of its use, increasing these indicators by 6.3%. An analysis of the hematological whole blood indices of the experimental animals testifies that most of the studied parameters do not exceed the reference values. The use of the "Kriptostop" feed additive proved to increase the growth rate of calves, increasing productivity without reducing the profitability of their raising.

Key words: feed additive, "KriptoStop", dairy calves, average daily gain, hematological parameters, blood.

For citation: Kondaleev G.Y., Menyakina A.G., Chebotareva M.A. Productivity and hematological indices of calves when feeding with the feed additive "KriptoStop" // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2025. 1 (107): 36-40.

Введение. В научных источниках описано множество исследований, посвящённых профилактике диареи у телят. В них рассматриваются различные методы и подходы, включая применение вакцин, антибиотиков, пробиотиков и других препаратов. Включение кормовых добавок на основе ряда органических кислот для нормализации физиологических процессов в пищеварительном тракте обеспечивает противомикробное и фунгицидное воздействие [1-9].

Во время прохождения желудочно-кишечного тракта кислоты диссоциируют и снижают pH среды, создавая неблагоприятные условия для развития патогенной микрофлоры (в том числе *Campylobacter*, *Salmonella*, *Pseudomonas*, *E. coli*, которые не могут размножаться в кислой среде), благодаря чему сохраняется целостность слизистых пищеварительного тракта.

Кормовая добавка «КриптоСтоп» выделяется среди них своей эффективностью и безопасностью.

Материалы и методы исследования Материалом для исследований послужила кормовая добавка «КриптоСтоп». Объектом исследований послужили телята-молочники чёрно-пестрой голштинизированной породы в возрасте от 5 до 60 суток.

Для проведения исследований в ООО «Княжеское» Брянской области было сформировано 2 группы телят по 8 голов в каждой методом пар-аналогов.

Цель научно-хозяйственного опыта – оценить эффективность применения кормовой добавки «КриптоСтоп» в условиях хозяйства Брянской области на телятах в молочный и переходный кормовой период.

В период проведения опыта животные контрольных и экспериментальной группы находились в одинаковых условиях изолированно и имели одинаковый рацион. Поение осуществляли с помощью nippleных поилок, доступ к воде не ограничивали.

Таблица 1- Схема научно-хозяйственного опыта по изучению эффективности кормовой добавки «КриптоСтоп»

Группа	Условия кормления
Контрольная	Базовый рацион
Опытная	Базовый рацион + 10 мл КриптоСтоп в смеси с молоком или при помощи шприцевого дозатора (по 5 мл утром и вечером)

В течение научного эксперимента вели учет прироста живой массы (ежедекадно взвешивая телят), на основании чего рассчитывали валовый и среднесуточный прирост подопытных животных. По истечении учетного периода делали забор цельной крови для проведения гематологического анализа на гематологическом анализаторе крови класса 3-diff (Mindray BC-2800 Vet).

Результаты и обсуждение. Известно, что первые дни жизни критически важны для выращивания молодняка крупного рогатого скота, так как при рождении рубец у теленка не развит и потому весьма важно в данный период потребление оптимального количества и соотношения питательных веществ и солевых веществ, витаминов и БЭВ. Наилучшим вариантом кормления в молочный и предотъёмный период телят является скармливание престартерных и стартерных комбикормов, оптимально сочетающих в своем составе нутриенты. В его состав входили: молоко цельное, заменитель цельного молока («Техкорм Ред»), комбикорм Престартер и комбикорм Стартер (торговой марки ООО «Провими» производитель «Каргилл»), сено разнотравное, кормовая добавка «КриптоСтоп» (для подопытной группы), совокупность ингредиентов которого включала все необходимые макро- и микроэлементы для полноценного развития молодняка. Принцип кормления животных в период опыта представлен в таблице 2.

Таблица 2 - Принцип кормления телят в период проведения опыта

Время		Суточная дача					Живая масса, кг	
		Цельное молоко, кг	Заменитель цельного молока, кг	Комбикорм Престартер, кг	Комбикорм Стартер, кг	Сено луговое, кг	Группа	
месяцы	декады						контроль	опыт
1	1	5	-	приучение	-	Приучение	35,18	34,65
	2	6	-	0,30	-		39,94	39,45
	3	6	-	0,45	-		44,66	44,75
за 1 месяц на голову		170	-	7,5	-			
2	4	-	6	0,60	приучение	0,1	50,96	52,37
	5	-	6	0,80	0,15	0,2	56,12	57,89
	6	-	4	1,00	0,30	0,4	63,06	64,31
за 2 месяц на голову		-	160	24	4,5	7,0		
Итого за период		170	160	31,5	4,5	7,0		

В ходе проведения опыта шло ежедневное наблюдение за поедаемостью кормов, внешним видом и здоровьем телят. Фактическая поедаемость кормов телятами была хорошей в каждой из групп в двухмесячном возрасте и отражена в таблице 3.

Таблица 3 - Съедено кормов за период опыта теленком

Корма	Группы	
	Контрольная	Опытная
Молоко цельное, кг	170	170
Заменитель цельного молока «Техкорм Ред», кг	160	160
Комбикорм Престартер, кг	31,5	31,5
Комбикорм Стартер, кг	4,5	4,5
Сено разнотравное, кг	7,0	8,75

Учет съеденных кормов показывает, что телята опытной группы в большем количестве поедали сено, что косвенно указывает на лучшую переваримость и усвояемость клетчатки, а значит наиболее оптимального и быстрого развития рубца телят.

Анализируя весовые параметры развития телят за первый месяц исследования (табл. 4) применения кормовой добавки можно утверждать, что за счет стимуляции пищеварительных процессов, активации обменных процессов и превышения ассимиляционных процессов растущих телят молочного периода, включение в рацион телят добавки «КриптоСтоп» положительно повлияло на их развитие и рост, что достоверно отразилось в увеличении среднесуточного прироста.

Таблица 4 – Изменение живой массы телят за период исследований при включении в рацион кормовой добавки «Крипто Стоп»

Показатель	Группа телят	
	Контрольная	Опытная
Средняя живая масса 1 головы в возрасте 1 мес., кг	44,66 ± 0,54	44,74 ± 0,31
Абсолютный прирост, кг	13,79 ± 0,23	14,99 ± 0,25*
Среднесуточный прирост, кг	0,46 ± 0,008	0,50 ± 0,009*
Средняя живая масса 1 головы в возрасте 2 мес., кг	63,07 ± 0,87	64,32 ± 1,07
Абсолютный прирост, кг	18,41 ± 1,04	19,59 ± 0,95
Среднесуточный прирост, кг	0,59 ± 0,33	0,63 ± 0,03
Абсолютный прирост за период опыта, кг	32,19	34,57
Среднесуточный прирост за период опыта, кг	0,585 ± 0,03	0,641 ± 0,03

Примечание: *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001

Живая масса при рождении соответствовала стандарту породы, как и средняя живая масса в конце первого месяца жизни. Абсолютный прирост телят опытной группы за первый месяц был больше на 8,7%, или на 1,20 кг. Так, телята опытной группы имели 500 г среднесуточного прироста, что больше на 8,7% аналогичного показателя в контрольной группе.

Выпаивание кормовой добавки на втором месяце жизни телят также дало положительный эффект, сохраняя тенденцию к росту среднесуточных приростов - на 6,3% больше контрольного показателя.

В конце учетного периода проведя сравнительный анализ полученных результатов, представленных в таблице 4, можно утверждать, что выпаивание кормовой добавки в изученных дозировках оказало в целом положительный эффект на рост телят в опытной группе, на что указывает больший абсолютный (на 6,9%) и среднесуточный прирост (на 9,5%).

Результаты анализа гематологических показателей цельной крови показали, что большинство учетных значений не выходят за пределы физиологических значений для данной возрастной группы телят (табл. 5).

Таблица 5 – Средние гематологические показатели цельной крови подопытных телят в возрасте 60 дней при включении в рацион кормовой добавки «КриптоСтоп»

Показатель	Группы	
	Контрольная	Опытная
WBC (лейкоциты)	9,13 × 10 ⁹ /L ± 1,07	8,70 ± 1,36
Lymph#(лимфоциты)	3,10 ± 0,26	3,33 ± 0,26
Mon#(моноциты)	0,87 ± 0,07	0,87 ± 0,07
Gran#(гранулоциты)	5,17 ± 1,27	4,50 ± 1,04
Lymph% (лимфоциты %)	35,60 ± 7,37	39,27 ± 2,96

Продолжение таблицы 5

Показатель	Группы	
	Контрольная	Опытная
Mon% (моноциты %)	9,70±0,87	10,30±0,82
Gran% (гранулоциты%)	54,70±7,72	50,43±3,70
RBC (эритроциты)	17,98±10,96	7,77±0,38
HGB (гемоглобин)	86,00±4,36	85,00±1,53
HCT (гематокрит)	24,87±1,21	24,07±0,30
MCV (средний объем эритроцита)	31,13±1,17	37,27±0,90*
MCH (среднее содержание гемоглобина в эритроците)	10,93±0,32	12,83±0,23**
MCHC (средняя концентрация гемоглобина в эритроците)	345,33±2,40	353,00±3,46
RDW (показатель анизоцитоза тромбоцитов)	19,83±0,23	21,00±1,27
PLT (тромбоциты)	991,00±92,86	1119,67±366,81
MPV (средний объем тромбоцитов)	4,50±0,12	4,63±0,03
PDW (показатель анизоцитоза тромбоцитов)	15,37±0,12	15,30±0,20
PCT (тромбокрит)	0,45±0,05	0,23±0,07

Примечание: *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001

Показатели - эритроцитарные индексы (MCV и MCH), как правило, быстро реагируют на лечение анемий и диспепсии, и, используются для оценки эффективности терапии, и именно они достоверно различались в пользу телят в опытной группе, стремясь к достижению нормативного значения.

В производственных условиях независимо от принятой технологии выращивания, схем кормления и включения новых кормовых либо ветеринарных компонентов для той или иной производственной половозрастной группы животных, главным фактором экономической эффективности ведения отрасли – является получение высокой маржинальности.

Таблица 6 - Эффективность скармливания добавки «КриптоСтоп»

Показатели	Группы	
	Контрольная	Опытная
Количество телят в группе, гол.	8	8
Сохранность телят, %	100	100
Живая масса теленка на 60 день опыта, кг	63,07	64,32
Валовой прирост живой массы за период опыта, кг	32,19	34,57
Среднесуточный прирост, г	0,585	0,641
Стоимость 5 л кормовой добавки, руб.	-	4800
Стоимость суточной дозы добавки (10 мл), руб.	-	9,6
Стоимость выпоенной добавки за опыт, руб./ гол.	-	528
Стоимость съеденных кормов, руб.	8352,24	8362,22
Себестоимость прироста 1 кг живой массы, руб.	259,47	257,16
Стоимость 1 кг живой массы, руб.	280	280
Затрачено ЭКЕ на 1 кг прироста, руб.	14,08	13,14
Затрачено СП на 1 кг прироста, г	174,77	167,65
Рентабельность, %	7,9	8,9

На основании полученных результатов научно-хозяйственного опыта нами было установлено, что при отсутствии дополнительных производственных затрат при выпойке кормовой добавки, в стоимость скармливаемых кормов телятам опытной группы дополнительно включали закупочную цену «Крипто-Стоп», что с учетом получения дополнительного прироста живой массы в данной группе телят позволило в целом за учетный период снизить себестоимость прироста 1 кг живой массы на 2,2% по сравнению с контролем.

Выводы:

1. Установлено, что за учетный период среднесуточный прирост телят в опытной группе был больше на 8,7%. Сохранность подопытных телят в эксперименте была 100%.

2. При этом, такие показатели как - средний объем эритроцита и среднее содержание гемоглобина в эритроците у телят в опытной группе были достоверно больше чем в контроле, максимально достигнув нормативных значений, объективно свидетельствуя об нивелировании нарушения усвоения железа из рациона.

3. Применение «КриптоСтоп» в рекомендуемой дозе позволило снизить затраты энергетических кормовых единиц на 6,7, сырого протеина на 4,1% на прирост 1 кг прироста. Увеличение стои-

мости потребленного рациона, включая кормовую добавку на 6,44%, не вызвало повышение себестоимости прироста и повысить рентабельность на 1,0%.

Список источников

1. Использование бифидосодержащей кормовой пробиотической добавки в кормлении молодняка крупного рогатого скота / Р.В. Некрасов, М.Г. Чабаев, Е.Ю. Цис и др. // Молочное и мясное скотоводство. 2021. № 3. С. 3-8.
2. Савельева Л.Н., Бондарчук М.Л. Мониторинг болезней органов пищеварения крупного рогатого скота на территории Забайкальского края // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51, № 5. С. 77–82
3. Дегтярев В.П., Федотов С.В., Удалов Г.М. Этиопатогенез и профилактика острых желудочно-кишечных заболеваний новорожденных телят // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 11 (145). С. 123-129.
4. Скармливаем телятам-молочникам пробиотическую добавку / А.Г. Менякина, Л.Н. Гамко, Д.Н. Ткаченко, И.И. Сидоров // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 4 (104). С. 37-40.
5. Хайрова И.М., Петрова О.Г., Барашкин М.И. Оценка взаимодействия микробиома кишечника телят голштино-фризской породы и пероральных пробиотических препаратов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. № 1 (105). С. 251-255.
6. Вафина Д.Р., Гамко Л.Н., Менякина А.Г. Опыт применения пробиотической добавки «Басулифор» в кормлении телок до шестимесячного возраста // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 1 (101). С. 39-44.
7. Влияние бифидосодержащей кормовой пробиотической добавки "Бэмби" на продуктивность, сохранность и показатели здоровья молодняка крупного рогатого скота / М.Г. Чабаев, Е.Ю. Цис, Р.В. Некрасов и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 231-241.
8. Михейчикова О.В., Гамко Л.Н., Лемеш Е.А. Пробиотик "БАСУЛИФОР-С" в кормлении телят в молочный период // Аграрная наука. 2019. № 11-12. С. 21-24.
9. Перспективы развития племенного молочного скотоводства в регионе на долгосрочный период / Л.Н. Гамко, А.Г. Менякина, А.В. Кубышкин, С.И. Шепелев // Вестник Брянской ГСХА. 2022. № 4 (92). С. 29-33.

Информация об авторах:

Г.Ю. Кондалеев - аспирант кафедры кормления, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, altow32@rambler.ru.

А.Г. Менякина - доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, menyakina77@yandex.ru.

М.А. Чеботарева – магистрант, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors:

G.Yu. Kondaleev - Postgraduate Student of the the Department of Animal Feeding, Private Animal Science and Processing of Animal Products, Bryansk State Agrarian University.

A.G. Menyakina - Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department of Animal Feeding, Private Animal Science and Processing of Animal Products, Bryansk State Agrarian University, menyakina77@yandex.ru.

M.A. Chebotareva – Master's Student, Bryansk State Agrarian University.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 21.01.2025, одобрена после рецензирования 27.01.2025, принята к публикации 29.01.2025.

The article was submitted 21.01.2025, approved after reviewing 27.01.2025, accepted for publication 29.01.2025.

© Кондалеев Г.Ю., Менякина А.Г., Чеботарева М.А.

Научная статья
УДК 636.22/.28.087.7

**ПРОДУКТИВНОСТЬ И ЗАТРАТЫ ЭНЕРГИИ У МОЛОДНЯКА
КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПРИ СКАРМЛИВАНИИ ПРОБИОТИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ
«ПРОВАГЕН КОНЦЕНТРАТ»**

Александр Владимирович Чудопал, Леонид Никифорович Гамко, Анна Георгиевна Менякина
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область. Кокино. Россия

Аннотация. В статье приведены результаты научного исследования по скармливанию в составе кормосмеси пробиотической добавки «Проваген концентрат». Добавку выпаивали двукратно с экспозицией 5 дней, после чего делался перерыв в течение 20 суток, для успешного прорастания спорных бактерий в тонком отделе кишечника и начала их эффективной деятельности, после чего препарат давался повторно для усиления результата. Для проведения научно-хозяйственного опыта по методу сбалансированных групп было сформировано 2 группы животных численностью по 14 голов. В опыт были включены телята двух месячного возраста, учетный период составил 60 дней. Полученные результаты свидетельствуют о наиболее высокой интенсивности физиологических процессов у телят опытной группы в отличие от контрольной, что подтверждается увеличением среднесуточных приростов, и как следствие – их живой массы. Абсолютный прирост живой массы за учетный период у животных в опытной группе увеличился на 30,9 кг, а в контрольной группе на 29,9 кг, при этом показатель среднесуточного прироста был на 3,2% больше контрольного. Молодняк крупного рогатого скота, получавший пробиотическую добавку, затратил меньше на 2,7% обменной энергии на 1 кг прироста. Следовательно, можно сделать вывод, что интактные животные контрольной группы, использовали поступающую обменную энергию для синтеза 1кг живой массы несколько хуже в отличие от опытной группы.

Ключевые слова: пробиотическая добавка, кормление телят, среднесуточные приросты, обменная энергия.

Для цитирования: Чудопал А.В., Гамко Л.Н., Менякина А.Г. Продуктивность и затраты энергии у молодняка крупного рогатого скота при скармливании пробиотической добавки «Проваген концентрат» // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 1 (107). С. 41-45.

Original article

**PRODUCTIVITY AND ENERGY COSTS IN YOUNG CATTLE WHEN FED
THE PROBIOTIC ADDITIVE "PROVAGEN CONCENTRATE"**

Alexander V. Chudopal, Leonid N. Gamko, Anna G. Menyakina
Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. The article presents the results of the research on feeding the probiotic additive "Provagen concentrate" as part of a feed mixture. The additive was given twice with an exposure of 5 days, after which there was a break for 20 days for the successful germination of spore bacteria in the small intestine and the beginning of their effective activity, and then the preparation was given repeatedly to enhance the result. To carry out scientific and economic experiment using the method of balanced groups, 2 groups of animals, 14 heads each, were formed. The experiment included two-month-old calves; the accounting period was 60 days. The results obtained indicate the highest intensity of physiological processes in calves of the experimental group unlike the control one that is confirmed by an increase in average daily gains, and as a result, their live weight. An absolute gain in the live weight during the accounting period in the animals in the experimental group increased by 30.9 kg and in the control group by 29.9 kg, while the average daily gain was 3.2% higher than the control one. The young cattle fed the probiotic additive spent less than 2.7% of their metabolic energy per 1 kg of gain. Therefore, it can be concluded that the intact animals of the control group used the incoming metabolic energy to synthesize 1 kg of live weight somewhat worse than in the experimental group.

Key words: probiotic additive, calves feeding, average daily gains, metabolic energy.

For citation: Chudopal A.V., Gamko L.N., Menyakina A.G. Productivity and energy costs in young cattle when fed the probiotic additive "Provagen concentrate" // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2025. 1 (107): 41-45.

Введение. Скорость роста молодняка крупного рогатого скота молочного направления сильно варьируется, однако, многие владельцы ферм тщательно стараются получить крепкий и жизнеспособный молодняк, который с легкостью при необходимости может войти в ремонтное стадо. На каждом этапе своего развития организм крупного рогатого скота требователен как к типу кормления и составу кормов, так же и к условиям содержания.

Правильно подобранный рацион необходим для полноценного роста и развития молодого организма. А верно подобранные биологически активные добавки повышают иммунитет, стимулируют рост, нормализуют процессы пищеварения.

Многие авторы изучая пробиотики установили: «...препараты пробиотического действия по эффективности применения не уступают антибиотикам, при этом они являются экологически безопасными, так как их использование позволяет получать продукцию животноводства, не содержащую остатков химиотерапевтического действия и антибиотических препаратов» [1 - 12].

Частое и, не всегда, рациональное использование антибиотиков приводит к созданию устойчивой патогенной микрофлоры и частым дисбактериозам, что отражается на интенсивности роста, дальнейшей продуктивности и требует поиска новых схем лечения и профилактики заболеваний [13-18].

Современная промышленная технология выращивания животных невозможна без эффективных стимуляторов роста и ветеринарных средств профилактики бактериальных инфекций. И наиболее реальной заменой кормовым антибиотикам считаются спорогенные пробиотики, обладающие сопоставимыми и доказанными результатами экономической эффективности и к тому же не представляющие никакой опасности для человека и окружающей среды [19].

Целью исследований являлось изучить влияние пробиотической добавки «Проваген концентрат» на продуктивность и затраты обменной энергии на килограмм прироста у молодняка крупного рогатого скота.

Материалы и методы исследования: Исследования были проведены в 2024 году. Место проведения - хозяйство «Зеленино» в Карачевском районе Брянской области. Объектом научно-хозяйственного опыта послужил молодняк крупного рогатого скота в возрасте 5 месяцев. Материал наших исследований - споровый водорастворимый пробиотик «Проваген концентрат». Обладает высокой антибактериальной активностью в отношении патогенных и условнопатогенных микроорганизмов.

Схема, согласно которой был проведен наш опыт, представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема научно-хозяйственного опыта по выпойке пробиотической добавки «Проваген концентрат»

Группа	Численность голов	Продолжительность выпойки добавки, дней	Условия кормления и выпойки добавки
Контрольная	14	60	БР - Базовый рацион
Опытная	14	60	БР+0,1 гр./гол. «Проваген концентрат»

Опытная группа дополнительно к базовому рациону получала пробиотик «Проваген концентрат» в количестве 0,1 г. добавки (в разбавленном виде) в расчете на 1 голову теленка.

Испытуемая добавка представляет собой сбалансированный комплекс пробиотических бактерий: анаэробных *Bacillus Licheniformis* и аэробных *Bacillus Subtilis* в соотношении 1:1. Основная часть бактерий этого пробиотика представлена спорами, и поэтому он сохраняет жизнеспособность при воздействии самых разнообразных агрессивных факторов, не разрушаясь, проходит через кислую среду желудка в тонкий кишечник; устойчив к антибиотикам, сохраняет жизнеспособность при кипячении и допускает замораживание [19].

Дача препарата проводилась 1 раз в день в течение 5 суток. Далее выдерживался перерыв - 20 суток. Процедура в ходе эксперимента повторялась дважды.

Результаты и обсуждения. На первом этапе исследований был изучен состав кормосмеси (базовый рацион хозяйства), которая включала в себя клеверно-тимофеечное сено, дерть пшеничную, разнотравный сенаж, шрот подсолнечниковый и ячменную солому, Кормосмесь была обогащена минеральными добавками - мелом кормовым, солью поваренной, а также содой пищевой. Состав базового рациона (кормосмеси) указан в таблице 2 .

Таблица 2 - Состав суточного базового рациона, скармливаемого молодняку крупного рогатого скота (возраст 5 месяцев)

Корма	Количество в кг	Минеральные добавки	Объем в г
Сено клеверно-тимофеечное	1,5	Мел кормовой	50
Солома ячменная	1,2	Соль поваренная	50
Дерть кукурузная	0,25	Сода пищевая	30
Дерть ячменная	0,35		
Дерть пшеничная	0,4		
Шрот подсолнечниковый	1		
Сенаж разнотравный	6		

Детальный анализ скармливаемого рациона и проведенные нами расчеты содержания в нем питательных, зольных веществ, витаминной составляющей и концентрации обменной энергии (таблица 3), которая составила 8,7 МДЖ в 1 кг сухого вещества, дали нам основание утверждать, что какое количество поступившей обменной энергии, так и совокупность нутриентов соответствует нормативным потребностям и обеспечивает получение среднесуточного прироста на уровне от 450 до 500 г у молодняка (в возрасте 5 месяцев).

Таблица 3 - Химический состав базового рациона телят средней живой массой 130 кг в возрасте 5 месяцев

Показатели	Расчетное значение
Обменная энергия, МДж	55,60
Сухое вещество, кг	6,40
Сырой протеин, г	979,3
Переваримый протеин, г	670,3
Сырая клетчатка, г	1834,0
Крахмал, г	385,6
Сахара, г	220,1
Сырой жир, г	147,93
Соль поваренная, г	51,7
Кальций, г	66,43
Фосфор, г	27,31
Магний, г	18,61
Калий, г,	104,77
Сера, г	12,34
Железо, мг	1929,88
Медь, мг	69,61
Цинк, мг	196,59
Кобальт, мг	1,72
Марганец, мг	42,5
Йод, мг	1,85
Каротин, мг	199,91
Витамин Д, тыс.МЕ	987,35
Витамин Е, мг	370,68

В ходе проведения эксперимента путем наблюдения было обнаружено, что пробиотическая добавка не влияет на аппетит животных и происходит полное поедание приготовленного корма. За период эксперимента в опытной группе увеличилась общая живая масса на 30,9 кг, а в контрольной группе на 29,9 кг.

Среднесуточный прирост животных из опытной группы на 3,2% больше при меньших затратах обменной энергии на 1 кг прироста (на 2,7%) в сравнение с аналогичными показателями в контроле.

Следовательно, можно сделать вывод, что животные контрольной группы, которым не скармливали пробиотическую добавку, использовали поступающую обменную энергию для синтеза 1кг живой массы несколько хуже в отличие от опытной группы. Вводные данные представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Изменение живой массы и среднесуточных приростов подопытных животных

Показатель	Группа	
	Контрольная	Опытная
Живая масса при постановке на опыт, кг.	101,2 ± 1,1	101,1 ± 0,83
Живая масса на конец опыта, кг.	131,1 ± 7,25	132,0 ± 5,5
Абсолютный прирост, кг.	29,6±0,9	30,9 ± 1
% к контролю	100,0	104,4
Среднесуточный прирост за период опыта, г.	499 ± 0,84	515 ± 1,08
% к контролю	100,0	103,2
Затраты обменной энергии на 1 кг прироста, МДЖ	11,1	10,8
% к контролю	100,0	97,3

Заключение. Скармливание пробиотической добавки «Проваген концентрат» способствовало снижению затрат обменной энергии на 1кг прироста живой массы, что в свою очередь отрази-

лось в увеличении среднесуточного прироста молодняка в опытной группе на 3,2% в сравнении с аналогами контрольной группы.

Список источников

1. Скармливаем телятам-молочникам пробиотическую добавку / А.Г. Менякина, Л.Н. Гамко, Д.Н. Ткаченко, И.И. Сидоров // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 4 (104). С. 37-40.
2. Хайрова И.М. Динамика крови новорождённых телят при введении пробиотических препаратов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 5 (103). С. 204-210.
3. Хайрова И.М., Петрова О.Г., Барашкин М.И. Оценка взаимодействия микробиома кишечника телят голштино-фризской породы и пероральных пробиотических препаратов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. № 1 (105). С. 251-255.
4. Вафина Д.Р., Гамко Л.Н., Менякина А.Г. Опыт применения пробиотической добавки «Басулифор» в кормлении телок до шестимесячного возраста // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 1 (101). С. 39-44.
5. Буряков Н.П., Козловский А.Ю., Загарин А.Ю. Сравнительная эффективность использования различных пробиотиков в кормлении цыплят-бройлеров // Птицеводство. 2022. № 2. С. 4-8.
6. Гамко Л.Н., Менякина А.Г., Подольников В.Е. Продуктивность, обмен энергии и морфо-биохимические показатели крови под воздействием мергелесывороточной добавки у молодняка свиней на дорастивании // Вестник Брянской ГСХА. 2021. № 3 (85). С. 31-37.
7. Влияние пробиотического комплекса на продуктивные качества и обменные процессы у растущего откармливаемого молодняка свиней / И.М. Магомедалиев, Р.В. Некрасов, М.Г. Чабаев и др. // Аграрная наука. 2020. № 1. С. 22-26.
8. Гамко Л.Н., Сидоров И.И., Менякина А.Г. Обмен веществ и энергии у молодняка свиней на откорме при скармливании кормосмеси с пробиотической добавкой // Вестник Ульяновской ГСХА. 2020. № 3 (51). С. 197-202.
9. Использование бифидосодержащей кормовой пробиотической добавки в кормлении молодняка крупного рогатого скота / Р.В. Некрасов, М.Г. Чабаев, Е.Ю. Цис и др. // Молочное и мясное скотоводство. 2021. № 3. С. 3-8.
10. Буряков Н.П., Щукина С.А., Горст К.А. *Bacillus megaterium*: продуцент аминокислот и пробиотик для сельскохозяйственных животных (обзор) // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2020. № 1. С. 67-75.
11. Гамко Л.Н., Сидоров И.И., Менякина А.Г. Влияние пробиотических добавок на продуктивность и использование азота у молодняка свиней при разных сроках отъёма // Вестник Ульяновской ГСХА. 2021. № 2 (54). С. 214-222.
12. Влияние бифидосодержащей кормовой пробиотической добавки "бэмби" на продуктивность, сохранность и показатели здоровья молодняка крупного рогатого скота / М.Г. Чабаев, Е.Ю. Цис, Р.В. Некрасов и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 231-241.
13. Эленшлегер А.А., Утц С.А. Эффективность применения пробиотика "ВЕТОМ 1.2" для повышения уровня иммуноглобулинов в молозиве коров и в крови у коров и телят // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 11 (193). С. 85-91.
14. Алексеев И.А., Егоров Р.А., Кузнецов А.Ф. Влияние *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* в составе кормовой добавки Басулифор на продуктивность, активность сывоточных иммуноглобулинов и аминотрансфераз у телят // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2019. № 1. С. 209-211.
15. Алексеев И.А., Егоров Р.А. Физиологические и морфологические показатели телят при применении кормовой добавки, содержащей *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* // Вестник Чувашской ГСХА. 2018. № 1 (4). С. 35-39.
16. Productivity and parameters of blood of sows fed with probiotic supplements / L.N. Gamko, T.L. Talyzina, V.E. Podolnikov et al. // Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources: international scientific-practical conference (FIES 2020). BIO WEB OF CONFERENCES. EDP Sciences, 2020. С. 00025.
17. Алексеев И.А., Егоров Р.А. Иммунологические показатели крови и сохранность телят при использовании пробиотической кормовой добавки «Басулифор» // Вестник Чувашской ГСХА. 2018. № 4 (7). С. 38-41.
18. Effect of probiotic and asparaginate on the growth of calves and chickens / O. Tyukavkina, S. Plavinsky, I. Tatarenko, L. Perepelkina et al. // Ecological and Biological Well-Being of Flora and Fauna, EBWFF 2020: E3S Web of Conferences, 2020. P. 01019.

19. Абрамкова Н.В., Мошкина С.В., Червонова И.В. Эффективность применения пробиотика «Проваген» в технологии выращивания поросят // Вестник КрасГАУ. 2015. № 6. С. 201-204.

Информация об авторах:

А.В. Чудопал - аспирант кафедры кормления, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Л.Н. Гамко - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, gamko@mail.ru.

А.Г. Менякина - доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, menyakina77@yandex.ru.

Information about the authors:

A.V. Chudopal- Postgraduate Student of the the Department of Animal Feeding, Private Animal Science and Processing of Animal Products, Bryansk State Agrarian University.

L. N. Gamko-Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Animal Feeding, Private Zootechnics and Processing of Animal Products, Bryansk State Agrarian University, gamkol@mail.ru.

A.G. Menyakina - Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department of Animal Feeding, Private Animal Science and Processing of Animal Products, Bryansk State Agrarian University, menyakina77@yandex.ru.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 18.01.2025, одобрена после рецензирования 27.01.2025, принята к публикации 29.01.2025.

The article was submitted 18.01.2025, approved after reviewing 27.01.2025, accepted for publication 29.01.2025.

© Чудопал А.В., Гамко Л.Н., Менякина А.Г.

**АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES
ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА
(ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)**

Научная статья
УДК 631:62:004.94

МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ СОВРЕМЕННОЙ АГРОИНЖЕНЕРИИ

**Владимир Анатольевич Погоньшев, Дина Алексеевна Погоньшева,
Наталья Дмитриевна Ульянова**
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Эффективная эксплуатация сложных технических систем в аграрной индустрии обуславливает рациональное использование агроресурсов, устойчивое развитие отраслей, рост уровня жизни населения. Неуклонное развитие аграрного бизнеса, повышение конкурентоспособности производимой продукции, сохранение лидирующих позиций на региональных и глобальных рынках продовольствия связано с созданием новых и совершенствованием существующих технологических процессов и сельхозмашин. Актуальным инструментом современной агроинженерии выступает моделирование. Современные программные средства позволяют реализовать системный подход в агроинженерии, исследовать характеристики протекания вероятностных организационно-технологических процессов во времени и пространстве с необходимой их детализацией. Оптимизация параметров и режимов работы машин при выполнении механизированных производственных процессов опирается на использование имитационного моделирования. На результативность аграрной индустрии оказывает существенное влияние вероятностная составляющая, и это следует учитывать при построении модели. Широко используется в инженерной практике технология цифровых двойников технических систем/процессов/объектов. В процессе исследования цифровая модель объекта (системы, процесса) с использованием предиктивной аналитики уточняет и оптимизирует его структуру, техническое состояние, функционирование, прогнозирует производительность, таким образом описывает реальный или проектируемый объект на микро- и макроуровне. 3D-моделирование технических объектов в агроинженерии позволяет решать задачи создания, ремонта, модернизации сельхозтехники. В ходе исследования изделия его модель перемещается в виртуальном пространстве, что позволяет выполнить устранение выявленных ошибок, исключить нарушения нормативов, сократить до оптимального уровня использование ресурсов, снизить затраты.

Ключевые слова: сельское хозяйство, агроинженерия, технические средства, моделирование, имитационные модели, цифровые двойники, 3D-моделирование

Для цитирования: Погоньшев В.А., Погоньшева Д.А., Ульянова Н.Д. Моделирование как инструмент современной агроинженерии // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 1 (107). С. 46-51.

Original article

MODELING AS A TOOL OF MODERN AGROENGINEERING

Vladimir A. Pogonyshv, Dina A. Pogonyshva, Natalia D. Ul'yanova
Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. Effective operation of complex technical systems in the agricultural industry determines the rational use of agricultural resources, sustainable development of industries, and an increase in the standard of living of the population. The steady development of the agricultural business, increasing the competitiveness of manufactured products, and maintaining leading positions in regional and global food markets are associated with the creation of new and improved existing technological processes and agricultural machinery. Modeling is a relevant tool of modern agroengineering. Modern software tools allow to implement a systematic approach in agroengineering, to study the characteristics of the course of probabilistic organizational and technological processes in time and space with necessary details. Optimization of machine parameters and operating modes when performing mechanized production processes is based on the use of simulation modeling. The performance of the agricultural industry is significantly influenced by the probabilistic component, and this should be taken into account when building a model. The technology of digital twins of technical systems/processes/objects is widely used in engineering practice. In the process of research, a digital model of an object (system, process) using predictive analytics clarifies and optimizes its structure, tech-

nical condition, functioning, predicts performance, thus describes a real or projected object at the micro and macro levels. 3D modeling of technical facilities in agroengineering allows solving the tasks of building, repairing, and modernizing agricultural machinery. During the product's investigation, its model is moved in virtual space, which allows you to eliminate the identified errors and violations of standards, decrease an application of resources to an optimal level and reduce costs.

Key words: agriculture, agroengineering, technical means, modeling, simulation models, digital twins, 3D modeling.

For citation: Pogonyshev V.A., Pogonysheva D.A., Ul'yanova N.D. Modeling as a tool of modern agroengineering // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2025. 1 (107): 46-51.

Введение. Рациональное использование природного агропотенциала территорий обусловлено использованием современных сложных технических систем. В сельском хозяйстве присутствует сильное воздействие случайной компоненты. Наиболее ярким примером является изменчивость погодных условий, которые влияют на результативность отраслей агробизнеса. Цифровое развитие аграрной сферы опирается на отечественные технологии, методы, модели, алгоритмы, широкое использование современных программных решений.

Результаты и их обсуждение. Научно обоснованная организация производственных процессов является основой успешной деятельности хозяйствующих субъектов. Для сельского хозяйства характерны свойства сложных динамических открытых систем, обладающих полиструктурностью, многомерностью, стохастичностью, многовариантностью поведения, наличием многочисленных нелинейных причинно-следственных связей между подсистемами, территориально распределенными между собой, присутствием различных биологических объектов. Сотрудники организаций выступают источниками неформализованных и формализованных профессиональных знаний [1-8].

Проведение экспериментов с моделью объекта позволяет существенно экономить ресурсы, при этом воплощается в практику наилучший вариант структуры системы, установленный с помощью моделирования; значительно экономится время; возможна реализация трудновоспроизводимого режима функционирования объекта; осуществляется многовариантный подход с выбором наилучшего решения из всех возможных альтернатив; возможно проследить влияние управляемых и неуправляемых внутренних и внешних факторов на поведение системы; выявление ранее неизвестных свойств объектов исследуемой системы [9-12].

Реализация научно-практических достижений в растениеводстве, ведущей отрасли сельского хозяйства, требует соблюдения законов земледелия. На урожайность культур помимо доз и сроков внесения удобрений влияют почвенно-климатические и погодные условия, сроки выполнения комплексов агротехнических работ. Системный подход при производстве продукции растениеводства позволяет одновременно учитывать биологические, метеорологические, организационно-технологические факторы и возможные производственные ситуации. Системность растениеводства особо проявляется в такие напряженные периоды, как посев, уход за культурами, уборка. Отклонения от планируемых режимов технологии производства продукции растениеводства приводят к потерям урожая. Резервы роста продуктивности культур обусловлены упорядочением эксплуатации технических средств с учетом реализующихся погодных условий.

Инструментарием, реализующим недетерминированный подход к решению проблем регенеративного сельского хозяйства в условиях цифровизации, выступает аппарат имитационного моделирования. Имитационное моделирование является мощным инструментом для воспроизведения производственных процессов в условиях риска и неопределенности с целью обоснования наиболее оптимальных его параметров, так как позволяет моделировать динамику объектов системы во времени и в пространстве. Поведение сложных технических систем возможно описать с помощью совокупности их реакций на некоторые известные (или заданные) внешние воздействия. Проникновение математических методов в технические науки показывает, насколько ограничены возможности моделирования технических систем с использованием аналитических методов.

Различают следующие способы моделирования: аналитическое, имитационное, эвристическое, эволюционное. Имитационная математическая модель имитирует внешние проявления функционирования технических средств без раскрытия сути протекающих в них процессов. Платформы имитационного моделирования позволяют решать трудно формализуемые задачи, имеют развитые средства для проведения многочисленных сценарных расчетов и анализа результатов имитационного эксперимента. Объективное мнение о работе технической системы можно получить на основе серии экспериментов, так как результат каждого прогона носит случайный характер. Обоснование адаптивных решений опирается на современные платформы, имитирующие организационно-технологические процессы в конкретной производственной ситуации.

Методология имитационного моделирования позволяет рассматривать взаимодействие биологических, технологических, организационных и агрометеорологических факторов на урожайность сельхозкультур в процессе реализации многочисленных многовариантных расчетов. Вычисляемые технико-экономические характеристики представляют собой базу данных для планирования инновационно-ориентированного развития хозяйствующих субъектов (Погоньшев В.А., Погоньшева Д.А., Морозова Е.И. *Совершенствование инновационного развития региона на основе использования когнитивных технологий // Креативная экономика. 2016. Т. 10. № 2. С. 111-122*).

Отсутствие большого числа примеров применения имитационного моделирования в сельском хозяйстве связано преимущественно с незнанием специалистов подходящих для решения нестандартных задач инструментов. Программные среды AnyLogic, Enterprise Dynamics, Arena имеют среду визуального моделирования 2D и 3D.

AnyLogic разработан отечественной компанией The AnyLogic Company, включает визуальные языки моделирования: диаграммы состояния, диаграммы потоков и накопителей, блок-схемы, диаграммы процессов, графический интерфейс, язык программирования Java для разработки моделей бизнес-процессов организации.

Мультипарадигмальная платформа используется в компаниях из рейтинга Fortune 100 и лидерами российского РБК 500 (Сколково, РУСАЛ, Яндекс и др.). Имеются убедительные результаты использования данного решения в аграрной индустрии. Так, например, BlueKei Solutions (индийская консалтинговая компания), для оптимизации работы агроботов использовала агентный подход.

В среде AnyLogic успешно разработана имитационная модель уборочных работ сельхозкультур. В основу модели заложены математические зависимости сроков созревания культур с учетом теплообеспеченности территории. В расчётном модуле присутствуют параметры инженерно-технологической обеспеченности предприятия [12].



Рисунок 1 – Прогнозы объема мирового рынка цифровых двойников [15]

Трендом цифрового сельского хозяйства выступают цифровые двойники (ЦД). ЦД это современная технология, в ее основе лежат разработка и применение комплекса мультидисциплинарных математических моделей. Эти модели достаточно адекватно воспроизводят создание и поведение реальных объектов и сложных систем. Объект и его цифровая копия взаимодействуют в процессе информационной связи. Датчики, установленные на физическом объекте, собирают о нем данные и отправляют их ЦД. [13-18] Эксперты отмечают неуклонный рост рынка ЦД к 2025 г. до уровня 35,8 млрд долл (рис. 1).

Существует принципиальная возможность создания ЦД поля, сельхозтехники и др. Так, Центр НТИ СПбПУ, компания «Нова-Инжиниринг» успешно создали многочисленные ЦД сложных технических объектов. «Русагро» разработал системы ЦД с целью мониторинга состояния технических средств, животных, культур, прогноза и оптимизации сроков технологических операций, показателей агробизнеса. Сколково внедрило ЦД полей в различных регионах страны. В агроинженерии ожидается последовательное внедрение многочисленных ЦД объектов, процессов и систем. Эксперты считают, что искусственный интеллект позволит создавать ЦД, автономно принимающие решения, в том числе в ходе координации собственных действий с другими ЦД. А сети ЦД будут способны не только аккумулировать знания для решения коллективных задач, но и создавать «цифровые рои». Однако в настоящее время недостаточно тиражируемых решений в агроинженерии.

Предприятия, занимающиеся разработкой, модернизацией и ремонтом сельхозтехники заинтересованы в использовании технологии 3D-моделирования. Созданная цифровая модель изделия предо-

ставляет возможность непосредственно в виртуальном пространстве осуществлять разнообразные перемещения, корректировать технические характеристики. В ФГБОУ ВО Брянский ГАУ при исследовании изделия «Плуг полунавесной оборотный (ППО 5/7-35)» выполнена разработка трехмерной графической модели объекта с использованием возможностей 3D-редактора «КОМПАС 3D» [19].

К этапам моделирования относятся создание отдельных деталей, сборка плуга и предплужника, получение готового объекта. Нами были использованы 84 детали, в ходе выполнения 30 сборок получены две сборки «Корпус плуга» (13 деталей) и «Предплужник», затем был создан целостный технический объект (рис. 2).

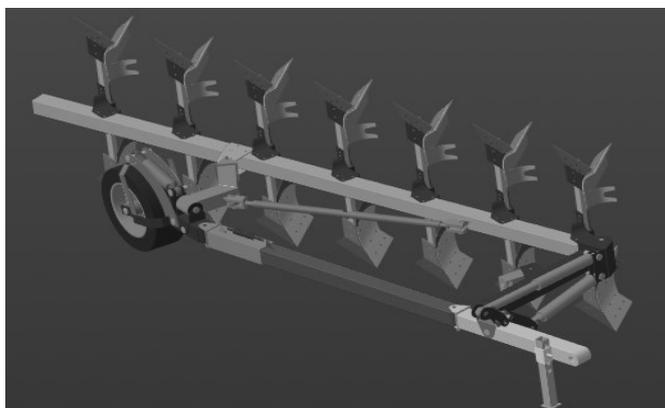


Рисунок 2 - Модель изделия «Плуг полунавесной оборотный (ППО 5/7-35)»

Используя в дальнейшем отечественные программные решения, предназначенные для проектирования и анализа трехмерных моделей на прочность, исследователь имеет возможность углубить анализ разработанной модели.

В программном продукте «Компас 3D» разработана трехмерная модель инженерной детали «Пневмопоршень» (рис. 3). Моделирование проводилось по условиям технического задания производственного предприятия, изготавливающего запчасти для сухих кормозагрузчиков, выпускающего коробки отбора мощности на грузовые автомобили и карданные валы для привода спецагрегатов.

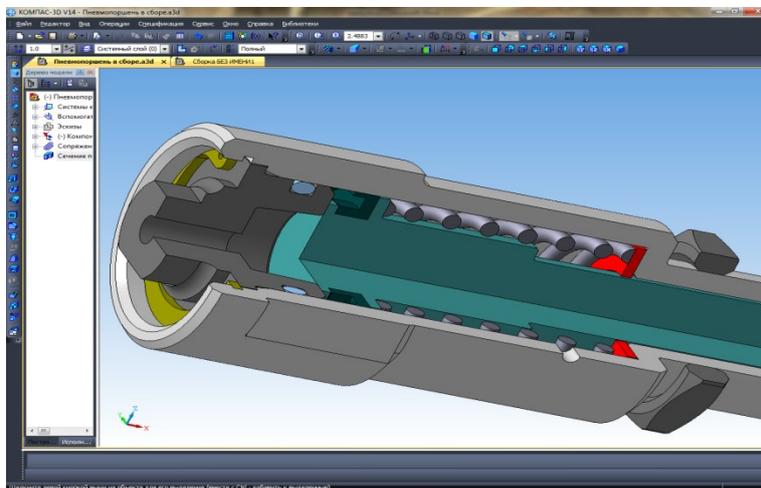


Рисунок 3- Изделие «Пневмопоршень» в разрезе

Разработанная модель использовалась для точного создания реальной сложной детали в сборке до запуска в производство, что позволило повысить качество выпускаемых изделий, снизить расходы на разработку, сэкономить ресурсы предприятия.

Особый интерес для исследователей предоставляют решения для расчёта, анализа и моделирования физических процессов в области механики, термодинамики, электромагнетизма, акустики, биоинженерии и т.п., или CAE-системы (Computer-aided engineering). К популярным системам относятся APM WinMachine, Ansys, NX Nastran, ФРУНД, Magmasoft, APM FEM и другие.

Трехмерное твердотельное моделирование позволяет создавать модели отдельных деталей, рабочих органов, механизмов, исследовать физические свойства материалов, осуществлять моделировать поведение исследуемого объекта. Так, в ФГБОУ ВО Брянский ГАУ с использованием программного средства «Компас-3D» разработана трехмерная модель усовершенствованной детали «Планшайба» для токарно-винторезного станка [20]. Суть разработки заключена в создании в основании планшайбы ци-

линдрического глухого отверстия для ее закрепления на кулачки патрона без его предварительного съема с токарно-винторезного станка; добавлены дополнительные вертикальные и горизонтальные Т-образные пазы для увеличения числа вариантов фиксации обрабатываемой детали; для удобства выполнения технологических операций нанесена круговая градуировка планшайбы (рис. 4).

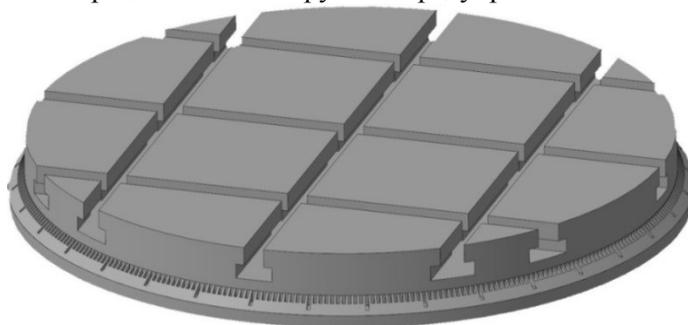


Рисунок 4 – Трехмерная модель усовершенствованной планшайбы

В процессе разработки проведены исследования по оценке прочности созданной 3D-модели с использованием системы прочностного конечно-элементного анализа АРМ FEM. Использование этой системы не только предсказывает поведение изучаемого образца в различных условиях его эксплуатации, но и для повышения производительности, надежности и эффективности работы механизмов оптимизировать его конструкцию.

Помимо этого, нами был выбран металл для изготовления изделия. Исследованы различные стали от Сталь 08 ГОСТ 1050-2013 до Сталь 45 ГОСТ 1050-2013. В результате мы сделали вывод о том, что разработка трехмерной модели изделия «Планшайба» в программе «КОМПАС 3D» и дальнейшее проведение компьютерного анализа позволяют проверить геометрические параметры детали, выявить дефекты, оценить материал для изготовления детали и тем самым снизить объем экспериментальной отработки детали, предотвратить ее преждевременный износ и разрушение целостности новой конструкции [20].

Выводы. Использование современных платформ имитационного моделирования для исследования многовариантных сценариев функционирования технических процессов и систем, ЦД, решений 3D-моделирования в агроинженерии позволяет повысить экономическую эффективность аграрной индустрии, избежать конфликтов целей в АПК.

С целью подготовки необходимых квалифицированных кадров считаем целесообразным в аграрных образовательных учреждениях реализовать идеи опережающей профессиональной подготовки студентов, владеющих новыми знаниями и способных внедрять в агробизнесе высокотехнологичные решения.

Список источников

1. Дело техники. Как обстоят дела с обновлением парка сельхозмашин у российских аграриев [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/tech/article/35567-delo-tekhniki-kak-obstoyat-dela-s-obnovleniem-parka-selkhoz mashin-u-rossiyskikh-agrariyev/>
2. Обеспеченность сельскохозяйственных организаций тракторами и комбайнами по Российской Федерации [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. - Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy.
3. Терновых К.С., Четверова К.С. Состояние и тенденции развития технической базы сельскохозяйственных предприятий // International agricultural journal. 2022. № 6. С. 1051-1067.
4. Сельхозтехника в России [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Сельхозтехника_в_России.
5. Экономическая оценка материально-технической базы сельского хозяйства Брянской области / Е.П. Чирков, О.В. Дьяченко, М.А. Бабьяк, О.М. Хохрина // Техника и технологии в животноводстве. 2022. № 4 (48). С. 109-117.
6. Водяников В.Т., Субаева А.К. Техническое перевооружение сельского хозяйства в условиях цифровизации // Агроинженерия. 2021. № 1 (101). С. 58-62.
7. Состояние цифровой трансформации сельского хозяйства / В.Е. Ториков, В.А. Погоньшев, Д.А. Погоньшева, Г.Е. Дорных // Вестник Курской ГСХА. 2020. № 9. С. 6-13.
8. Issues of digital transformation of agriculture / V.E. Torikov, V.A. Pogonyshev, D.A. Pogonysheva et al. // Innovative technologies in agriculture: international scientific and practical conference. AIP conference proceedings. AIP Publishing, 2023. Vol. 2921, Is. 1. P. 080001.

9. Гордеев А.С. Моделирование в агроинженерии: учеб. 2-е изд. испр. и доп. СПб.: Лань, 2021. 384 с.
10. Худякова Е.В., Липатов А.А. Имитационное моделирование процессов и систем в АПК: учеб. М.: ИКЦ «Колос-с», 2021. 256 с.
11. Алетдинова А., Ленский А., Цыбина Я. Имитационное моделирование как современный инструмент для формирования машинно-тракторного парка // Аграрная экономика. 2019. № 3. С. 48-54.
12. Модель сбора урожая в инструменте моделирования ANYLOGIC / Р.Р. Галимов, В.В. Тихоновский, Л.В. Гарафутдинова и др. // Южно-сибирский научный вестник. 2022. № 6 (46). С. 324-332.
13. Прохоров А., Лысачев М. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт / под ред. А. Борова. М.: ООО «АльянсПринт», 2020. 401 с.
14. Дорохов А.С., Павкин Д.Ю., Юрочка С.С. Технология цифровых двойников в сельском хозяйстве: перспективы применения // Агроинженерия. 2023. Т. 25, № 4. С. 14-25.
15. Цифровые двойники: прошлое, настоящее и будущее [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://up-pro.ru/library/information_systems/automation_project/proshloe-nastoyashee-i-budushee/
16. Обзор различных систем CAD/CAM/CAE/GIS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.cad.dp.ua/obzors/cads.php>.
17. Погоньшев В.А., Ториков В.Е., Погоньшева Д.А. Цифровые двойники в сфере АПК // Современные тенденции развития аграрной науки: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2022. С. 729-734.
18. Цифровые двойники как инструмент проектирования элементов машин и оборудования в АПК / В.А. Погоньшев, Д.А. Погоньшева, Т.М. Хвостенко, Я.С. Ковалев // Вестник образовательного консорциума Среднерусский университет. Информационные технологии. 2024. № 1 (23). С. 8-12.
19. Ульянова Н.Д., Козарез И.В. Потенциал использования цифровых технологий для сельскохозяйственной техники // Современные тенденции развития аграрной науки: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2022. С. 595-600.
20. Ульянова Н.Д., Лямзин А.А., Феськов С.А. Трехмерное моделирование и компьютерный анализ деталей металлорежущих станков // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 2 (102). С. 61-67.

Информация об авторах:

В.А. Погоньшев – доктор технических наук, профессор кафедры автоматизации, физики и математики, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Д.А. Погоньшева – доктор педагогических наук, профессор кафедры информатики, информационных систем и технологий, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Н.Д. Ульянова – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой информатики, информационных систем и технологий, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors:

V.A. Pogonyshev – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Automation, Physics and Mathematics, Bryansk State Agrarian University.

D.A. Pogonysheva – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor of the Department of Informatics, Information Systems and Technologies, Bryansk State Agrarian University.

N.D. Ul'yanova – Candidate of Economics, Associate Professor, Head of the Department of Informatics, Information Technology systems and Technologies, Bryansk State Agrarian University.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 18.09.2024, одобрена после рецензирования 27.01.2025, принята к публикации 29.01.2025.

The article was submitted 18.09.2024, approved after reviewing 27.01.2025, accepted for publication 29.01.2025.

© Погоньшев В.А., Погоньшева Д.А., Ульянова Н.Д.

Научная статья
УДК 621.79:621.81

К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ВОССТАНОВЛЕННЫХ НАПЛАВКОЙ ПРОВОЛОКАМИ Св-08 И Св-18ХГС, ПУТЁМ НИТРОЦЕМЕНТАЦИИ В ВЫСОКОАКТИВНОЙ ПАСТЕ

¹Александр Александрович Сафонов, ²Елена Валентиновна Трусова

¹ФГБОУ ВО Курский ГАУ, Курская область, Курск, Россия

²ФГБОУ ВО «Курский государственный университет» Курская область, Курск, Россия

Аннотация. В данной статье рассматривается проблема повышения износостойкости деталей машин, восстанавливаемых наплавкой проволоками Св-08 и Св-18ХГС. Износ деталей машин является одной из основных причин их выхода из строя, что приводит к значительным экономическим затратам. Для решения этой проблемы предлагается метод нитроцементации в высокоактивной пасте, который позволяет существенно улучшить эксплуатационные характеристики восстановленных деталей. В работе представлены результаты исследования влияния режимов нитроцементации наплавленного покрытия в высокоактивной пасте и пути повышения его износостойкости. Наплавка производилась низкоуглеродистой проволокой Св-08 и легированной проволокой Св-18ХГС в среде защитного газа. Так же показано как применение нитроцементации в высокоактивной пасте на основе сажи с азотистыми добавками может повысить износостойкость в наплавленных слоях восстановленной детали. В ходе исследования были проведены эксперименты, показывающие, что применение нитроцементации в сочетании с наплавкой значительно увеличивает предел прочности, твердость и коррозионную стойкость изделий. Особое внимание уделено составу высокоактивной пасты, которая обеспечивает глубокую диффузию элементов, способствующих образованию прочного поверхностного слоя. Результаты экспериментов были проанализированы с использованием современных методов испытаний, подтверждающих эффективность предложенного подхода. Проведенное исследование открывает новые перспективы для повышения надежности и долговечности восстановленных машинных деталей, что является актуальной задачей для машиностроительной отрасли. В процессе экспериментов также было установлено, что оптимизация температуры и времени нитроцементации позволяет добиться максимального эффекта улучшения износостойкости. Выбор параметров процесса имеет ключевое значение, так как недостающая температура может привести к недостаточному проникновению активных элементов в структуру материала, тогда как избыточная температура может вызвать его преждевременное разрушение. Данный метод может быть внедрён в ремонтное производство и решить проблему запасных частей в автомобилестроении.

Ключевые слова: детали машин, нитроцементация, износостойкость.

Для цитирования: Сафонов А.А., Трусова Е.В. К вопросу о повышении износостойкости деталей машин восстановленных наплавкой проволоками Св-08 и Св-18ХГС, путём нитроцементации в высокоактивной пасте // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 1 (107). С. 52-57.

Original article

TO THE PROBLEM OF INCREASING THE WEAR RESISTANCE OF MACHINE PARTS RESTORED BY SURFACING WITH SV-08 AND SV-18KHGS WIRES BY NITROCEMENTATION IN A HIGHLY ACTIVE PASTE

¹Alexandr A. Safonov, ²Yelena V. Trusova

¹Kursk State Agrarian University named after I. I. Ivanov, Kursk region, Kursk, Russia

²Kursk State University, Kursk region, Kursk, Russia

Abstract. This article discusses the problem of increasing the wear resistance of machine parts restored by surfacing with Sv-08 and Sv-18KhGS wires. The wear of machine parts is one of the main reasons for their failure, which leads to significant economic costs. To solve this problem, the nitrocementation method in high-active paste is proposed, which allows improving the performance of the recovered parts significantly. The paper presents the results of the research on the influence of nitrocementation modes of the fused coating in a highly active paste and ways to increase its wear resistance. The surfacing was performed with low-carbon wire Sv-08 and alloyed wire Sv-18KhGS in a protective gas environment. It is also shown how the use of nitrocementation in the highly active paste based on carbon black with nitrogen additives can increase wear resistance in the surfacing layers of the restored part. The research included the experiments showing that the use of nitrocementation together with surfacing significantly increases the tensile strength, hardness and corrosion resistance of the products. Particular attention was paid to the composition of the highly active paste, which ensures deep diffusion of elements contributing to the formation of a durable surface layer. The results of the experiments were analyzed by using modern testing methods, confirming the effectiveness of the proposed approach. The conducted research opens up new prospects for increasing the reliability and durability of the restored machine parts that is an urgent

task for the mechanical engineering industry. In the process of the experiments optimizing the temperature and time of nitrocementation was established to allow achieving the maximum effect of improving wear resistance. The choice of process parameters is of prime importance, since the deficient temperature can lead to insufficient penetration of active elements into the structure of the material, while the excess temperature can cause its premature destruction. This method can be implemented in repair production and solve the problem of spare parts in the automotive industry.

Keywords: machine parts, nitrocementation, wear resistance.

For citation: Safonov A.A., Trusova E.V. To the issue of increasing the wear resistance of machine parts restored by surfacing with Sv-08 and Sv-18kHGS wires by nitrocementation in a highly active paste // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2025. 1 (107): 52-57.

Введение. Восстановление износостойких деталей машин наплавкой для компенсации удалённого с рабочих поверхностей металла является наиболее распространённым методом их реновации, используемом в ремонтном производстве [1, 2]. Наплавка позволяет восстановить первоначальную форму и размеры деталей, однако первоначальные свойства, которые имела новая деталь, во многих случаях восстановить не удаётся. Особенно остро эта проблема проявляется в случаях восстановления ответственных деталей из легированных сталей (таких, например, как шлицевые валы), упрочняемых при изготовлении термической или химико-термической обработкой и имеющих повышенные прочностные и эксплуатационные свойства.

Наплавка под слоем флюса или в среде защитных газов производится обычно низкоуглеродистыми проволоками, которые образуют наплавленные покрытия со свойствами (твёрдостью, износостойкостью и др.) более низкими, чем свойства основного металла восстанавливаемой детали. Одним из важнейших эксплуатационных свойств деталей, работающих в условиях трения, является износостойкость, определяющая долговечность отремонтированных машин и соответственно, эффективность их ремонта.

Радикальным способом повышения твёрдости и износостойкости наплавленных покрытий может их химико-термическая обработка, в частности цементация или нитроцементация, которая обогащает наплавленный металл элементами внедрения (С и N) и приближает его состав к составу основного металла, что обуславливает возможность получения сходных свойств наплавки и основы [3, 4].

Однако при использовании химико-термической обработки (ХТО) в ремонтном производстве, возникают технологические трудности, связанные с необходимостью использовать специальное оборудование. Наиболее простой метод ХТО – твёрдая цементация, так же не может быть рекомендована для упрочнения деталей с наплавленными покрытиями, поскольку упрочнение происходит не избирательно и при весьма высокой температуре. Более подходящим методом будет нитроцементация с использованием высокоактивного пастообразного карбюризатора при пониженной температуре.

Такой карбюризатор представляет собой густую пасту на основе мелкозернистой сажи (аморфного углерода) с азотосодержащими добавками (карбамидом и железосинеродистым калием) и пастообразующей жидкостью (ПВА). Пасту можно наносить локально на места нуждающиеся в упрочнении (на наплавленные участки) и проводить обработку при пониженной температуре, поскольку азот и углерод усиливают друг друга в стали [5]. Таким образом, будет возможно улучшить свойства наплавленных покрытий и значительно повысить технический уровень реновации изношенных деталей.

Целью исследования, результаты которого представлены в настоящей работе является изучение влияния режимов нитроцементации наплавленного покрытия в высокоактивной пасте на износостойкость и определение путей повышения этого свойства.

Материалы и методы исследования. Образцы для исследования представляют собой ролики из стали 30ХГСА (диаметром 50 мм и шириной 10 мм) на образующие поверхности которого наносились наплавленные покрытия толщиной 3 мм (после механической обработки). Наплавка производилась низкоуглеродистой проволокой Sv-08 и легированной проволокой Sv-18ХГС (ГОСТ 2246-70) в среде защитного газа («Коргон»).

Ролики с наплавленными покрытиями подвергались нитроцементации в пастообразном карбюризаторе в интервале температур 550...750°C и при выдержке от 1 до 4-х часов. Нитроцементацию проводили в закрытых контейнерах (стальных стаканах) с нагревом в каменной печи. Перед нитроцементацией образцы по наплавленным поверхностям покрывают нитроцементующей пастой (слоем 5 мм) и высушивали. Затем их укладывали в контейнер и засыпали нейтральным наполнителем (порошковой смесью сажи и углекислым калием), закрывали крышкой и герметизировали песочным затвором. Отсчёт времени нитроцементации начинали после прогрева контейнера, помещённого в печь. По окончании нитроцементации образцы охлаждали в воде (высыпали содержимое контейнера в ёмкость с водой).

При оценке износостойкости наплавленных слоёв, упрочнённых нитроцементацией, была принята методика, которая в наибольшей степени воспроизводит условия трения и нагрузки, характерные для большинства числа подвижных соединений в современных машинах, в частности шлицевых соединений в карданных валах. Детали таких соединений, как правило, работают в условиях недостаточной смазки с твёрдыми абразивными частицами в зоне трения, которые попадают туда в процессе эксплуатации из-за несовершенства защитных устройств или из-за отсутствия таковых [6, 7].

Износ нитроцементованных покрытий, наплавленных проволоками Св-08 и Св-18ХГС, определяли на машине трения СМЦ-2 по схеме «ролик-колодка». Колодки (контртела) изготавливали из стали 30ХГСА и закаляли до твёрдости HRC 50...52. Каждая пара трения (ролик и колодка) прирабатывались в течение 30 мин с порошком электрокорунда М14, после чего тщательно промывались в ацетоне.

Испытания образцов проводили по двум вариантам: при подаче в зону трения чистой смазки И-14 («Веретённое № 2 ГОСТ 20799») и при подаче в зону трения той же смазки, загрязнённой мелкими абразивными частицами. В обоих случаях частота вращения ролика (образца) составляла 1000 об/мин, нагрузка на трущиеся поверхности – 2,5 МПа, длительность испытания принималась различной. Износ образцов определяли весовым методом с использованием аналитических весов ВЛА-2000М.

Результаты и обсуждения. Испытание нитроцементованных образцов с наплавками Св-08 и Св-18ХГС в условиях трения с граничной смазкой без абразива показало, что в этих условиях износ образцов обоих типов оказался весьма незначительным (табл. 1).

Таблица 1 – Износ нитроцементованных наплавленных покрытий Св-08 и Св-18ХГС при трении со смазкой без абразива

Тип наплавки	Время испытания, ч	Износ образцов, $\text{ч} \cdot 10^{-5}$				
		Температура нитроцементации, $^{\circ}\text{C}$				
		550	600	650	700	750
Св-08	2	18	15	20	26	38
	4	16	18	32	–	–
	6	20	20	35	–	–
Св-18ХГС	2	10	10	12	23	36
	4	12	12	14	–	–
	6	14	14	18	–	–

Как видно из результатов эксперимента максимальная интенсивность изнашивания у наплавов обоих типов наблюдается в начале испытаний. Так например, у образца с наплавкой Св-08, нитроцементованной при температуре 600°C , износ за первые два часа составил $15 \cdot 10^{-5}$ ч, а за последующие два часа он увеличился всего на $3 \cdot 10^{-5}$ ч (до $18 \cdot 10^{-5}$ ч за четыре часа испытания). Дальнейшее увеличение времени испытания приводит к таким же результатам – к весьма небольшому увеличению износа (до $20 \cdot 10^{-5}$ ч за шесть часов испытания). Очевидно, что максимальный износ в первые два часа испытаний обуславливается приработкой трущихся поверхностей образца и контртела.

По результатам эксперимента прослеживается некоторая тенденция к увеличению интенсивности износа наплавленных покрытий с повышением температуры их нитроцементации, причем это повышение имеет место как при испытании простого углеродистого покрытия (Св-08), так и при испытании легированного покрытия (Св-18ХГС). На рисунке 1 представлены зависимости износа наплавов от температуры нитроцементации.

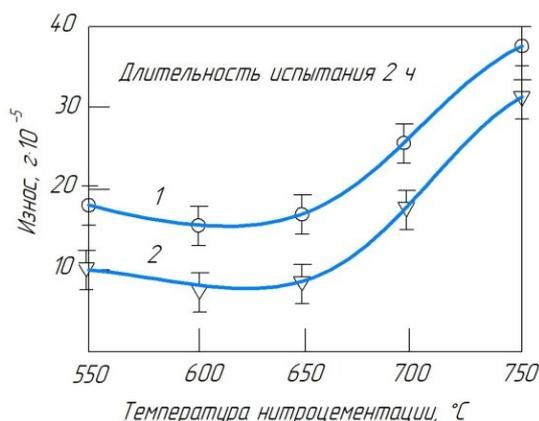


Рисунок 1 – Зависимости износа наплавленных покрытий от температуры нитроцементации: 1– наплавка Св-08; 2– наплавка Св-18ХГС

Испытания на изнашивание наплавленных нитроцементованных покрытий в условиях трения со смазкой, загрязнённой абразивом проводили по тем же режимам, что и в предыдущем эксперименте. Отличие заключалось в том, что индустриальное масло, используемое в качестве смазки, добавляли мелкий молотый песок (мартенсит с частицами крупностью до 15 мкм). На один литр индустриального масла добавляли 15 г порошка мартенсита и постоянно перемешивали до создания возможности однообразной суспензии. В таблице 2 приведены результаты испытаний нитроцементованных покрытий при трении в присутствии абразива.

Таблица 2 – Износ нитроцементованных наплавленных покрытий Св-08 и Св-18 ХГС при трении со смазкой, содержащей кварцевый абразив (время испытания 2 часа)

Тип наплавки	Время испытания, ч	Износ образцов, $\text{ч} \cdot 10^{-5}$				
		Температура нитроцементации, °С				
		550	600	650	700	750
Св-08	2	240	230	228	285	395
Св-18ХГС	2	197	180	175	242	355

Интенсивность изнашивания нитроцементованных наплавов в присутствии абразива, как показал эксперимент, примерно на порядок и выше интенсивности изнашивания без абразива.

Несколько пониженная износостойкость нитроцементованных наплавов Св-08 по сравнению с наплавками Св-18ХГС объясняется, по-видимому, тем, что в последнем случае на поверхности наплавов присутствуют легированные фазы, имеющие более высокую стойкость, чем нелегированные.

Влияние температуры нитроцементации на износ образцов, наплавленных проволоками Св-08 и Св-18ХГС, представлено на рисунке 2.

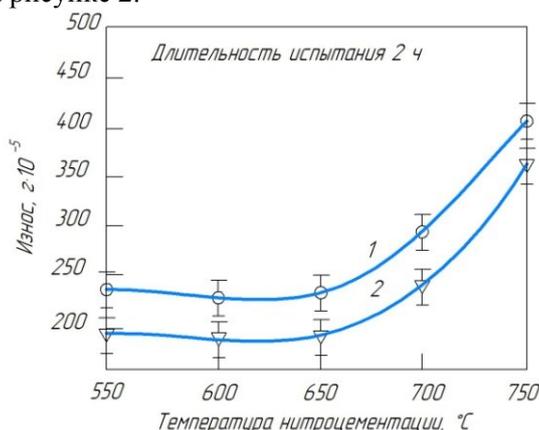
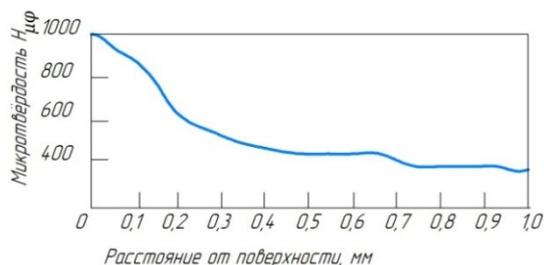
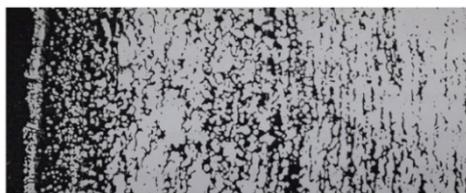


Рисунок 2 – Зависимости износа нитроцементованных наплавов при трении со смазкой, загрязненной абразивными частицами, от температуры нитроцементации:
1 – наплавка Св-08, 2 – наплавка Св-18ХГС

Высокую износостойкость наплавов, нитроцементованных при низких температурах, можно объяснить особенностями их микроструктуры (рис. 3).



а)



б)

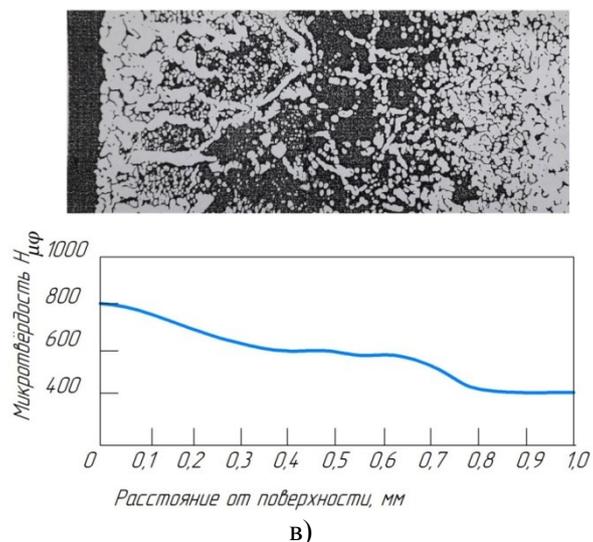


Рисунок 3 – Микроструктуры нитроцементованных слоёв на наплавленном покрытии Св-18ХГС и распределение микротвёрдости по сечению наплавок, нитроцементованных при различных температурах: а – 550°С; б – 650°С; в – 750°С

На поверхности наплавленного металла, нитроцементованного при температурах 550...580°С, когда в сталь диффундирует в основном азот, образуя сплошной слой гексагонального карбонитрида ϵ , изотопного с одноимённым нитридом [8]. Этот слой имеет очень высокую твёрдость, сравнимую с твёрдостью кварцевых абразивных частиц, и к тому же обладает низким коэффициентом трения (рис. 3а). Названные свойства карбонитрида ϵ обуславливают высокую износостойкость нитроцементованного покрытия как при испытании без абразива, так и с абразивом, что и показали упомянутые выше эксперименты (рис. 1 и 2).

Однако толщина корки карбонитрида ϵ , получающаяся при низкотемпературной нитроцементации, весьма невелика, под ней находится более обширная область азотистого α – твёрдого раствора, твёрдость которого гораздо ниже. Положительная роль азотистого твёрдорастворного слоя под коркой карбонитрида сводится к тому, что он служит твёрдой основой, подпирющей карбонитриды и препятствующей растрескиванию твёрдой корки под нагрузкой.

При температурах нитроцементации выше 600°С, когда в металл наряду с азотом начинает поступать углерод, на поверхности наплавок образуются более глубокие карбонитридные слои, состоящие из двух зон (рис. 3, б). На самой поверхности присутствует зона карбонитрида, изоморфного с цементитом, под ней – зона карбонитрида ϵ [9, 10].

Карбонитрид цементитного типа имеет несколько меньшую твёрдость, чем карбонитрид ϵ , однако она достаточно высока (больше 8000 МПа) для обеспечения стойкости к воздействию абразива. Толщина карбонитридных слоёв получаемых в результате нитроцементации наплавок при температурах 600...650°С, достаточно велика, что обеспечивает им наивысшую износостойкость.

Наконец, нитроцементация при повышенных температурах (700...750°С), когда в металл поступает в основном углерод, приводит к формированию диффузионных слоёв без карбонитридных корок на поверхности. Карбонитриды цементитного типа присутствуют в структуре нитроцементованных наплавок в виде отдельных включений и сетки по границам зёрен (рис. 3, в). Интегральная твёрдость (карбонитриды + твёрдорастворная матрица) таких структур ниже твёрдости карбонитридных корок, поэтому их износостойкость ниже.

Эксперименты показывают, что износостойкость нитроцементованных наплавок при испытании на трение в присутствии абразива, значительно снижается с увеличением времени испытания. Время, по истечении которого наступает снижение износостойкости, зависит от толщины карбонитридных зон на поверхности нитроцементованных наплавок. После того, как изнашивается верхний слой с твёрдыми карбонитридами, абразивные частицы начинают контактировать с зоной твёрдого раствора, твёрдость которого меньше твёрдости абразива, поэтому интенсивность изнашивания покрытия значительно увеличивается. Таким образом, для увеличения ресурса восстановленных деталей, работающих в условиях абразивного изнашивания (например, карданных валов с открытыми шлицевыми соединениями) необходимо увеличивать длительность их нитроцементации после восстановления наплавкой.

Заключение. Проведённые исследования показали, что нитроцементация деталей, восстановленных наплавкой, позволяет значительно повысить их износостойкость, как в условиях граничного

трения, так и в условиях трения в присутствии абразива. Использование нитроцементации в высокоактивной пасте на основе сажи с азотистыми добавками, которая может быть легко внедрена в ремонтное производство, позволит значительно увеличить послеремонтный ресурс восстановленных деталей и решить проблему дефицита запчастей и импортозамещения.

Список источников

1. О получении на поверхности нержавеющей стали 20Х13 модифицированных слоёв, насыщенных твёрдыми фазами, путём высокотемпературной нитроцементации в активной среде / Д.В. Колмыков, Ю.С. Воробьёв, В.И. Колмыков, Е.В. Трусова // Известия Юго-Западного государственного университета. Сер. Техника и технологии. 2024. Т. 14, № 1. С. 30-45.
2. Наплавка штамповых инструментов с последующей нитроцементацией для их эффективной реставрации / Н.А. Костин, В.И. Колмыков, Е.В. Трусова, Н.Н. Костин // Руда и металлы. 2022. № 2. С. 56–61.
3. Металловедение. Т. 1. Основы металловедения / под ред. В.С. Золоторевского. М.: МИСиС, 2014. 496 с.
4. Металловедение. Т. 2. Термическая обработка. Сплавы / под ред. В.С. Золоторевского. М.: МИСиС, 2014. 528 с.
5. Steel and its heat treatment / ed. by T. Holm, P. Olsson, E. Troell. Molndal: Swerea IVF, 2012. 712 p.
6. Steel Heat Treatment Handbook / ed. by G.E. Totten, M.A.H. Howes. USA: CRC Press, 2006. P. 56-78.
7. Abdul Kareem F. Hassan, Qahtan Adnan Jawad. Estimation of austenitizing and multiple tempering temperatures from the mechanical properties of AISI 410 using artificial neural network [Electronic mode] // International Journal of Engineering & Technology. 2018. № 7 (4.19). P. 778-787. - Access mode: <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.19.27997>.
8. Кукареко В.А., Кушнеров А.В. Влияние предварительной термической обработки на износостойкость стали 40Х13, модифицированной ионами азота [Электронный режим] // Упрочняющие технологии и покрытия. 2022. № 18 (2). С. 61-65. - Режим доступа: <https://doi.org/10.36652/1813-1336-2022-18-2-61-65>.
9. Азотирование стали 40х13 в индуктивно-связанной плазме: влияние потенциала смещения образца [Электронный режим] / Д.В. Сиделев, Е.Д. Воронина, О.И. Кожина и др. // Прикладная физика. 2022. № 2. С. 16-23. - Режим доступа: <https://doi.org/10.51368/1996-0948-2022-2-16-23>.
10. Improvement in mechanical properties of 13Cr martensitic stainless steels using modified heat treatments / S. Kulkarni, P. Srinivas, P.K. Biswal et al. // Proceedings of the 28th ASM Heat Treating Society Conference. Detroit, 2015. P. 335-341.

Информация об авторах:

А.А. Сафонов - младший научный сотрудник кафедры электротехники и электроэнергетики, ФГБОУ ВО Курский ГАУ.

Е.В. Трусова - кандидат технических наук, доцент кафедры общетехнических дисциплин и безопасности жизнедеятельности, ФГБОУ ВО «Курский государственный университет».

Information about the authors:

A.A. Safonov - Junior Researcher at the Department of Electrical Engineering and Electric Power Engineering, Kursk State Agricultural Academy named after I. I. Ivanov.

E.V. Trusova - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of General Technical Disciplines and Life Safety, Kursk State University

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 04.12.2024, одобрена после рецензирования 27.01.2025, принята к публикации 29.01.2025.

The article was submitted 04.12.2024, approved after reviewing 27.01.2025, accepted for publication 29.01.2025.

© Сафонов А.А., Трусова Е.В.

Научная статья
УДК 631.365.2

К ОБОСНОВАНИЮ КОНСТРУКЦИИ ПРИЕМНОГО УСТРОЙСТВА ПНЕВМОТРАНСПОРТЕРА СУШИЛКИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО НАГРЕВА

Алексей Иванович Купреенко, Хафиз Мубариз-оглы Исаев, Андрей Григорьевич Ялоза,
Олег Алексеевич Купреенко

ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Для улучшения условий истечения зерна из выпускного устройства и его дальнейшей транспортировки было предложено усовершенствовать приемное устройство пневмотранспортера сушилки аэродинамического нагрева путем установки под выпуском выгрузного устройства пассивного вибратора в виде горизонтально расположенной подпружиненной пластины, делящей поперечное сечение материалопровода пополам. Целью исследования являлось установление влияния пассивного вибратора на производительность пневмотранспортера и массовую концентрацию транспортируемой смеси при различных сечениях материалопровода. Результаты исследования показали, что установка пассивного вибратора в материалопроводе круглого сечения диаметром 110 мм дает рост производительности пневмотранспортера до 42 %, массовой концентрации смеси - до 37 %. При установке пассивного вибратора в материалопроводе прямоугольного сечения размером 108x50 мм обеспечивается рост производительности пневмотранспортера до 17 %, за исключением максимального зазора в выпуске, снижение массовой концентрации смеси до 22 %. Таким образом, установка пассивного вибратора в приемном устройстве пневмотранспортера дает однозначно положительный эффект для материалопровода круглого сечения диаметром 110 мм. Для прямоугольного сечения размером 108x50 мм необходимо уменьшить высоту выпуска, чтобы улучшить характеристики работы пневмотранспортера.

Ключевые слова: пневмотранспортер зерна, производительность пневмотранспортера, массовая концентрация смеси, сушилка аэродинамического нагрева.

Для цитирования: К обоснованию конструкции приемного устройства пневмотранспортера сушилки аэродинамического нагрева / А.И. Купреенко, Х.М. Исаев, А.Г. Ялоза, О.А. Купреенко // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 1 (107). С. 58-61.

Original article

TO SUBSTANTIATION OF THE DESIGN OF THE PNEUMATIC CONVEYOR RECEIVER OF AN AERODYNAMIC HEATING DRYER

Alexei I. Kupreenko, Khafiz M. Isaev, Andrei G. Yaloza, Oleg A. Kupreenko

Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. To improve the conditions of grain flow from the exhaust device and its further transportation, it was proposed to improve the receiving device of the pneumatic conveyor of the aerodynamic heating dryer by installing a passive vibrator under the outlet of unloading device in the form of a horizontally positioned spring-loaded plate dividing the cross section of the material pipeline in half. The aim of the research was to establish the effect of a passive vibrator on the performance of the pneumatic conveyor and the mass concentration of the transported mixture at different sections of the material pipeline. The results of the research showed that the installation of the passive vibrator in a circular material pipeline with a diameter of 110 mm increases the performance of the pneumatic conveyor by up to 42%, and the mass concentration of the mixture by up to 37%. When installing the passive vibrator in the rectangular material pipeline with a size of 108x50 mm, the performance of the pneumatic conveyor increases to 17%, with the exception of the maximum clearance in the outlet, and the mass concentration of the mixture decreases to 22%. Thus, the installation of the passive vibrator in the receiving device of the pneumatic conveyor gives definitely positive effect for a circular material pipeline with a diameter of 110 mm. For a rectangular section with a size of 108x50 mm, it is necessary to reduce the outlet height in order to improve the performance of the pneumatic conveyor.

Key words: pneumatic grain conveyor, pneumatic conveyor performance, mass concentration of the mixture, aerodynamic heating dryer.

For citation: To substantiation of the design of the pneumatic conveyor receiver of an aerodynamic heating dryer / A.I. Kupreenko, Kh.M. Isaev, A.G. Yaloza, O.A. Kupreenko // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2025. 1 (107): 58-61.

Введение. Предложенная схема модульной сушилки аэродинамического нагрева, имеющей камеру для сушки плодово-ягодного сырья и дополнительный модуль в виде сушильной шахты для зерна, в ходе испытаний в Брянском ГАУ показала свою работоспособность [1-4].

В качестве выгрузного устройства дополнительного модуля используется бесприводная

конструкция в комбинации с пневмотранспортером, работающим за счет отбора части сушильного агента из рабочей камеры ротора-нагревателя [5-7].

Были исследованы три варианта сечения материалопровода пневмотранспортера [8]. Установлено, что максимальную производительность и массовую концентрацию смеси обеспечивает трубопровод прямоугольного сечения с дополнительной вставкой. Однако исследования показали не стабильность истечения материала из выпускного устройства сушильной шахты; при большой подаче зерна, особенно при скорости воздушного потока в пределах 13...14 м/с, во всех вариантах часто наблюдалось забивание материалопровода.

Одной из причин наблюдаемых явлений, как показала замедленная видеосъемка, является особенность аэродинамики в зоне выпускного устройства. Для улучшения условий истечения зерна из выпускного устройства и его дальнейшей транспортировки было предложено усовершенствовать приемное устройство пневмотранспортера путем установки под выпуском выгрузного устройства пассивного вибратора в виде горизонтально расположенной подпружиненной пластины, делящей поперечное сечение материалопровода пополам (рис. 1).

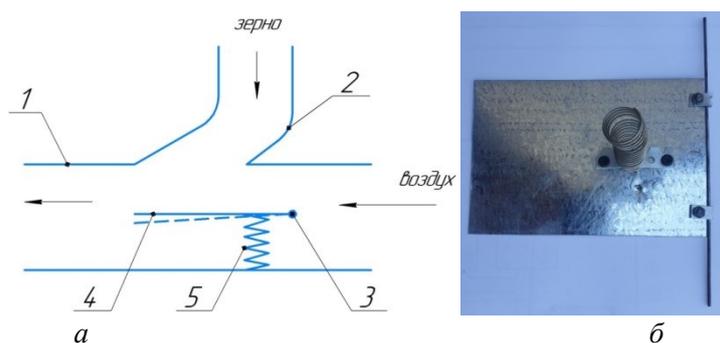


Рисунок 1 – Пассивный вибратор (а – схема установки; б – экспериментальный вибратор):

1 – материалопровод; 2 – выпуск; 3 – ось крепления вибратора; 4 – пластина вибратора; 5 – пружина

Целью исследования является установление влияния пассивного вибратора на производительность пневмотранспортера при различных сечениях материалопровода.

Материалы и методы. Исследования проводились на установленном отдельно от сушильной шахты выгрузном устройстве (рис. 2) для двух вариантов сечения трубопровода без вибратора и с вибратором (рис. 3).



Рисунок 2 – Общий вид экспериментальной установки



Рисунок 3 – Материалопровод пневмотранспортера с пассивным вибратором: а - прямоугольного сечения 108x50 мм; б – круглого сечения диаметром 110 мм

Испытание пневмотранспортера производили для четырех сечений выпускного отверстия бесприводного выгрузного устройства сушильной шахты. Проходное сечение выпускного отверстия формировалось открытием двух оппозитных заслонок соответственно до зазора в выпуске 18, 28, 38, 48 мм. Для определения производительности в процессе испытаний с помощью фильтровального мешка производился сбор транспортируемого зерна за фиксированное время опыта. Каждый опыт проводился в трех повторностях. Также прибором МЭС-200 измерялась скорость воздушного потока в материалопроводе пневмотранспортера.

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты эксперимента по определению производительности пневмотранспортера и массовой концентрации смеси при различной величине зазора в выпуске с использованием пассивного вибратора и без него представлены в табл.

Анализ данных таблицы показывает, что установка пассивного вибратора для обоих сечений материалопровода повышает производительность пневмотранспортера. Для круглого сечения рост производительности составляет от 17 до 42 %. Также на 15...37 % повышается значение массовой концентрации смеси.

Таблица 1 – Производительность пневмотранспортера Q и массовая концентрация смеси μ

Величина зазора выпуска, мм	Прямоугольное сечение 108x50 мм				Круглое сечение диаметром 110 мм			
	без вибратора		с вибратором		без вибратора		с вибратором	
	Q , кг/ч	μ , кг/кг	Q , кг/ч	μ , кг/кг	Q , кг/ч	μ , кг/кг	Q , кг/ч	μ , кг/кг
18	72,0	0,13	84,5	0,13	86,6	0,13	123,1	0,15
28	213,6	0,40	247,9	0,39	198,7	0,32	281,2	0,44
38	303,1	0,56	319,4	0,51	273,1	0,43	365,7	0,58
48	416,4	0,77	396,2	0,63	338,6	0,54	397,7	0,63

Для прямоугольного сечения за исключением максимального зазора выпуска рост производительности составил 5...17 %. При максимальном зазоре с вибратором производительность на 5 % ниже. Значение массовой концентрации смеси при использовании вибратора на 5...22 % ниже.

Снижение массовой концентрации смеси при использовании вибратора на прямоугольном сечении связано с большей скоростью воздушного потока в материалопроводе из-за того, что местное сопротивление в зоне выпуска оказывает влияние не на весь поток воздуха, а только на ту часть, которая движется над вибратором. Воздушный поток, движущийся под вибратором, сохраняет исходную скорость и в результате суммарная средняя скорость потока оказывается выше.

Для круглого сечения, имеющего на 60 % большую площадь, данный фактор оказывает меньшее влияние, поэтому снижения массовой концентрации смеси не происходит.

Рост производительности при использовании пассивного вибратора связан с больше начальной скоростью движения зерна, которое после схода с вибратора попадает в воздушный поток, движущийся с исходной скоростью. Поэтому на дно материалопровода зерно падает уже с большей составляющей поступательной скорости.

Без использования вибратора зерно вначале падает на дно материалопровода, и только потом начинает разгоняться, испытывая трение о его стенки.

Некоторое уменьшение производительности на максимальном сечении выпуска при использовании вибратора в прямоугольном материалопроводе связано с большим значением статического давления воздушного потока под выпуском, затрудняющим истечение зерна. Для устранения этого негативного момента необходимо уменьшить высоту выпуска, максимально приблизив зерновые заслонки к верхней стенке материалопровода пневмотранспортера.

Выводы. Результаты исследования показали, что установка пассивного вибратора в материалопроводе круглого сечения диаметром 110 мм дает рост производительности пневмотранспортера до 42 %, массовой концентрации смеси - до 37 %.

При установке пассивного вибратора в материалопроводе прямоугольного сечения размером 108x50 мм обеспечивается рост производительности пневмотранспортера до 17 %, за исключением максимального зазора в выпуске, снижение массовой концентрации смеси до 22 %.

Таким образом, установка пассивного вибратора в приемном устройстве пневмотранспортера дает однозначно положительный эффект для материалопровода круглого сечения диаметром 110 мм. Для прямоугольного сечения размером 108x50 мм необходимо уменьшить высоту выпуска, чтобы улучшить характеристики работы пневмотранспортера.

Список источников

1. Сушилка аэродинамического нагрева модульного типа / А.И. Купреенко, Х.М. Исаев, С.М. Михайличенко и др. // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2022. № 1 (21). С. 218-222.

2. К определению скорости истечения зерна из сушильной шахты в пневмотранспортер сушилки / А.И. Купреенко, Х.М.О. Исаев, А.Г. Ялоза, О.А. Купреенко // Современные тенденции развития аграрной науки: сб. науч. тр. II междунар. науч.-практ. конф. Брянск, 2023. С. 203-208.

3. Сравнительная эффективность использования модульной сушилки аэродинамического нагрева / В.Н. Ожерельев, А.И. Купреенко, Х.М.О. Исаев, О.А. Купреенко // Современные тенденции развития аграрной науки: сб. науч. тр. II междунар. науч.-практ. конф. Брянск, 2023. С. 199-203.

4. Моделирование движения зерна в пневмотранспортёре зерносушилки аэродинамического нагрева / А.И. Купреенко, Т.В. Панова, М.В. Панов и др. // Современные тенденции развития аграрной науки: сб. науч. тр. II междунар. науч.-практ. конф. Брянск, 2023. С. 208-214.

5. Сушилка: пат. 192350 Рос. Федерация / Купреенко А.И., Исаев Х.М., Исаев С.Х.; заявка № 2019103013; заявл. 04.02.19; опубл. 13.09.19, Бюл. № 26.

6. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Исаев С.Х. Снижение энергоёмкости сушилки аэродинамического нагрева // Тракторы и сельхозмашины. 2021. № 1. С. 81-88.

7. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Исаев С.Х. Результаты испытания сушилки аэродинамического подогрева с комбинированным теплообменником // Инновации и технологический прорыв в АПК: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. Ч. 2. Брянск, 2020. С. 211-214.

8. Сравнительные испытания пневмотранспортера сушилки аэродинамического нагрева / А.И. Купреенко, Х.М. Исаев, С.Х. Исаев и др. // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2024. № 1 (23). С. 35-41.

Информация об авторах:

А.И. Купреенко – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологического оборудования животноводства и перерабатывающих производств ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, kupreenkoai@mail.ru.

Х.М. Исаев – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой технологического оборудования животноводства и перерабатывающих производств ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, haf-is@mail.ru.

А.Г. Ялоза – соискатель кафедры технологического оборудования животноводства и перерабатывающих производств ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, yalozaag@mail.ru.

О.А. Купреенко – аспирант кафедры технических систем в агробизнесе, природообустройстве и дорожном строительстве ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, 89996212885@mail.ru.

Information about the authors:

A.I. Kuprenko - Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of technological equipment of animal husbandry and processing industries, Bryansk State Agrarian University, kupreenkoai@mail.ru.

Kh.M. Isaev - Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Technological Equipment Animal Husbandry and Processing Industries of the Bryansk State Agrarian University, haf-is@mail.ru

A.G. Yaloza – Candidate of the Department of Technological Equipment Animal Husbandry and Processing Industries of the Bryansk State Agrarian University, yalozaag@mail.ru.

O.A. Kuprenko - Postgraduate Student of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Environmental Management and Road Construction of the Bryansk State Agrarian University, 89996212885@mail.ru.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 18.11.2024, одобрена после рецензирования 27.01.2025, принята к публикации 29.01.2025.

The article was submitted 18.11.2024, approved after reviewing 27.01.2025, accepted for publication 29.01.2025.

© Купреенко А.И., Исаев Х.М., Ялоза А.Г. Купреенко О.А.

Научная статья
УДК 631.158:658.345

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОРОГА СРАБАТЫВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ

Валерий Александрович Безик, Антон Михайлович Никитин
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. В настоящее время широко применяются устройства защитного отключения, которые защищают от поражения электрическим током при прикосновении человека или животных к устройствам, находящимся под напряжением, а так же данное устройство позволяет выявлять токи утечки и несимметрию напряжения питания. Схожими по защитным свойствам являются устройства, предназначенные для защиты электрических сетей от неполнофазных режимов работы, поэтому нами предлагается объединить два устройства в одно более совершенное комбинированное устройство с улучшенными характеристиками. Исследование комбинированного устройства защиты от опасных и вредных факторов вызванных токами утечки и несимметрией электрической сети, а так же определение времени срабатывания (быстродействия) комбинированного устройства защиты в зависимости от режима работы электрической сети, является целью исследований. Эксперимент производили по следующему сценарию: снижали напряжение на одной из фаз, при этом производили замеры напряжения при котором срабатывает комбинированное устройство защиты, кроме того изменяли значения тока утечки в экспериментальной сети и так же производили замеры напряжения при котором срабатывает комбинированное устройство защиты. План проведения эксперимента предполагал снижение напряжения в одной из фаз и измерение напряжения срабатывания, а также изменение величины утечки по току и одновременное измерение напряжения срабатывания. В результате проведенных лабораторных испытаний комбинированного устройства защиты электроустановок было установлено, что разброс напряжения срабатывания изменяется в незначительных пределах при изменении тока утечки.

Ключевые слова: устройство защитного отключения, неполнофазный режим, ток утечки, напряжение срабатывания, несимметрия напряжения, комбинированное устройство защиты, разброс напряжения, время срабатывания, защиты электрических сетей.

Для цитирования: Безик В.А., Никитин А.Н. Результаты экспериментальных исследований порога срабатывания комбинированного устройства защиты // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 1 (107). С. 62-67.

Original article

THE RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCHES OF THE ACTUATION THRESHOLD OF THE COMBINED PROTECTION DEVICE

Valery A. Bezik, Anton M. Nikitin
Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. Currently, protective shutdown devices are widely used, which protects against electric shock when a person or animals touch devices that are under voltage, as well as this device allows you to detect leakage currents and power supply voltage asymmetry. The devices designed to protect electrical networks from non-phase operation modes are similar in protective properties, therefore we propose to combine two devices into one more advanced combined device with improved characteristics. The purpose of the research is to investigate the combined protection device against dangerous and harmful factors caused by leakage currents and asymmetry of the electrical network, as well as the determination of the response time (speed) of the combined protection device depending on the operating mode of the electrical network. The experiment was performed according to the following scenario: the voltage at one of the phases was reduced, while measurements were made of the voltage at which the combined protection device was activated, in addition, the values of the leakage current in the experimental network were changed and the voltage, at which the combined protection device was activated, was also measured. The plan of the experiment involved reducing the voltage in one of the phases and measuring the actuation voltage, as well as changing the amount of current leakage and simultaneously measuring the actuation voltage. As a result of laboratory tests of the combined protection device for electrical installations, it was found that variation of the actuation voltage varies slightly with a change in the leakage current.

Key word: protective shutdown device, incomplete phase mode, leakage current, actuation voltage, voltage asymmetry, combined protection device, voltage spread, actuation time, protection of electrical networks.

For citation: Bezik V.A., Nikitin A.M. The results of experimental researches of the actuation threshold of the combined protection device // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2025. 1 (107): 62-67.

Введение. Применение устройств защитного отключения, которые защищают при прикосновении человека к устройствам находящимся под напряжением от поражения электрическим током, позволяет выявлять токи утечки и несимметрию напряжения питания, в настоящее время широко распростра-

нены и повсеместно используются для систем защиты электрических сетей. Количество аварийных режимов в системах электроснабжения высоко, среди них большую долю составляют аварийные режимы, вызванные несимметрией напряжения питающей сети. Данный аварийный режим негативно влияет не только на один вид электроприемников, а оказывает пагубное влияние на всю энергосистему в целом, что ведет в свою очередь к снижению надежности энергетической системы и качества электроэнергии, потерям, как экономическим, так и энергетическим и быстрому выходу из строя электрооборудования. Для повышения надежности системы электроснабжения, снижения потерь электроэнергии и защиты электрооборудования нами предлагается объединить устройства защитного отключения и устройство защиты от неполнофазных режимов работы электрической сети. Учитывая их схожие свойства по принципу защиты электрической цепи, в одно комбинированное устройство защиты с улучшенными параметрами защиты энергетической системы от несимметричных режимов и токов утечки.

Цель исследования: экспериментальное исследование порога срабатывания комбинированного устройства защиты от несимметричных режимов и токов утечки.

Методика исследований. Предлагаемое комбинированное устройство защиты представлено на рисунке 1а (внешний вид), электрическая схема комбинированного устройства представлена на рисунке 1б. Комбинированное устройство защиты включает в себя непосредственно устройство защитного отключения (УЗО), конденсаторы C1, C2 и C3, токоограничительный резистор R1 и стабилизаторы V1 и V2.

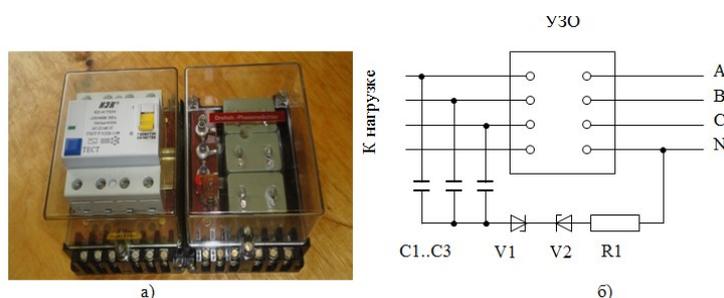


Рисунок 1 - Внешний вид (а) и электрическая схема (б) комбинированного устройства защиты

Предлагаемое комбинированное устройство защиты, включающее в себя по сути два защитных аппарата, одновременно позволяет защищать электрическую сеть от несимметричных режимов и токов утечки.

При исследовании предлагаемого комбинированного устройства защиты (А1) был добавлен автотрансформатор (Т1) с помощью которого менялась величина подаваемого напряжения на комбинированное устройство защиты. В качестве нагрузки использовался реостат (R1) с возможностью ступенчатого изменения нагрузки, а так же токоограничивающие резистор (R2) и реостат (R3) предназначенный для создания токов утечки. Измерения тока нагрузки и тока утечки производились с помощью двух амперметров (РА1, РА2), с помощью вольтметра (PV1) измеряли изменения напряжения на комбинированном устройстве защиты.

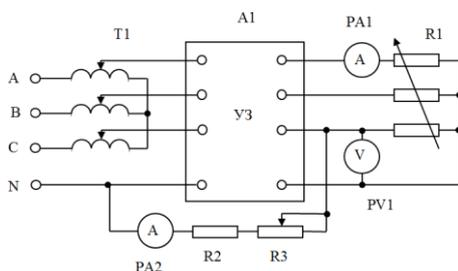


Рисунок 2 - Схема лабораторной установки

Эксперимент разделили на три этапа: первый этап заключался в изменении напряжения одной из фаз с помощью автотрансформатора Т1 (снижение величины напряжения), для измерения напряжения срабатывания U_{cp} комбинированного устройства защиты А1 в фазе с пониженным напряжением (для остальных фаз так же менялись уровни напряжения и производились соответствующие измерения); второй этап заключался в ступенчатом изменении токов утечки с помощью регулировочного реостата с шагом 2,5 мА в диапазоне от 2,5 до 27,5 мА, в каждой из фаз. Кроме замеров тока на этом этапе, производились замеры напряжения в каждой фазе и измерялась величина среднего значения напряжения U_{cp} ; третий этап эксперимента заключался в имитации утечки тока сразу из двух фаз с шагом величины утечки 5 мА в диапазоне от 5 до 25 мА.

Результаты измерения и их обсуждение. Результаты проведенных испытаний приведены ниже в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Результаты измерений порога срабатывания при изменении напряжения в одной фазе

№ эксперимента	Ток утечки в фазе, I , мА	Напряжение в фазе, U , В	Напряжение срабатывания U_1 , В
1	0	150	86
2	2,5	150	87
3	5	150	86,7
4	7,5	150	85,8
5	10	150	85,5
6	12,5	150	84,7
7	15	150	84,1
8	17,5	150	84,1
9	20	150	83,9
10	22,5	150	83,6
11	25	150	83,4
12	27,5	150	83,1
13	30	150	83,0

Обозначим величины: $U(B)$, $U_1(B)$, $I(mA)$ через Y , Y_1 , и X .

$$I=X; U=Y; U_1=Y_1,$$

$$X = \frac{I(mA)}{1(mA)}, \quad Y = \frac{U}{1(B)}, \quad Y_1 = \frac{U_1}{1(B)}; \quad (1)$$

Таблица 2 - Результаты измерений порога срабатывания при изменении напряжения в двух фазах

№ эксперимента	Напряжение в фазах А, В, U , В	Ток утечки в фазах, I , мА	Напряжение срабатывания U_1 , В
1	145	10	87,0
2	145	15	86,8
3	145	20	86,7
4	145	25	86,1
5	145	30	85,9
6	140	10	85,8
7	140	15	85,4
8	140	20	85,0
9	140	25	84,8
10	140	30	84,4
11	135	10	83,8
12	135	15	83,2
13	135	20	82,7
14	135	25	82,6
15	135	30	82,0
16	130	10	81,9
17	130	15	81,8
18	130	20	81,6
19	130	25	81,5
20	130	30	81,3

Таблица 3 - Обобщенные экспериментальные данные

№ эксперимента	Y	X	Y ₁
	Ток утечки в одной фазе		
1	150	0	86
2	150	2,5	87
3	150	5	86,7
4	150	7,5	85,8
5	150	10	85,5
6	150	12,5	84,7
7	150	15	84,1
8	150	17,5	84,1
9	150	20	83,9
10	150	22,5	83,6
11	150	25	83,4

Продолжение таблицы 3

№ эксперимента	У	Х	У1
Ток утечки в одной фазе			
12	150	27,5	83,1
13	150	30	83,0
Ток утечки в двух фазах			
14	145	10	87,0
15	145	15	86,8
16	145	20	86,7
17	145	25	86,1
18	145	30	85,9
19	140	10	85,8
20	140	15	85,4
21	140	20	85,0
22	140	25	84,8
23	140	30	84,4
24	135	10	83,8
25	135	15	83,2
26	135	20	82,7
27	135	25	82,6
28	135	30	82,0
29	130	10	81,9
30	130	15	81,8
31	130	20	81,6
32	130	25	81,5
33	130	30	81,3

Зададимся доверительной надежностью эксперимента для корректного предоставления результатов полученных измерений в результате испытаний комбинированного устройства защиты от несимметричных режимов и токов утечки в электрической сети.

Принимаем величину доверительной вероятности α равной 0,95, зная её значение, определим границы доверительного интервала по следующей формуле:

$$P\left(\bar{x} - \frac{t_{\gamma} S}{\sqrt{n}}\right) < \alpha < \bar{x} + \frac{t_{\gamma} S}{\sqrt{n}} = \gamma = 2 \int_0^{t_{\gamma}} S(t, n) dt \quad (2)$$

где $S(t; n)$ - плотность распределения Стьюдента;

n - объём выборки;

$k=n-1$ - число степеней свободы;

$T = \frac{\bar{x} - \alpha}{S / \sqrt{n}}$ - случайная величина, имеющая распределение Стьюдента.

После произведенных расчетов получаем границы доверительного интервала α в пределах от 83,1 до 83,4, при этом напряжение срабатывания комбинированного устройства защиты было вычислено с помощью метода фазных координат и составляло 83,2 В.

Для дальнейшего исследования представим его в виде устройства без внутренней структуры имеющего только входные и выходные контакты. Процессы внутри комбинированного устройства защиты как происходили, так и будут происходить, но для наблюдателя они будут скрыты, причем основные величины на входных и выходных контактах можно измерять. Задача на данном этапе заключается в построении экспериментальной модели из множества измеренных величин на входных и выходных контактах комбинированного устройства защиты. Для построения экспериментальной модели воспользуемся регрессионным анализом, который заключается в определении наиболее важных факторов влияющих на зависимую переменную.

Анализируя данные полученные в результате эксперимента, предположим, что они изменяются согласно линейной гипотезе. Это означает что выход комбинированного устройства защиты Y_1 (величина напряжения срабатывания устройства) зависит от входа комбинированного устройства защиты X (величина тока утечки), тогда линейная гипотеза будет выглядеть следующим образом:

$$Y_1 = A_1 X + A_0, \quad (3)$$

где A_1, A_0 - подлежащие определению параметры регрессионного уравнения.

Согласно, полученных данных по регрессионному уравнению нами производилась оценка адекватности полученной регрессионной модели с помощью метода наименьших квадратов.

Искомая линия регрессии с помощью метода наименьших квадратов, в нашем случае представлена прямой линией, должна располагаться между экспериментальных точек, полученных в результате эксперимента так, чтобы сумма квадратов всех расстояний полученных точек от линии была минимальна. Данное условие можно выразить с помощью следующего соотношения:

$$b^2_1 + b^2_2 + b^2_3 + b^2_4 \rightarrow \min \tag{4}$$

Оценка адекватности производится по остаточному рассеиванию, то есть по остаточной сумме квадратов расстояний экспериментальных точек от линии регрессии.

С помощью программы Microsoft Excel можно рассчитать уравнение регрессии для многофакторного эксперимента в пределах от 1 до 36, по следующему выражению:

$$Y_I = A_0 + A_1X_1 + A_2X_2 + \dots, A_NX_N, \tag{5}$$

где N – количество факторов.

Применяя обобщенные экспериментальные данные из таблицы 3, в виде единого экспериментального массива, получим таблицу результатов регрессионного анализа.

Таблица 4 - Результаты регрессионного анализа

<i>Регрессионная статистика</i>							
Множественный R	0,886964						
R-квадрат	0,779065						
Нормированный R-квадрат	0,750199						
Стандартная ошибка	3,69362						
Наблюдения	19						
<i>Дисперсионный анализ</i>		<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>	
Регрессия		2	688,2112	344,1556	26,741	8,19E-06	
Остаток		16	206,7257	12,8141			
Итого		18	894,8368				

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	78,5311	109,2209	7,365796	1,88E-06	556,9931	1016,72	557,8931	1016,72
150	2,0350	0,290395	7,322006	2,05E-06	1,530606	2,7194	1,4406	2,7194
86,9	-12,5317	1,816875	-7,3409	1,95E-06	-16,1713	-8,8921	-16,1713	-8,8921

Полученное нами уравнение регрессии выглядит следующим образом:

$$X = 2,03Y - 12,5Y_1 + 786,3 \tag{6}$$

Уравнение регрессии с учетом принятых обозначений:

$$I = -2,02 U - 12,4U_1 + 78,5 \tag{7}$$

Заключение. В результате проведенных лабораторных испытаний комбинированного устройства защиты электроустановок было установлено, что разброс напряжения срабатывания изменяется в незначительных пределах при изменении тока утечки. Для повышения надежности системы электроснабжения, снижения потерь электроэнергии и защиты электрооборудования нами предлагается объединить устройства защитного отключения и устройство защиты от неполнофазных режимов работы электрической сети. Учитывая их схожие свойства по принципу защиты электрической цепи, в одно комбинированное устройство защиты с улучшенными параметрами защиты энергетической системы от несимметричных режимов и токов утечки.

Проведенные испытания комбинированного устройства защиты электрической цепи подтверждают вышесказанное и показывают следующие результаты экспериментальных исследований: разброс результатов измерений напряжения обратной последовательности находится в пределах от 87 до 81,4 В, при изменении тока утечки в пределах 2,5 - 27,5 мА; полученный коэффициент корреляции при однофазной утечке тока равен 0,99 и 0,886 при двухфазной утечке тока из сети, коэффициент детерминации равен 0,981 и 0,779 соответственно; при однофазной утечке и при двухфазной утечке тока из сети зафиксирован весьма значимый коэффициент регрессии, что в свою очередь говорит о точ-

ности полученных данных. Испытания комбинированного устройства защиты электроустановок показали его эффективность при возникновении аварийных режимов в электрических сетях, что позволяет повысить безопасность и надежность энергосистемы в целом.

Список источников

1. Возможности и приоритеты развития агропромышленного комплекса Брянской области / С.М. Сычёв, А.О. Храмченкова, А.А. Кузьмицкая и др. // Аграрная наука. 2022. № 9. С. 84-91.
2. Ториков В.Е., Подобай Н.В. Анализ и перспективы развития экономики Брянской области // Агроконсультант. 2017. № 4. С. 45-48.
3. Дьяченко О.В., Бельченко С.А., Белоус И.Н. Материально-техническая база сельского хозяйства - основа развития аграрного сектора России (на примере Брянской области) // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2016. № 6. С. 27-31.
4. Арсланов Н.А., Орлов А.В. УЗО: виды и сферы применения // Наука через призму времени. 2020. № 12 (45). С. 43-44.
5. Помогаев Ю.М., Лакомов И.В. Классификация и характеристики устройств защитного отключения (УЗО) // Теория и практика инновационных технологий в АПК: материалы нац. науч.-практ. конф., Воронеж, 29–30 апреля 2021 года. Ч. I. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2021. С. 92-102.
6. Зацаринная И.А., Ранних А.П., Фоменков Д.В. Анализ эффективности функционирования УЗО // Приднепровский научный вестник. 2024. Т. 4, № 3. С. 143-146.
7. Волкова У.С., Рязанов Д.Ю., Яхутль Б.Р. Надежность срабатывания УЗО // Внедрение передового опыта и практическое применение результатов инновационных исследований: сб. ст. междунар. науч.-практ. конф., Иркутск, 20 мая 2022 года. Ч. 1. Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна", 2022. С. 13-16.
8. Зацаринная И.А., Мищенко В.Р. Критерии оценки работоспособности УЗО // Становление и развитие новой парадигмы инновационной науки в условиях современного общества: сб. ст. междунар. науч.-практ. конф., Самара, 25 февраля 2023 года. Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна", 2023. С. 14-16.
9. Ключев Р.В., Соколов А.А., Силаев В.И. Разработка устройства для защиты трехфазных агрегатов от неполнофазных режимов работы // Современные научно-технические и социально-гуманитарные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. докладов II Всерос. науч.-практ. конф., Владикавказ, 12–14 мая 2020 года. Ч. II. Владикавказ: Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), 2021. С. 136-138.
10. Устройство для защиты трехфазной электроустановки от неполнофазного режима: пат. 2785005 Рос. Федерация: С1, МПК Н02Н 7/09 / Карандаев А.С., Сарлыбаев А.А., Любимов И.В. и др.; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Южно-Уральский государственный университет. № 2022120727; заявл. 28.07.2022; опубл. 01.12.2022.

Информация об авторах:

В.А. Безик – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой автоматике, физики и математики, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

А.М. Никитин – кандидат технических наук, доцент, заведующий электроэнергетики и электротехнологий, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, a.m.nikitin32@mail.ru

Information about the authors:

V.A. Bezik – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Automation, Physics and Mathematics, Bryansk State Agrarian University.

A.M. Nikitin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of Electric Power Engineering and Electrical Engineering, Bryansk State Agrarian University, a.m.nikitin32@mail.ru.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 12.10.2024, одобрена после рецензирования 27.01.2025, принята к публикации 29.01.2025.

The article was submitted 12.10.2024, approved after reviewing 27.01.2025, accepted for publication 29.01.2025.

© Безик В.А., Никитин А.М.

Научная статья
УДК 614.84

УСТРОЙСТВО ЛОКАЛЬНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ ДЛЯ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ 10/0,4 КВ

Максим Владимирович Панов, Татьяна Васильевна Панова, Егор Федорович Степанченко
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. На сегодняшний день развитие энергетики и электрификации в значительной мере определяет уровень развития промышленности и народного хозяйства нашей страны. Ввод новых и модернизация действующих промышленных предприятий, дальнейшая электрификация производства, сельского и коммунально-бытового хозяйства приводит к непрерывному увеличению потребления электроэнергии и дальнейшему развитию распределительных электрических сетей. Основными звеньями электроэнергетики являются электростанции и трансформаторные подстанции. Данные объекты обеспечивают развитие промышленной и экономической сфер государства, социальное развитие и улучшение условий жизнеобеспечения людей. Ввиду практически завершённого строительства сельских электрических сетей, приоритетными задачами в настоящий момент являются гарантирование качества электроснабжения потребителей, обеспечения непрерывной и эффективной подачи электроэнергии, а также безопасная эксплуатация этих сетей. Следует отметить, что в любой, даже самой совершенной по техническому оснащению, электрической системе неизбежно возникают различные повреждения в процессе эксплуатации. Вероятность возникновения пожара на подстанции велика и возможные последствия возгорания могут стать трагичными. Пожар на электрической подстанции вызовет серьёзные проблемы с энергоснабжением потребителей, а также создаст угрозу для работающего там персонала, аварийных бригад и людей, оказавшихся поблизости. Поэтому, как и на любом объекте хозяйствования, необходима организация условий труда, включая разработку и внедрение норм пожарной безопасности. Причины аварийных ситуаций в электроустановках многообразны, однако наиболее частыми являются несвоевременное выявление и устранение дефектов оборудования, некачественный монтаж и недостаточный уровень эксплуатации. Помимо этого, аварии могут быть спровоцированы воздействием атмосферных явлений на электроустановки. В данной работе мы представим технические мероприятия, направленные на минимизацию материальных потерь, потерь сотрудников, осуществляющих эксплуатацию и обслуживание подстанции, а также сокращение негативного экологического воздействия на прилегающей к подстанции территории.

Ключевые слова: пожарная безопасность, пожар, трансформатор, устройство локального пожаротушения.

Для цитирования: Панов М.В., Панова Т.В., Степанченко Е.Ф. Устройство локального пожаротушения для трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 1 (107). С. 68-74.

Original article

LOCAL FIRE EXTINGUISHING DEVICE FOR A 10/0.4 KV TRANSFORMER SUBSTATION

Maksim V. Panov, Tat'yana V. Panova, Yegor F. Stepanchenko
Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. Today, the development of energy and electrification largely determines the level of development of industry and the national economy of our country. The introduction of new and modernization of existing industrial enterprises, further electrification of production, agriculture and public utilities leads to a continuous increase in electricity consumption and further development of electric distribution networks. The main links of the electric power industry are power plants and transformer substations. These facilities ensure the development of the industrial and economic spheres of the state, social development and improvement of people's living conditions. Due to the almost completed construction of rural electric networks, the priority tasks at the moment are to ensure the quality of electricity supply to consumers, ensure continuous and efficient power supply, as well as the safe operation of these networks. It should be noted that in any electrical system, even the most technically advanced, various damages inevitably occur during operation. The probability of a fire at the substation is high and the possible consequences of a fire can be tragic. A fire at an electrical substation will cause serious problems with the power supply to consumers, as well as pose a threat to personnel working there, emergency crews, and people in the vicinity. Therefore, as at any business facility, it is necessary to organize working conditions, including the development and implementation of fire safety standards. The causes of emergency situations in electrical installations are diverse, but the most

common are the late detection and elimination of equipment defects, poor-quality installation and insufficient level of operation. In addition, accidents can be triggered by the effects of atmospheric phenomena on electrical installations. In this paper, we will present technical measures aimed at minimizing material losses, losses of employees who operate and maintain the substation, as well as reducing the negative environmental impact on the territory adjacent to the substation.

Key words: fire safety, fire, transformer, local fire extinguishing device.

For citation: Panov M.V., Panova T.V., Stepanchenko E.F. Local fire extinguishing device for a 10/0.4 kV transformer substation // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2025. 1 (107): 68-74.

Электрическая подстанция - электроустановка, предназначенная для приема, преобразования и распределения электрической энергии, состоящая из трансформаторов или других преобразователей электрической энергии, устройств управления, распределительных и вспомогательных устройств [1].

Энергетическая система состоит из множества структурных элементов, каждый из которых выполняют свою функцию в процессе передачи электроэнергии от электростанций до конечного потребителя. Подстанции 10 на 0,4 кВ осуществляют последний этап преобразования электроэнергии: от данных подстанций электроэнергия поступает напрямую к потребителю - в населенные пункты и на производственные предприятия. Рассмотрим, как устроена трансформаторная подстанция 10 на 0,4 кВ. [1]

Конструкция трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ включает кронштейн для высоковольтных (ВВ) изоляторов, кронштейн для изоляторов с нейтральной вставкой (НВ), разрядник вентиляционный, кожух боковой, шкаф указатель высокого напряжения (УВН), защитный кожух трансформатора, шкаф распределительного устройства низкого напряжения (РУНН), силовой каркас подстанции, площадку для трансформатора, площадку обслуживания.

Тушение пожара в электроустановках сопровождается опасностью взрыва. Горящее маслонаполненное оборудование может взорваться в любой момент, так как пары масла очень взрывоопасны. Расстояние, на которое разлетятся осколки достаточно велико, тем самым приводят к материальному ущербу и поражению людей. [2]

Шаговое напряжение, так как возгорание электроустановки может спровоцировать однофазное замыкание на землю. При обрыве одного провода релейная защита не отключит подачу напряжения.

Таким образом, в результате однофазного замыкания на землю, располагающийся в непосредственной близости человек попадает под действие шагового напряжения.

Поражение электрической дугой возможно в случае, когда на установках напряжением выше 1000 В возникает пробой воздушного промежутка, поэтому приближение на расстояние, ближе допустимого может также привести к ожогу дугой и поражению электрическим током. [3]

На 1 января 2023 года Росстатом представлены следующие показатели (табл. 1):

Таблица 1 – Показатели ЕЭС России

Наименование	Значение
Установленная мощность электростанций ЕЭС России, ГВт	239,8
Электростанции мощностью свыше 5 МВт, шт.	748
Линии электропередач класса напряжения 110–1150 кВ	10700
Электрические подстанции класса напряжения 110–1150 кВ	8700
Генерирующие компании, шт.	688
Сетевые организации, шт.	556
Потребители электрической энергии, шт.	514

Анализ аварий на объектах электроэнергетики за 2022 год представлен на рисунках 1 и 2.

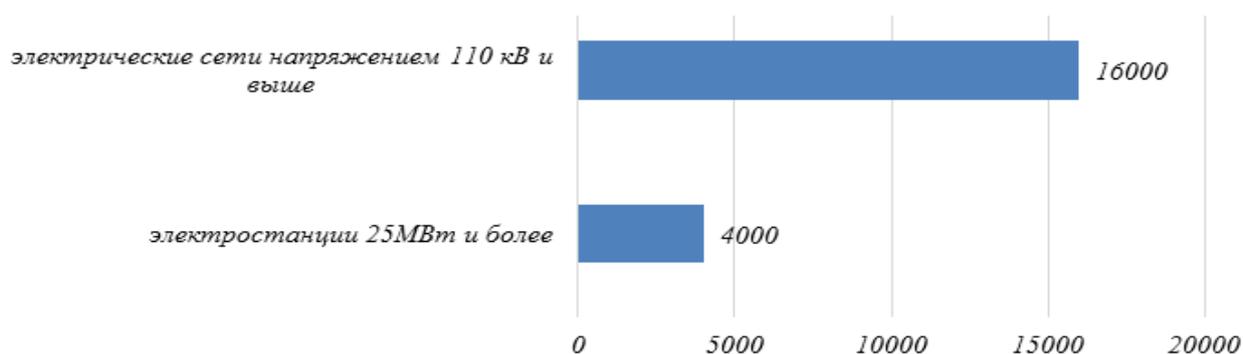


Рисунок 1 - Количество аварии на объектах электроэнергетики в 2022 году

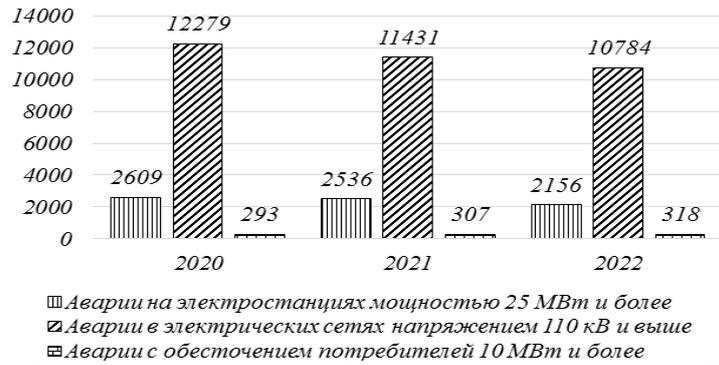


Рисунок 2 – Количество аварий на объектах электроэнергетики в ЕЭС России

В период 2017 – 2022 годов введено в эксплуатацию новое генерирующее оборудование (37,5 ГВт, 15% от Руст), что позволило снизить аварийность на электростанциях, а также снизить коэффициент использования старого оборудования 13,4 ГВт «старой» генерации, обладающего с повышенной степенью аварийности. Уменьшение аварийных ситуаций на электрических сетях позволило снизить аварийные отключения ЛЭП на 8%. [4]

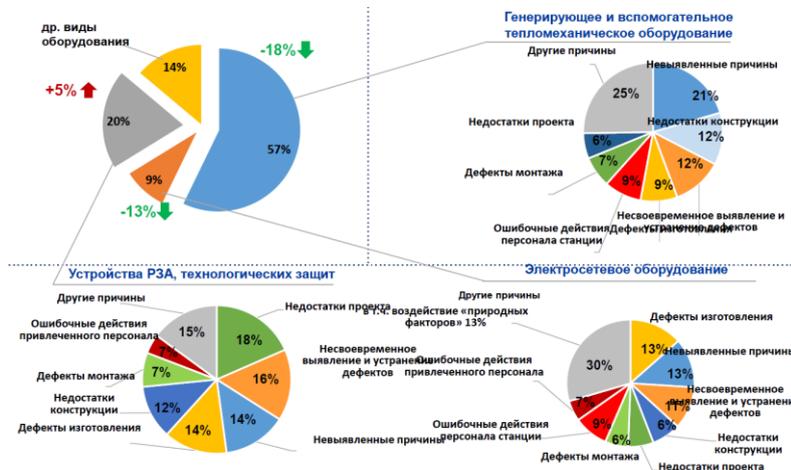


Рисунок 3 – Основные причины аварий на электрических станциях, установленной мощностью 25 МВт и выше

Рассмотрим, обеспечение пожарной безопасности трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ расположенной на территории села Кокино. Рядом с подстанцией располагаются гаражи, продуктовый магазин и очистные сооружения.



Рисунок 4 – Трансформаторная подстанция 10/0,4 кВ в с. Кокино

Прототипом предлагаемого устройства локального пожаротушения явился патент на полезную модель RU 132999 Противопожарная преграда с огнетушением / Курманов В.В., Усанович С.А., Букин С.В., Лумисте Е.Г., Панова Т.В., Панов М.В. Заявка № 2012141450/12 от 27.09.2012. Опубликовано: 10.10.2013 Бюл. № 28.

Предлагаемое устройство локального пожаротушения, предназначено для открытых площадок с оборудованием, отличающейся тем, что для тушения пожара внутри купола предусмотрена система огнетушения, состоящая из раструба, расположенного в верхней части, шланга, спускающегося от раструба к основанию установки, и насадки для подсоединения огнетушителя, а для объектов раз-

личных габаритов предусмотрен регулируемый каркас купола в виде овала, к которому с помощью болтов на люверсы крепится огнестойкий материал. На рисунке 5 а представлена противопожарная преграда в состоянии готовности. Противопожарная преграда состоит из короба, который устанавливается над трансформатором. Два направляющих стержня и нижняя Г-образная часть закреплены в бетонированном основании снизу, вверху они крепятся самоконтрящимися гайками к раме, так же они соединены между собой с возможностью регулирования натяжения талрепами. Купол выполнен из огнестойкого материала с расположенными по периметру ребрами-утяжелителями, имеющими кольца для движения по направляющим стержням. Один конец троса закреплён на электролебедке, другой с нижним ребром-утяжелителем купола. Ребра-утяжелители выполнены из двух полукругов и прямых вставок различной длины для регулирования каркаса купола под габариты защищаемого объекта и соединённых между собой болтами. В основание вмонтированы две фиксирующие скобы для соединения с нижним ребром-утяжелителем купола посредством рычагов-защелок. Система огнетушения состоит из раструба, расположенного в верхней части установки, для подачи огнетушащего материала внутрь купола посредством шланга, спускающегося от раструба к основанию установки, соединённого насадкой, состоящей из двух частей для подсоединения огнетушителя [5].

Устройство работает следующим образом. При возникновении возгорания объекта или пространства возле объекта, происходит высвобождение и падение ребер-утяжелителей с куполом из огнестойкого материала по направляющим под воздействием силы тяжести. (рисунок 5 б) При полном раскрытии купола рычаги-защелки в его нижней части заходят в выступы скоб, закрепленных в бетонном основании защищаемого объекта, обеспечивая герметичность. Огнетушитель соединяется с системой огнетушения противопожарной преграды, и огнетушащее вещество через раструб подаётся к очагу возгорания под куполом. При возгорании вне купола подсоединение огнетушителя к системе огнетушения не требуется, а купол защищает оборудование от внешнего источника возгорания. После окончательного прекращения горения, рычаги-защелки освобождаются из выступов скоб, и с помощью электролебедки купол поднимается в короб, принимая нерабочее состояние. Таким образом, происходит локализация, огнетушение и защита объекта от воздействия огня. [5]

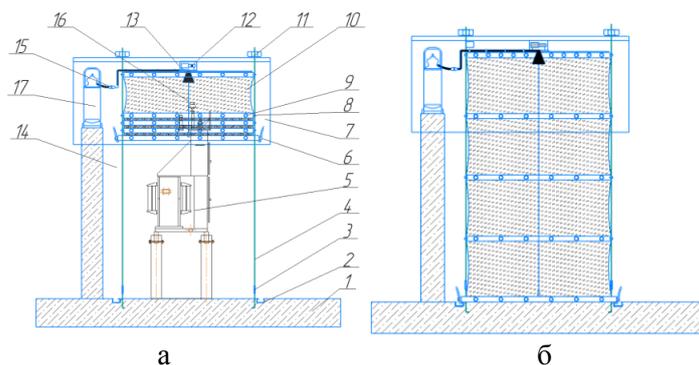


Рисунок 5 - Устройство локального пожаротушения в состоянии готовности и состоянии после срабатывания: 1 – основание, 2 – фиксирующая скоба, 3 – талреп, 4 – направляющий стержень, 5 - трансформатор, 6 – рычаг защёлка, 7 – короб, 8 - ребро-утяжелитель 8, 9 – болт, 10 – купол, 11 – самоконтрящаяся гайка, 12 – электролебедка, 13 – раструб, 14 – шланг, 15 – соединительная насадка, 16 - трос, 17 - огнетушитель

Исходя из теоретического анализа сценариев горения легковоспламеняющейся жидкости, скорость пламени, как функцию времени, можно представить графически (рисунок 6), введя следующие обозначения: $\tau_{\text{гаш}}$ – время гашения, с; $\tau_{\text{сиг}}$ – время поступления сигнала, с; $\tau_{\text{ср}}$ – время срабатывания датчиков от момента возгорания, с; $\tau_{\text{тл}}$ – время тления, с. [6]

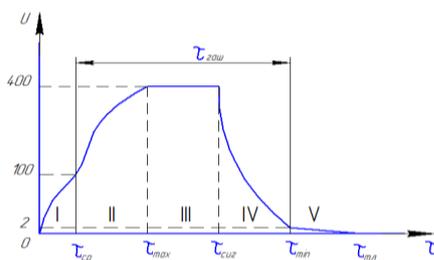


Рисунок 6 - Зависимость скорости пламени от времени: I – вспышка; II – процесс опускания пламени; III – стабилизированное горение обеднённого пламени; IV – процесс обеднения; V – предварительное тление

Скорости пламени для каждого из участков представим в виде системы уравнений

$$\begin{cases} v = \sigma_1 \cdot \tau^h \\ v = \sigma_2 \cdot e^{\lambda\tau} \\ v = \sigma_3 \cdot \tau \\ v = \sigma_4 \cdot e^{-\lambda\tau} \\ v = \sigma_5 \cdot (1 - \tau) \end{cases} \quad (1)$$

где $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4, \sigma_5$, - постоянные коэффициенты для каждого участка кривой, м/с.

С течением времени, согласно теории горения и взрыва, масса масла в локализованной с помощью устройства пожаротушения зоне должна уменьшаться по экспоненциальному закону (рис. 7).

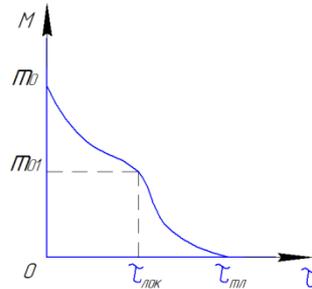


Рисунок 7 – Закон уменьшения массы масла с течением времени в локализованной зоне

$$\frac{dm}{d\tau} = -K_1 \cdot m \quad (2)$$

Проинтегрируем

$$\int_{m_0}^{m_{01}} \frac{dm}{m} = -\int_0^{\tau} K_1 d\tau \quad (3)$$

где m_0 – начальная масса масла, кг;

m_{01} – конечная масса масла, кг;

τ – время, с;

K_1 – постоянная горения.

По формуле Ньютона-Лейбница получим

$$\ln m \Big|_{m_0}^m = -K_1 \cdot \tau \quad (4)$$

следовательно

$$\ln \left| \frac{m_{01}}{m_0} \right| = -K_1 \cdot \tau \quad (5)$$

Потенцируя обе части

$$\frac{m_{01}}{m_0} = e^{-K_1 \cdot \tau} \quad (6)$$

На основании этого закона для массы сгорающего масла справедливо выражение

$$m_{01} = m_0 \cdot e^{-K_1 \tau} \quad (7)$$

Тогда конечная масса масла с учетом времени локализации горения $\tau_{лок}$

$$m_{01} = m_0 \cdot e^{-K_1 \tau_{лок}} \quad (8)$$

Постоянная горения K_1 определяется из выражения

$$K_1 = \frac{\ln \left(\frac{m_{01}}{m_0} \right)}{\tau_{лок}} \quad (9)$$

где $\tau_{лок}$ – время локализации горения, с (рис. 8).

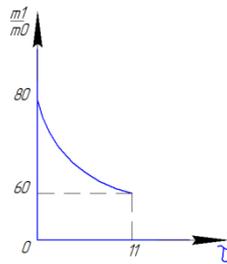


Рисунок 8 – Коэффициент горения

После локализации горения постоянная горения измениться и будет равна K'_1 , при этом определяться с учетом времени тления $\tau_{тл}$

$$K'_1 = \frac{\ln\left(\frac{m_{o1}}{m_{o2}}\right)}{\tau_{тл}} \quad (10)$$

где m_{o2} – масса масла после локализации горения, кг.

Время опускания купола УЛП $\Delta\tau$ определится из выражения

$$\Delta\tau = \tau_{лок} - \tau_{ср} \quad (11)$$

где $\tau_{ср}$ – время срабатывания датчиков, с.

На основании свободного падения купола можно также записать

$$\Delta\tau = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (12)$$

где h – высота стойки УЛП, м; $h = [3, 5]$.

Скорость падения купола УЛП (м/с)

$$g = \sqrt{2gh} \quad (13)$$

где h – высота стойки, м.

Скорость пламени как однозначно линейная функция в зоне горения может быть представлена графически (рис. 9).

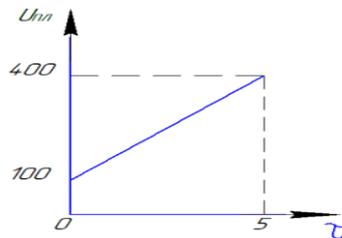


Рисунок 9 – Скорость пламени

Скорость падения купола УЛП $v = [8, 10]$, для сравнения – скорость пламени $U_{пл} = [100, 400]$.

Следовательно, уплотнение воздуха при падении купола УЛП не приведёт к растеканию пламени.

В зависимости от типов огнеупорных тканевых материалов и зоны обеднения кислородом (подкупольное пространство УЛП) график интенсивности горения I (кг·м/с) с учетом времени гашения $\tau_{гаш}$; времени поступления сигнала от датчиков $\tau_{сиг}$; времени срабатывания датчиков от момента возгорания $\tau_{ср}$; времени образования локализованной зоны, обусловленной опусканием шторы $\tau_{лзон}$, будет выглядеть следующим образом (рис. 10).

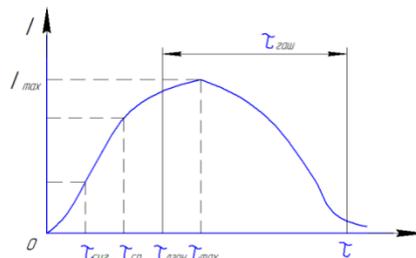


Рисунок 10 – График интенсивности горения

Время локализации пламени $\tau_{\text{лок}}$

$$\tau_{\text{лок}} = \tau_{\text{ср}} + \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (14)$$

где $\tau_{\text{ср}}$ – время срабатывания датчиков, с; $\tau_{\text{ср}}[5, 15]$;

$\tau_{\text{лок}}$ – время локализации пламени, с; $\tau_{\text{лок}}[6, 16]$.

Таким образом, применяя предложенное нами устройство локального пожаротушения мы можем обеспечить пожарную безопасность для людей и прилегающей территории.

Научно-практическая значимость данного устройства заключается в минимизации материальных потерь и уменьшении вероятности травмирования обслуживающего персонала и населения непосредственно около трансформатора и вблизи трансформатора в момент чрезвычайной ситуации.

Локализация пожара представлена как экспоненциальная функция развития сценария развития пожара.

Список источников

1. Ланге Ф.Д. Способы повышения надежности электроснабжения потребителей - Электроэнергетика и электротехника // Вестник науки. 2023. Т. 4, № 7 (64). С. 361-364.
2. НПБ 105-95. Определение категорий помещений и зданий по взрыво-пожарной и пожарной опасности.
3. Обеспечение электробезопасности в электрических сетях 20 кВ с низкоомным заземлением нейтрали / А.В. Майоров, М.Ю. Львов, А.А. Челазнов, С.Д. Никитина // Электрические станции. 2022. № 5. С. 20-26.
4. Лapidус А.В. Обзор аварий в энергосистемах. СПб.: НОУЧ ДПО ЦПКЭ, 2020. 40 с.
5. Противопожарная преграда с огнетушением: пат. 132999 Рос. Федерация / Курманов В.В., Усанович С.А., Букин С.В., Лумисте Е.Г., Панова Т.В., Панов М.В.; заявка № 2012141450/12; заявл. 27.09.2012; опублик. 10.10.2013, Бюл. № 28.
6. Пожарная безопасность объектов электроэнергетики: справочник / под ред. С.В. Собуря. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ПожКнига, 2021. 208 с.

Информация об авторах:

М.В. Панов – кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации, физики и математики, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Т.В. Панова – кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Е.Ф. Степанченко – студент, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors:

M.V. Panov - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automation, Physics and Mathematics, Bryansk State Agrarian University.

T.V. Panova - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Life Safety and Environmental Engineering, Bryansk State Agrarian University.

Ye.F. Stepanchenko – Student, Bryansk State Agrarian University.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 10.10.2024, одобрена после рецензирования 27.01.2025, принята к публикации 29.01.2025.

The article was submitted 10.10.2024, approved after reviewing 27.01.2025, accepted for publication 29.01.2025.

© Панов М.В, Панова Т.В., Степанченко Е.Ф.

Научная статья
УДК 635.5:535.3

ЭНЕРГОЭКОЛОГИЧНОСТЬ СВЕТОКУЛЬТУРЫ САЛАТА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗАХ ИЗЛУЧЕНИЯ

¹Елена Николаевна Ракутько, ²Александр Николаевич Васькин

¹Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) - филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Санкт-Петербург, Россия

²ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Исследование направлено на изучение воздействия доз облучения светодиодными источниками света на энергоэкологичность салата (*Lactuca Sativa L.*). Анализируется влияние различных доз света на экологические показатели роста и развития данного растения. Для достоверности результатов исследования проводится комплексное сравнение данных с контрольными группами, выращиваемыми без применения светодиодных источников света. Выполнена статистическая обработка полученных данных с целью выявления закономерностей. Полученные результаты интерпретируются с учетом теоретических предположений об особенностях фотосинтеза и адаптации растений к изменениям условий освещения. Представляется, что исследование окажет значительное воздействие на развитие методов оптимизации условий выращивания сельскохозяйственных культур в закрытом грунте. В работе использовались светодиоды, распределяющие энергию спектра света следующим образом: 30 % - синий цвет, 20 % - зеленый цвет и 50 % - красный цвет. Наилучшие результаты в урожайности, качестве продукции и коэффициенте энергоэкологичности ($KЭ$) были достигнуты при дозировке облучения $2,59 \text{ МДж}\cdot\text{м}^{-2}$ ($3,23 \text{ кг}/\text{м}^2$ и $5,75 \%$ соответственно). В ходе проведенных исследований было установлено, что изменение дозы облучения оказывает влияние на выход продукции салата. Увеличение дозы облучения с $0,81$ до $1,72 \text{ МДж}\cdot\text{м}^{-2}$ приводит к увеличению выхода сухого вещества. При увеличении дозы облучения с $0,81$ до $2,39 \text{ МДж}\cdot\text{м}^{-2}$ наблюдается повышение коэффициента эффективности использования энергии. Эти результаты свидетельствуют о важности подбора оптимальной дозы облучения для достижения максимального выхода продукции салата и эффективного использования энергетических ресурсов. Эти изменения соответствуют уровню облученности $30 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ и фотопериоду в 24 часа. Анализ показал, что содержание органических веществ в продукции составило $155,6 \text{ г}/\text{м}^2$. Таким образом, доза облучения оказывает влияние на выход и качество продукции салата.

Ключевые слова: светокультура, энергоэкологичность, доза облучения, салат.

Для цитирования: Ракутько Е.Н., Васькин А.Н. Энергоэкологичность светокультуры салата при различных дозах излучения // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 1 (107). С. 75-79.

Original article

ENERGY EFFICIENCY OF LETTUCE LIGHT CULTURE AT DIFFERENT RADIATION DOSES

¹Yelena N. Rakut'ko, ²Aleksandr N. Vas'kin

¹Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production (IAEP) - branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center VIM, Saint-Petersburg, Russia

²Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. The research is aimed at studying the impact of irradiation doses from LED light sources on the energy efficiency of lettuce (*Lactuca Sativa L.*). The influence of different doses of light on the environmental indicators of growth and development of a given plant is analyzed. To ensure the reliability of the research results, a comprehensive comparison of data is carried out with control groups grown without the use of LED light sources. Statistical processing of the obtained data is carried out in order to identify patterns. The results obtained are interpreted taking into account theoretical assumptions about the characteristics of photosynthesis and plant adaptation to changes in lighting conditions. It appears that the research will have a significant impact on the development of methods for optimizing the conditions for growing crops indoors. The work used LEDs that distribute the energy of the light spectrum as follows: 30% - blue, 20% - green and 50% - red. The best results in yields, product quality and energy efficiency coefficient (E) were achieved with an irradiation dosage of $2.59 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ ($3.23 \text{ kg}/\text{m}^2$ and 5.75% , respectively). In the course of the researches, it was found that changing the irradiation dose influences the output of lettuce products. Increasing the irradiation dose from 0.81 to $1.72 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ leads to an increase in the output of dry matter. When the radiation dose increases from 0.81 to $2.39 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$, an increase in the energy efficiency coefficient is observed. These results indicate the importance of selecting the optimal radiation dose to achieve maximum output of lettuce products and efficient use of energy resources. These changes

correspond to an irradiance level of 30 W m⁻² and a photoperiod of 24 hours. The analysis showed that the content of organic substances in the products was 155.6 g/m². Thus, the irradiation dose affects the output and quality of lettuce products.

Key words: light culture, energy efficiency, irradiation dose, lettuce.

For citation: Rakutko E.N., Vaskin A.N. Energy efficiency of lettuce light culture at different radiation doses // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2025. 1 (107): 75-79.

Введение. Для обеспечения экологически чистого производства защищенного грунта необходимо внедрение безотходных технологий светокультуры. Разработка систем культивирования растений в условиях регулируемой агроэкосистемы играет важную роль в этом процессе. Для успешной реализации необходим комплексный научный подход, который охватывает все аспекты тепличного производства [1].

Интенсификация тепличного производства является ключевым фактором, обеспечивающим его высокую экономичность, но в то же время она также определяет наличие особых экологических угроз от тепличных хозяйств. На данный момент в мире существует более 800 тысяч гектаров тепличных хозяйств, которые можно классифицировать как северные (с добавочным обогревом и другим высокотехнологичным оборудованием) и южные (с минимальной степенью технической сложности) [2].

Теперь рассмотрим экологические аспекты тепличных хозяйств. Согласно исследованиям, северные типы тепличных хозяйств выделяют большее количество углекислого газа из-за использования газа в качестве источника тепла. Это приводит к увеличению энергозатрат на производство, так как до 79% энергии в Нидерландах расходуется именно на это. Однако, даже неотапливаемые тепличные хозяйства в южных регионах также не являются экологически безопасными. Важно учитывать все аспекты использования теплиц для сельского хозяйства в контексте охраны окружающей среды и устойчивого развития [3].

В провинции Альмерия в Южной Испании широко распространен тепличный способ производства на площади в 50 тысяч гектаров. Данное направление играет значительную роль в экономическом развитии региона, однако сопровождается серьезными экологическими проблемами. Наблюдается истощение водных ресурсов из скважин, соленизация почвы и воды, а также загрязнение окружающих водных систем биоцидами и удобрениями. Осознание этих проблем имеет важное значение для разработки устойчивых стратегий развития данной отрасли [4].

В России с 2017 года наблюдается постепенный рост общей площади тепличных комплексов, который достиг примерно 2,3 тысяч гектаров, включая 300 гектаров, занимаемых теплицами со светокulturой. В связи с растущим спросом на овощи, выращиваемые в закрытом грунте, предполагается, что до 2030 года будет запущено еще 2 тысячи гектаров площадей под теплицы [5]. Расширение применения светокультуры требует специального внимания к вопросам управления физиологическими процессами растений с использованием оптического излучения (ОИ) в качестве ключевого фактора. Существующий опыт применения искусственного освещения в сельском хозяйстве, особенно в светокulturе, хотя и обширен, требует дальнейшей оптимизации. Этот тип освещения позволяет создавать условия для круглогодичного производства высококачественной сельскохозяйственной продукции, повышая при этом урожайность и сокращая время выращивания. В свете современных технологий и научных разработок, задача оптимизации светового режима в с/х становится все более актуальной.

Снижение нерациональных потерь в процессе выращивания растений в светокulturе позволяет повысить коэффициент эффективности производства. Изменение режимов облучения и спектрального состава источников излучения способствует увеличению этой эффективности. Для комплексной оценки эффективности применяемых инноваций необходимо учитывать появление новых источников облучения и внесение изменений в технологию облучения. Только через научно обоснованные подходы можно корректно провести анализ результатов использования нововведений. Улучшение систем досвечивания растений можно достигнуть с помощью новых технологий, включающих использование светодиодных облучателей [6].

Исследования, проводимые в лаборатории энергоэффективных электротехнологий ИАЭП, направлены на разработку нового направления - энергоэкологии светокультуры. В рамках данных исследований изучается проблема повышения энергоэффективности производства с использованием иерархической информационной модели искусственной биоэнергетической системы (ИБЭС).

В рамках исследования энергоэффективности производства используется модель, позволяющая не только оценить данное понятие, но и проанализировать влияние на окружающую среду. При этом критерии оценки воздействия производства на окружающую среду определяются по входным и выходным потокам энергии на различных этапах энерготехнологических процессов, проводимых в рамках искусственной биоэнергетической системы [7].

Цель работы: Изучение воздействия различных доз облучения светодиодными облучателями на показатели энергоэкологичности в процессе выращивания салата.

Материал и методика исследований. Исследования проводили в закрытом помещении без доступа солнечного света на натурной модели ИБЭС [8]. Сорт салата Афицион был использован в качестве выращиваемой культуры. Исследование включало в себя анализ входящего потока вещества M_n , поступающего к растениям и включающего в себя как потоки потерь вещества M_k , так и вещества, содержащиеся в растении ΔM . Поток энергии ОИ Q_n , генерируемый облучательной установкой, представлял собой совокупность потоков - эффективно использованного при облучении Q_k , а также потерь в процессе ΔQ .

В замкнутом цикле для выращивания салата методом гидропоники с рециркуляцией питательного раствора были использованы различные светодиодные облучатели с различным спектром света, включая красный, зеленый и синий. Такой подход позволил изучить влияние различных цветов света на рост и развитие растений. Каждый спектр света имел определенную интенсивность, которая тщательно контролировалась в ходе эксперимента. Проведенные исследования позволили получить новые данные о влиянии светового спектра на процессы фотосинтеза и общую продуктивность растений в условиях гидропоники. Облучатели собственной конструкции были установлены на алюминиевом радиаторе и базировались на светодиодах марки LED STAR-3W. В соответствии с оптимальным спектром для растений энергия была распределена следующим образом: 30% - синий, 20% - зеленый и 50% - красный. Различную интенсивность освещения достигали путем изменения количества светодиодов в установке. Высота установки облучателей над растениями была одинаковой для всех вариантов и составляла 30 см.

Исследование по выращиванию салата с использованием агроперлита предполагает предварительную обработку горячей водой. Для повышения качества семян салата, они подвергались замачиванию в специальном растворе эпина. Выращивание сеянцев салата в горшочках с агроперлитом на этапе развития одного настоящего листочка является стандартной практикой для производства салатных культур. Пересаживание сеянцев в культивационные короба с постоянной циркуляцией питательного раствора проводилось на 14-16 день после всходов, когда развился второй настоящий лист. Питательный раствор, содержащий основные элементы мг/л⁻¹: N_{общ} - 160; фосфор - 140; калий - 158; кальций - 110; магний - 40, обеспечивал рН – 5,83 и ЕС – 1,73 мСм/см⁻¹.

Процедура коррекции рН питательного раствора с применением 10% раствора азотной кислоты проводилась ежедневно. Окружающая среда характеризовалась следующим образом: температура воздуха находилась в диапазоне 20-22°C, влажность воздуха составляла 55-60%, скорость движения воздуха - 0,2-0,3 м/с⁻¹. Предшествующие исследования демонстрировали потенциал данной методики в отношении выращивания салата в условиях контролируемой среды.

Для оценки экологичности продукции был проведен анализ содержания нитратов в листьях салата. Сравнение результатов проводилось с установленным стандартом качества. В ходе исследования было установлено, что содержание нитратов в листьях салата находится в пределах нормы, установленной для безопасного употребления продукции. Таким образом, можно говорить о высоком качестве продукции и ее экологичности. Данное исследование является важным шагом в обеспечении безопасности пищевых продуктов для потребителей. Его результаты могут быть использованы при разработке и контроле производства сельскохозяйственной продукции.

Коэффициент экологичности определяли по формуле:

$$K_M = \frac{M_{\text{норм}} - M_{\text{факт}}}{M_{\text{факт}}} \quad (1)$$

где $M_{\text{норм}}$ - допустимое содержание нитратного азота, мг/кг,

$M_{\text{факт}}$ - фактическое содержание нитратного азота в листьях салата, мг/кг.

Коэффициент энергоэффективности при выращивании салата в МДж/г-определяли по формуле:

$$K_Q = \frac{H}{G_{\text{сух}}} \quad (2)$$

где H - суточная доза облучения в области ФАР, МДж·м⁻²;

$G_{\text{сух}}$ - выход сухого вещества, г·м⁻².

Энергоэффективность и экологичность производства можно оценить с использованием коэффициента $K_{\text{Э}}$, МДж·г⁻¹. Для его расчета используется формула:

$$K_{\text{Э}} = K_M K_Q \quad (3)$$

Суточную дозу облучения в МДж/м² ФАР рассчитывали по формуле:

$$H = 3,6 \cdot 10^{-3} ET, \quad (4)$$

где E -облученность поверхности на уровне растений, Вт м⁻²,

T - фотопериод, ч.

Суточная доза облучения в вариантах опыта при уровнях облученности E : 12,5; 15; 20; 30 Вт м⁻² и фотопериодах T : 10; 15; 20; 24 ч составила: 0,81; 0,9; 1,08; 1,44; 1,62; 1,72 и 2,59 МДж м⁻² ФАР.

Результаты исследований и их обсуждение. Исследование воздействия различных доз облучения семян салата радиационными источниками включало испытания, направленные на анализ урожайности и содержания сухого вещества в полученных урожаях. Исследование коэффициента изменчивости массы салата в различных вариантах эксперимента подтвердило его относительную стабильность в диапазоне от 4,91 до 8,73 %. Эти данные свидетельствуют о равномерности данного параметра. Анализ показал, что относительная ошибка выборочного среднего веса салата составила от 2,17 до 3,88 %. Эти результаты подтверждают приемлемость исследования.

В результате проведенного исследования были получены данные по содержанию сухого вещества в салате, которые позволили вычислить относительную ошибку и коэффициент вариации. Установлено, что при облучении салата дозой 2,59 МДж м⁻² ФАР достигается максимальная урожайность в размере 3,23 кг м⁻². Одновременно отмечено увеличение содержания сухого вещества в продукции на 5,75 %, а выход сухого вещества при 1 МДж ФАР составил 71,78 г.

Урожайность связана с пониженной активностью ассимилирующей поверхности листьев, когда дозы облучения колебались в диапазоне 0,81...1,72 МДж м⁻² ФАР. При этом выход сухого вещества увеличивался с увеличением дозы облучения на 64,85-75,03 г на каждый 1 МДж ФАР. Содержание золы и органического вещества увеличивалось с увеличением дозы облучения. Содержание органического вещества в продукции составило 155,6 г м⁻² (табл. 1).

Таблица 1 - Показатели качества продукции салата при разных дозах облучения

Доза облучения ФАР, МДж м ⁻²	Выход сухого вещества, МДж г ⁻¹	Зола, % от сырой массы	Содерж. органического вещества, г м ⁻²	Содерж. нитратного N, мг кг ⁻¹
0,81	64,85	0,27	41,04	3761,7
0,90	60,87	0,32	40,84	3865,0
1,08	87,87	0,41	75,06	3495,0
1,44	67,20	0,43	78,24	3352,2
1,62	66,63	0,49	91,81	3092,0
1,72	75,03	0,69	97,91	3525,0
2,59	71,78	0,52	155,66	3077,8

Оценка потока питательных веществ в продукции производилась на основе нитратов. Содержание нитратного азота в продукте колебалось в диапазоне от 3092 до 3077,8 мг кг⁻¹ в различных условиях эксперимента. Эти изменения были связаны с воздействием различных доз облучения, которые составляли 1,62 и 2,59 МДж м⁻² ФАР при радиации 30 Вт ч м⁻² и различных фотопериодах - 15 и 24 часа соответственно. В ходе всех вариантов эксперимента было установлено, что концентрация нитратного азота в продукции соответствует предъявляемым санитарным требованиям.

На рисунке 1 показана зависимость коэффициента энергоэкологичности от дозы облучения.

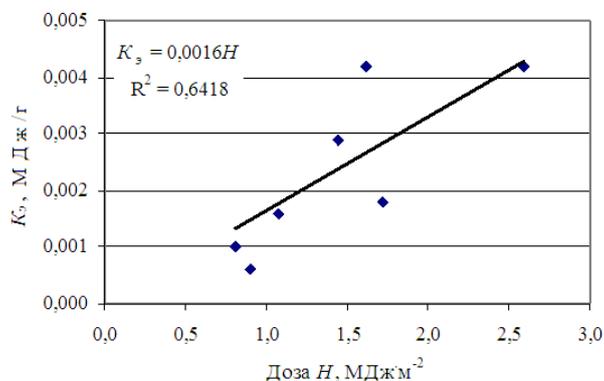


Рисунок 1 - Зависимость коэффициента энергоэкологичности от дозы облучения

При увеличении $K_э$ наблюдается четко выраженная тенденция к увеличению H . Обнаруженная закономерность может быть описана линейной моделью, выражаемой $K_э = 0,0016H$. Значение коэффициента детерминации R^2 равно 0,6418.

Заключение. В результате эксперимента было установлено, что оптимальные условия для роста и качества салата достигаются при отсутствии естественного освещения в интервале от 12,5 до 30 Вт·м⁻² и при продолжительности светового дня от 10 до 24 часов. Показатели урожайности и качества салата были наилучшими при экспозиции на уровне 2,59 МДж·м⁻² ФАР, что привело к выходу в 3,23 кг·м⁻² и содержанию влаги в растении на уровне 5,75%.

Проведенные исследования привели к выводу, что количество органических веществ в продукции составило 155,6 г·м⁻². Также использование концепции интегрального биоэкологического синтеза позволило осуществить анализ распределения потоков вещества и энергии, и оценить экологическую и энергоэффективность данной системы.

Исследование влияния дозы облучения на коэффициент ФАР показало, что увеличение дозы с 0,81 до 2,39 МДж·м⁻² сопровождается ростом коэффициента с 0,001 до 0,0042 МДж/г. Это свидетельствует о повышении коэффициента энергоэкологичности при увеличении дозы облучения. Максимальные значения коэффициента достигаются при дозах 1,62 и 2,59 МДж·м⁻², что подтверждает обнаруженную тенденцию. Однако, в целом, учитывая другие факторы, более предпочтительным является вариант облучения на уровне 2,39 МДж·м⁻².

Список источников

1. Ракутько С.А., Ракутько Е.Н., Аюпов М.Р. Применение комбинированного облучения в светокультуре [обоснование спектрального состава светодиодного облучателя-корректора дополнительно к натриевым лампам] // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020. Т. 14, № 2. С. 46-52.
2. Wainwright H. Environmental Impact of Production Horticulture // Horticulture: Plants for people and places, Volume 1, Edition: Frist, Chapter: Chapter 15, Publisher: Springer, Editors: Geoffrey R. Dixon, David E. Aldous, Pp. 503-522.
3. Ракутько С.А., Гулин С.В. Применение метода конечных отношений к энергетическому анализу этапов технологического процесса облучения в оптических электротехнологиях // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2024. № 1 (75). С. 141-150.
4. Ракутько Е.Н., Ракутько С.А. Сравнительная оценка эффективности источников излучения по энергоёмкости фотосинтеза // Инновации в сельском хозяйстве. 2015. № 2 (12). С. 50-54.
5. Васькин А.Н., Ракутько С.А. Расчет параметров радиационной среды от светодиодного фитооблучателя // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 5 (99). С. 67-74.
6. Васькин А.Н., Никитин А.М., Ракутько Е.Н. Исследование эффективности использования энергии в процессе облучения растений // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 6 (100). С. 74-79.
7. Иерархическая информационная модель искусственной биоэнергетической системы: пат. 2562421 Рос. Федерация С2 / Ракутько С.А.; заяв. 29.01.2014; опубл. 10.09.2015.
8. Оценка энергоэкологичности светокультуры салата с использованием натурной модели искусственной биоэнергетической системы / А.П. Мишанов, А.Е. Маркова, С.А. Ракутько, Е.Н. Ракутько // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2017. № 91. С. 36-45.

Информация об авторах:

Е.Н. Ракутько – научный сотрудник Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) - филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ.

А.Н. Васькин – старший преподаватель кафедры автоматизи, физики и математики, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, vaskin32@mail.ru.

Information about the authors:

E.N. Rakut'ko - Research Associate at the Institute of Agricultural Engineering and Environmental Problems of Agricultural Production (IEEP) – branch of FSBSI FSAC VIM.

A.N. Vas'kin - Senior Lecturer of the Department of Automation, Physics and Mathematics, Bryansk State Agrarian University, vaskin32@mail.ru.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 18.11.2024; одобрена после рецензирования 27.01.2025, принята к публикации 29.01.2025.

The article was submitted 18.11.2024; approved after reviewing 27.01.2025; accepted for publication 29.01.2025.

© Ракутько Е.Н., Васькин А.Н.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Научный журнал «Вестник Брянской ГСХА» публикует результаты завершенных оригинальных, теоретических и методических исследований, обзорные статьи, представляющие интерес для специалистов в различных областях сельскохозяйственной науки и практики.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РУКОПИСЕЙ

Тексты статей представляются только в программе Microsoft Word. Формат страницы А4, поля по 2 см, шрифт Times New Roman 12, межстрочный интервал 1,0. Выравнивание по ширине с установкой переносов, отступ в начале абзаца 1,25. Объем статьи не менее 4 и не более 10 страниц, включая аннотацию, литературу, таблицы, графики, рисунки и подписи под рисунками. Размер каждого рисунка и таблицы не должен превышать одной страницы формата А4. Статьи большего объема могут быть опубликованы в исключительных случаях по решению редакционной коллегии.

СТРУКТУРА СТАТЬИ

1) УДК (в верхнем левом углу); 2) название статьи (на русском языке заглавными буквами); Ф.И.О. полностью, 3) полное название учреждения и почтовый адрес (строчными буквами по центру, отметить арабскими цифрами соответствие фамилий авторов учреждениям, в которых они работают; 4) аннотация и ключевые слова на русском языке, 5) название статьи (на английском языке заглавными буквами); Ф.И.О. полностью, 6) полное название учреждения и почтовый адрес (на английском языке строчными буквами по центру, отметить арабскими цифрами соответствие фамилий авторов учреждениям, в которых они работают; 7) аннотация и ключевые слова на английском языке; 8) статья; 9) список источников, информация об авторах (на русском и английском языках, с указанием инициалов и фамилии авторов, ученой степени, звания, места работы, e-mail).

Экспериментальная статья должна включать следующие разделы: введение, материалы и методы, результаты и их обсуждение, выводы, список источников.

Требования к составлению аннотации. Оформляется согласно ГОСТ 7.0.7-2021. Рекомендуемый объем 1000-2000 знаков (200-250 слов). В аннотации не повторяется название статьи. Аннотация не разбивается на абзацы. Структура аннотации кратко отражает структуру работы. Вводная часть минимальна. Место исследования уточняется до области (края). Изложение результатов содержит фактографию, обоснованные выводы, рекомендации и т.п. Допускается введение сокращений в пределах аннотации (понятие из 2-3 слов заменяется на аббревиатуру из соответствующего количества букв, в 1-й раз дается полностью, сокращение - в скобках, далее используется только сокращение). Избегайте использования вводных слов и оборотов. Числительные, если не являются первым словом, передаются цифрами. Нельзя использовать аббревиатуры и сложные элементы форматирования (например, верхние и нижние индексы). Категорически не допускаются вставки через меню «Символ», знак разрыва строки, знак мягкого переноса, автоматический перенос слов. Перевод аннотации на английский язык. Недопустимо использование машинного перевода. Вместо десятичной запятой используется точка. Все русские аббревиатуры передаются в расшифрованном виде, если у них нет устойчивых аналогов в англ. яз. (допускается: WTO-WTO, FAO-FAO и т.п.).

Библиографический список нумеруется в порядке упоминания ссылок в тексте. Ссылки помещают квадратные скобки. Библиографический список оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5 – 2008 для затекстовых ссылок. В библиографический список рекомендуется включать наиболее современные источники, которые не старше 5 лет от момента проведения исследования. Допускается доля самоцитирования не более 20% и цитирования работ сотрудников учреждения, где выполнена работа не более 30%.

Все рукописи, представляемые для публикации в журнале, проходят рецензирование (экспертную оценку) и проверку информационной системой на наличие неправомерных заимствований.

Статьи (1 экземпляр в печатном виде и на электронном носителе) следует направлять по адресу 243365 Брянская обл., Выгоничский р-он., с. Кокино, ул. Советская, 2а, Брянский ГАУ, главному редактору Торикову В.Е. или E-mail: osirovaa@bgsha.com с указанием темы «статья в журнале Вестник Брянской ГСХА». Также направляется сопроводительное письмо, оформленное на бланке соответствующего учреждения с рекомендацией к публикации, если предоставляемые материалы являются результатом работы, выполненной в этой организации. При отправке по E-mail представлять печатный экземпляр необязательно. Так же можно отправить по E-mail отсканированный вариант рецензии. С аспирантов плата за публикацию рукописей не взимается.