

Научная статья
УДК 631.41
DOI: 10.36508/RSATU.2026.79.19.002

**ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА В ОБЪЕКТАХ АГРОСФЕРЫ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕАГЕНТОВ, НАНЕСЕННЫХ НА СОРБЕНТ**

Равиль Файзрахманович Байбеков^{1✉}, Алексей Валерьевич Жевнеров¹, Сергей Леонидович Белопухов¹, Дарья Сергеевна Аникина¹, Мария Максимовна Турьева¹

¹ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

[✉rbaibekov@bk.ru](mailto:rbaibekov@bk.ru)

Аннотация. Проблема и цель. Ионы железа в большом количестве поступают в поверхностные воды из почвы, со сточными водами промышленных и сельскохозяйственных предприятий. В питьевую воду железо поступает из железосодержащих коагулянтов, при коррозии водопроводных труб, вызывает развитие железобактерий, отложение осадка в трубах, а при концентрации железа свыше 1 мг/л вода мутнеет, окрашивается в желто-бурый цвет, ощущается характерный металлический привкус. Для оперативного контроля необходимо разработать экспресс-метод анализа ионов железа (III) в растворах с применением химических реагентов, нанесенных на сорбент.

Методология. Метод визуального экспресс-тестирования ионов железа (III) был адаптирован для полуколичественного анализа образцов в виде водных растворов. В качестве носителя реагентов для аналитической реакции выбран сорбент на основе модифицированной костры технической конопля. Реагенты нанесены на несколько фракций костры с разным размером частиц и перемешаны в единую тест-россыпь в стехиометрических соотношениях.

Результаты. Установлено, что хранение тест-россыпи в герметичной упаковке при комнатной температуре не приводило к физико-химическим изменениям в течение 4-6 месяцев. Оттенки фиолетового цвета различной интенсивности связаны с определяемыми концентрациями ионов железа (III) посредством сканирующего приложения или колористической шкалы. Последняя позволяет определить содержание элемента в диапазоне от 5 до 500 мг/л при минимальном объеме 0,2 мл испытуемого раствора.

Заключение. Предложена тест-система и разработан экспрессный метод определения ионов железа (III) в растворах и жидких обесцвеченных образцах. Разработана и апробирована с привлечением большого числа испытателей колористическая шкала. Проведено статистическое исследование распределения результатов оценки содержания ионов железа, что свидетельствует о надежности получаемых результатов в диапазоне от 5 до 500 мг/л ионов железа.

Ключевые слова: блистерная колориметрия, водные пробы, иммобилизация, ионы железа, костра конопля, почвенные вытяжки, спектрофотометрия, тест-система

Для цитирования: Байбеков Р.Ф., Жевнеров А.В., Белопухов С.Л., Аникина Д.С., Турьева М.М. Экспресс-метод определения железа в объектах агросферы с использованием реагентов, нанесенных на сорбент // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2026, Т.18, № 2, С. 5-11
<https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.79.19.002>

Original article

**EXPRESS METHOD FOR DETERMINING IRON IN OBJECTS OF AGROSPHERE
USING REAGENTS APPLIED TO SORBENT**

Ravil F. Baibekov^{1✉}, Aleksey V. Zhevnerov¹, Sergey L. Belopukhov¹, Darya S. Anikina¹, Maria M. Turyeva¹

¹ Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

[✉rbaibekov@bk.ru](mailto:rbaibekov@bk.ru)

Abstract. Problem and purpose. Iron ions enter surface waters in large quantities from soils and industrial and agricultural wastewater. Iron enters drinking water from iron-containing coagulants and, when water pipes corrode, causes the growth of iron bacteria and sedimentation in pipes. At iron concentrations above 1 mg/L, the water becomes turbid, takes on a yellow-brown color, and produces a characteristic metallic taste. To ensure rapid monitoring, it is necessary to develop a rapid method for analyzing iron (III) ions in solutions using chemical reagents applied to a sorbent.

Methodology. A method for rapid visual testing of iron (III) ions was adapted for the semi-quantitative analysis of aqueous samples. A sorbent based on modified industrial hemp shives was selected as the reagent carrier for the analytical reaction. The reagents were applied to several shive fractions of different particle sizes and mixed into a single test sample in stoichiometric ratios.

Results. Storing the test sample in a sealed container at room temperature did not result in any physicochemical changes for 4-6 months. Shades of purple of varying intensity are associated with the iron (III) ion concentrations determined using a scanning application or a color scale. The latter allows determination of the element's content in the range of 5 to 500 mg/L with a minimum volume of 0.2 ml of test solution.

Conclusion. A test system has been proposed and a rapid method for determining iron (III) ions in solutions and liquid discolored samples has been developed. A color scale has been developed and validated using a large number of test subjects. A statistical analysis of the distribution of iron ion content results was conducted, demonstrating the reliability of the obtained results in the range of 5 to 500 mg/L of iron ions.

Key words: blister colorimetry, water samples, immobilization, iron ions, cannabis fire, soil extractors, spectrophotometry, test system

For citation Baibekov R.F., Zhevnerov A.V., Belopukhov S.L., Anikina D.S., Tutieva M.M. Express method for determining iron in objects of agrosphere using reagents applied to sorbent // Ryazan Agrotech University Bulletin. 2026, T.18, No. 2, P. 5-11 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.79.19.002>

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 636.085.55"2026"

DOI: 10.36508/RSATU.2026.20.53.003

КОМБИКОРМА 2026: ТРЕНДЫ, ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ

Алексей Алексеевич Васильев^{1✉}, Лидия Алексеевна Есаулова^{1,2✉}, Евгений Сергеевич Артемов²

¹ ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина», г. Москва, Россия

² ФГБОУ ВО Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, г. Воронеж, Россия

✉ alekseyvasiliev@yandex.ru

✉ esaulovalida@yandex.ru

Аннотация. Проблема и цель. Целью исследования является анализ современного состояния и перспектив развития комбикормовой промышленности России, выявление ключевых вызовов и направлений импортозамещения до 2030 года.

Методология. Основана на анализе статистических данных, экспертных докладов, оценке структуры производства, уровня импортозависимости по аминокислотам, витаминам и премиксам, а также рассмотрении реализованных и планируемых инвестиционных проектов и внедрённых систем биобезопасности.

Результаты. В 2025 году объём производства комбикормов в России составил 37 млн тонн (+1,5 % к предыдущему году), структура производства: птица – 17,2 % (6,36 млн тонн), свиньи – 16,2 % (6 млн тонн), КРС – 3,2 % (1,18 млн тонн), другие животные – 0,4 % (0,15 млн тонн). Потребность страны оценивается в 40 млн тонн. Производство премиксов достигло 586,5 тыс. тонн, из них для птицы – 220 тыс. тонн, свиней – 19,7 тыс. тонн, КРС – 208,1 тыс. тонн. Объём производства БВМК в 2025 году составил 191 тыс. тонн. Доля отечественного оборудования при строительстве комбикормовых заводов достигла 74 %. В 2025 году себестоимость комбикормов снизилась на 3,5 % за счёт удешевления зерна. За 20 лет (2005-2025) производство свинины выросло в 11 раз (с 420 тыс. до 4603 тыс. тонн), экспорт свинины в 2025 году составил почти 400 тыс. тонн (+24 %). Производство лизина и метионина в России покрывает 75 % потребности в лизине и около половины потребности в метионине; основные аминокислоты и витамины

импортируются из Китая (до 80-90 %). В рамках национального проекта «Технологическое обеспечение биоэкономики» к 2030 году планируется увеличить долю отечественных биотехнологических продуктов в структуре потребления до 55 % и нарастить производство продукции биоэкономики на 96 %. Реализуются крупные инвестиционные проекты по производству аминокислот и витаминов: «ДонБиоТех» (90 тыс. тонн лизина), «Агритек Био» (200 тыс. тонн лизина), кластер «Татнефть» (100 тыс. тонн метионина), Волжский оргсинтез (100 тыс. тонн метионина), «Неоджениум» (производство треонина, триптофана и других аминокислот). К 2030 году ожидается рост производства комбикормов для рыб до 350 тыс. тонн.

Выводы. Российский рынок комбикормов демонстрирует устойчивое развитие при сохранении высокой импортозависимости по ключевым компонентам; реализация национальных проектов и инвестиционных программ способствует росту технологической независимости и модернизации; внедрение систем биобезопасности повышает конкурентоспособность; к 2030 году прогнозируется существенное увеличение доли отечественных компонентов и укрепление позиций России на мировом рынке кормовой продукции.

Ключевые слова: комбикормовая промышленность, премиксы, кормовые добавки, аминокислоты, витамины, импортозамещение, технологическая модернизация, продовольственная безопасность

Для цитирования: Васильев А.А., Есаулова Л.А., Артемов Е.С. Комбикорма 2026: тренды, вызовы и перспективы развития отрасли // Вестник Рязанского государственного аграрно-технологического университета имени П.А. Костычева. 2026, Т.18, № 2, С.12-24 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.20.53.003>

Original article

COMBINE FEEDS 2026: TRENDS, CHALLENGES AND PROSPECTS FOR INDUSTRY DEVELOPMENT

Aleksey A. Vasiliev^{1✉}, Lidiya A. Esaulova^{1,2✉}, Evgeny S. Artemov²

¹ Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA named after K.I. Skryabin, Moscow, Russia

² Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

✉ alekseyvasiliev@yandex.ru

✉ esaulovalida@yandex.ru

Abstract. Problem and purpose. The purpose of this study is to analyze the current state and development prospects of Russian feed industry, identify key challenges and areas for import substitution until 2030.

Methodology. It is based on the analysis of statistical data, expert reports, the assessment of production structure, the level of import dependence on amino acids, vitamins, and premixes, as well as the review of implemented and planned investment projects and biosecurity systems.

Results. In 2025 the volume of feed production in Russia amounted to 37 million tons (+1.5 % compared to the previous year), with the following production structure: poultry — 17.2% (6.36 million tons), pigs — 16.2 % (6 million tons), cattle — 3.2 % (1.18 million tons), and other animals — 0.4 % (0.15 million tons). The country's demand is estimated at 40 million tons. Premix production reached 586.5 thousand tons, of which 220 thousand tons were for poultry, 19.7 thousand tons for pigs, and 208.1 thousand tons for cattle. In 2025, the production of compound feed reached 191 thousand tons. The share of domestic equipment in the construction of feed mills reached 74 %. In 2025, the cost of compound feed decreased by 3.5% due to lower grain prices. Over the past 20 years (2005–2025), pork production has increased 11-fold (from 420 thousand to 4,603 thousand tons), and pork exports in 2025 amounted to almost 400 thousand tons (+24 %). Russia's production of lysine and methionine covers 75 % of the country's lysine needs and about half of its methionine needs, while essential amino acids and vitamins are imported from China (up to 80-90%). As part of the national project "Technological Support for the Bioeconomy," it is planned to increase the share of domestic biotechnological products in the consumption structure to 55 % by 2030 and to increase the production of bioeconomy products by 96 %. Major investment projects are being implemented in the production of amino acids and vitamins: DonBiotech (90,000 tons of lysine), Agritek Bio (200,000 tons of lysine), Tatneft Cluster (100,000 tons of methionine), Volzhsky Orgsynthesis (100,000 tons of methionine), Neogenium (production of threonine, tryptophan, and other amino acids). By 2030, the production of fish feed is expected to increase to 350,000 tons.

Conclusions. The Russian feed market demonstrates sustainable development while maintaining high import dependence on key components; the implementation of national projects and investment programs contributes to increased technological independence and modernization; the introduction of biosecurity systems enhances competitiveness; by 2030, there is a significant increase in the share of domestic components and a strengthening of Russia's position in the global feed market.

Key words: feed industry, premixes, feed additives, amino acids, vitamins, import substitution, technological modernization, food security

For citation: Vasilyev A.A., Esaulova L.A., Artemov E.S. Combine feeds 2026: trends, challenges and prospects for industry development // Ryazan Agrotech University Bulletin. 2026, T.18, No. 2, P.12-24 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.20.53.003>

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья

УДК631.559.2:635.655

DOI: 10.36508/RSATU.2026.54.91.004

ИНОКУЛЯЦИЯ СЕМЯН КАК ФАКТОР УВЕЛИЧЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ СОИ

Ольга Викторовна Лукьянова^{1✉}, Александр Сергеевич Ступин¹, Ольга Алексеевна Антошина¹, Наталья Владимировна Вавилова¹

¹ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

✉ ovluk74@mail.ru

Аннотация. Проблема и цель. Проблема дефицита белка, актуальная как на глобальном уровне, так и в России, требует безотлагательного решения. Ключевым фактором в решении обозначенной проблемы является увеличение общего объема сбора культур, характеризующихся высоким содержанием белка, при этом соя занимает приоритетное место. В настоящее время в агротехнике сои повсеместно применяются микробиологические инокулянты. Обработка семян сои такими препаратами способствует оптимизации азотфиксации, снижению потребности в фосфорных удобрениях, повышению содержания протеина, повышению устойчивости к патогенам и пестицидам, а также увеличению урожайности. В контексте устойчивого сельского хозяйства сельскохозяйственные инокулянты становятся всё более востребованными благодаря широкому спектру полезных свойств, которые они обеспечивают для растений. Целью настоящей работы было изучение влияния различных норм микробиологического удобрения ОрганитРизо при предпосевной обработке семян на формирование урожайности сои.

Методология. Закладка опытов осуществлялась в соответствии с методическими указаниями Б. А. Доспехова (1985), в четырёхкратной повторности при систематическом размещении вариантов и площади делянок 50 м². Учет урожая проводился сплошным методом. Агрохимический анализ почвы и зерна сои проводился в лаборатории ФГБУ «Станция агрохимической службы «Рязанская». Урожайные данные математически обрабатывали методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову, при помощи компьютерной программы Statistica 6.0. Агротехника – общепринятая для возделывания сои в Центральном регионе РФ.

Результаты. В результате проведенных исследований с использованием различных доз микробиологического удобрения ОрганитРизо отмечалось превышение показателя сохранности растений к уборке на 1,4-2,7 % относительно варианта без обработки, а также увеличение высоты растений. В фазу образования семян увеличение числа клубеньков характеризовалось превышением в 1,8-2,6 раза относительно контроля. Обработка микробиологическим удобрением ОрганитРизо способствовала увеличению густоты стояния растений на 1,2-1,9 шт./м², числа бобов на растении – 2-3 шт., количества семян на растении – 2-3 шт., массы 1000 семян – 0,3-0,6 г. относительно контрольного варианта. В результате применения микробиологического удобрения ОрганитРизо для обработки семян сои получена дополнительная прибавка урожайности от 0,12 до 0,23 т/га. Инокуляция семян сои способствовала повышению содержания белка на 0,9-1,3 %. На масличность семян применение микробиологического удобрения существенного влияния не оказало.

Заключение. Проведенные расчеты подтвердили, что уровень рентабельности при использовании микробиологического удобрения ОрганитРизо в зависимости от варианта находился в пределах 140,1 – 148,1%, что на 28,9-36,9 % больше значений контрольного варианта. Максимальное значение уровня рентабельности (148,1%) отмечено в варианте с нормой расхода препарата ОрганитРизо 2,0 л/т для инокуляции семян сои. Для повышения продуктивности посевов сои рекомендуется проводить инокуляцию микробиологическим удобрением ОрганитРизо (2,0 л/т).

Ключевые слова: соя, инокуляция, микробиологическое удобрение, азотфиксирующие бактерии, урожайность, белок, масличность

Для цитирования: Лукьянова О.В., Ступин А.С., Антошина О.А., Вавилова Н.В. Инокуляция семян как фактор увеличения урожайности сои // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2026, Т.18, № 2, С.25-34 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.54.91.004>

Original article

SEED INOCULATION AS A FACTOR FOR INCREASING SOYBEAN YIELD

Olga V. Lukyanova^{1✉}, Alexander S. Stupin¹, Olga A. Antoshina¹, Natalya V. Vavilova¹

¹ Ryazan State Agrotechnological University, Ryazan, Russia

✉ ovluk74@mail.ru

Abstract. Problem and purpose. Protein deficiency, a pressing issue both globally and in Russia, requires an urgent solution. A key factor in addressing this issue is increasing the total harvest of high-protein crops, with soybeans occupying a priority position. Microbiological inoculants are currently widely used in soybean cultivation. Treating soybean seeds with such agents optimizes nitrogen fixation, reduces the need for phosphorus fertilizers, increases protein content, enhances resistance to pathogens and pesticides, and increases yield. In the context of sustainable agriculture, agricultural inoculants are becoming increasingly popular due to the wide range of beneficial properties they provide to plants. The aim of this study was to study the effect of different rates of OrganitRizo microbiological fertilizer applied to pre-sowing seeds on soybean yield.

Methodology. The experiments were conducted according to the guidelines of B.A. Dospikhov (1985) with four replicates, systematically placing the treatments and plot sizes of 50 m². Yield was recorded using the continuous method. Agrochemical analysis of the soil and soybean grains was conducted in the laboratory of the Ryazan Agrochemical Service Station. Yield data were processed mathematically using the ANOVA method described by B.A. Dospikhov, using the Statistica 6.0 computer program. Agricultural practices were generally accepted for soybean cultivation in the Central Region of the Russian Federation.

Results. Studies using various doses of OrganitRizo microbiological fertilizer resulted in a 1.4-2.7 % increase in plant survival rates compared to untreated conditions, as well as an increase in plant height. During the seed formation phase, the number of nodules increased by 1.8-2.6 times compared to the control. Treatment with the OrganitRizo microbiological fertilizer increased plant density by 1.2-1.9 pods/m², the number of pods per plant by 2-3 pods, the number of seeds per plant by 2-3 pods, and the thousand-seed weight by 0.3-0.6 g compared to the control. Applying OrganitRizo microbiological fertilizer to soybean seeds resulted in an additional yield increase of 0.12 to 0.23 t/ha. Inoculation of soybean seeds increased protein content by 0.9- 1.3 %. The use of the microbiological fertilizer did not significantly affect seed oil content.

Conclusion. Calculations confirmed that the profitability of OrganitRizo microbiological fertilizer, depending on the treatment, ranged from 140.1 to 148.1%, which is 28.9 to 36.9% higher than the control. The highest profitability (148.1%) was observed with a 2.0 L/t application rate of OrganitRizo for soybean seed inoculation. To increase soybean productivity, inoculation with OrganitRizo microbiological fertilizer (2.0 L/t) is recommended.

Key words: soybean, inoculation, microbiological fertilizer, nitrogen-fixing bacteria, yield, protein, oil content

For citation: Lukyanova O.V., Stupin A.S., Antoshina O.A., Vavilova N.V. Seed inoculation as a factor for increasing soybean yield // Ryazan Agrotech University Bulletin. 2026, T.18, No. 2, P. 25-34 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.54.91.004>

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 638.16

DOI: 0.36508/RSATU.2026.21.39.005

К ВОПРОСУ СТАНДАРТИЗАЦИИ МОЛОЧАЕВОГО МЕДА

Мария Анатольевна Овчинникова¹, Елена Витальевна Грибановская^{2✉}, Вера Сергеевна Дюкова², Иса Аудович Автарханов³

¹ ФГБОУ ВО «КубГУ», г. Краснодар, Россия

² ФГБНУ «Федеральный научный центр пчеловодства», г. Рыбное, Россия

✉ vitlenag@yandex.ru

Аннотация. Проблема и цель. Стандартизация монофлорного мёда включает в себя разработку и утверждение стандартов, технических условий и других нормативных документов, которые определяют качество и безопасность новых видов мёда, а также методы их контроля. Цель стандартизации – идентификация монофлорных мёдов в зависимости от их ботанического происхождения, что необходимо для повышения качества, защиты производителей и потребителей, а также предоставления объективной информации о ботаническом происхождении мёдов. Эти требования могут касаться органолептических (вкус, запах, цвет), физико-химических (влажность, содержание сахаров, кислот и других веществ) и других характеристик мёда. В настоящее время ГОСТ 31766-2022, касающийся монофлорных мёдов, не определяет стандарты качества для молочаевого мёда. Следовательно, изучение его органолептических и физико-химических свойств является крайне важным для разработки объективных критериев и установления единого стандарта его идентификации.

Методология. В рамках научного сотрудничества АПИ-лаборатории Кубанского государственного университета, ФГБНУ «ФНЦ Пчеловодства» с привлечением экспертной группы Ассоциации Медовых Дегустаторов были проведены органолептические, мелиссопалинологические и физико-химические исследования 30 образцов молочаевого мёда с Северо-Кавказского Федерального округа, с Чеченской и Дагестанской республик.

Результаты. В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы: исследованные образцы молочаевого мёда соответствуют требованиям ГОСТ 19792 2017 по всем ключевым показателям за исключением диастазы. Пыльцевым анализом подтверждено, что во всех образцах присутствует пыльца молочая лозного *Euphorbia virgate*; повышенное содержание железа и йода объясняет выраженные лечебно-профилактические свойства продукта; отсутствие ГМФ и нормальная влажность подтверждают безопасность образцов и способность к длительному хранению. Проведенный комплексный органолептический и мелиссопалинологический и физико-химический анализ 30 образцов молочаевого мёда выявил, что лишь 12 из них соответствуют критериям высококачественного монофлорного продукта с устойчивыми сенсорными характеристиками. Таким образом, значительная доля исследованных образцов (60 %) продемонстрировала существенные отклонения, что указывает на высокую вариативность качества и ботанического происхождения молочаевого мёда, представленного на рынке.

Заключение. Полученные результаты исследования закладывают основу для разработки объективных критериев и единого стандарта идентификации молочаевого мёда. Внедрение такого стандарта имеет существенное значение не только для контроля качества продукции и борьбы с фальсификацией, но и для повышения доверия потребителей, а также для формирования более точных рекомендаций пчеловодам по производству целевого монофлорного мёда.

Ключевые слова: монофлорный мёд, молочай, органолептический анализ, физико-химические показатели

Для цитирования: Овчинникова М.А., Грибановская Е.В., Дюкова В.С., Автарханов И. А. К вопросу стандартизации молочаевого мёда // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2026, Т.18, № 2, С.35-43 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.21.39.005>

Original article

ON THE ISSUE OF STANDARDIZATION OF MILF-FLOWER HONEY

Maria A. Ovchinnikova¹, Elena V. Gribanovskaya^{2✉}, Vera S. Dyukova², Isa A. Avtarkhanov³

¹ Kuban State University, Krasnodar, Russia

² Federal Scientific Center of Beekeeping, Rybnoe, Russia

³ Society of Beekeepers of the Chechen Republic, Grozny, Russia

✉ vitlenag@yandex.ru

Abstract. Problem and purpose. The standardization of mono-floral honey includes the development and approval of standards, technical specifications, and other regulatory documents that define the quality and safety of new types of honey, as well as methods for their control. The purpose of standardization is to identify monofloral honeys based on their botanical origin, which is necessary to improve quality, protect

producers and consumers, and provide objective information about the botanical origin of honeys. These requirements may include organoleptic (taste, smell, and color), physical and chemical (moisture content, sugar, acid, and other substance content), and other characteristics of honey. Currently, GOST (State Standard) 31766-2022, which concerns monofloral honeys, does not define quality standards for milkweed honey. Therefore, studying its organoleptic and physical-chemical properties is crucial for developing objective criteria and establishing a unified standard for its identification.

Methodology. As part of the scientific cooperation between the API Laboratory of Kuban State University and the Federal Research Center for Beekeeping, an expert group from the Association of Honey Tasters conducted organoleptic, melissopalinalogical, and physical and chemical studies of 30 samples of milkweed honey from the North Caucasus Federal District, including the Chechen and Dagestan Republics.

Results. As a result of the work done, the following conclusions can be drawn. The studied samples of milkweed honey meet the requirements of GOST 19792-2017 in all key indicators, except for diastase. Pollen analysis confirmed that all samples contain *Euphorbia virgate* pollen. High content of iron and iodine explains the product's pronounced therapeutic and preventive properties. Absence of GMP and normal moisture content confirm the safety of the samples and their ability to be stored for a long time. Comprehensive organoleptic, melissopalinalogical, and physical-chemical analysis of 30 samples of milkweed honey revealed that only 12 of them meet the criteria for a high-quality monofloral product with stable sensory characteristics. Thus, significant proportion of the samples studied (60%) showed significant deviations, indicating the high variability in the quality and botanical origin of milkweed honey available on the market.

Conclusion. The research results obtained lay the foundation for the development of objective criteria and a unified standard for the identification of milkweed honey. The implementation of such a standard is essential not only for the control of product quality and the fight against falsification, but also for increasing consumer confidence, as well as for providing more accurate recommendations to beekeepers for the production of targeted monofloral honey.

Key words: monofloral honey, milkweed, organoleptic analysis, physical and chemical indicators

For citation: Ovchinnikova M.A., Gribanovskaya E. V., Dyukova V. S., Avtarkhanov I.A. On the issue of standardization of milf-flower honey // Ryazan Agrotech University Bulletin. 2026, T.18, No. 2, P. 35-43 [https:// doi.org/ 0.36508/RSATU.2026.21.39.005](https://doi.org/0.36508/RSATU.2026.21.39.005)

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья

УДК [633.811:633.819]:631.445.24(476-18)

DOI: 10.36508/RSATU.2026.17.42.006

ПОТЕНЦИАЛ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РОЗЫ МАСЛИЧНОЙ И ДРУГИХ ЭФИРОМАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ЛЕГКОСУГЛИНИСТЫХ ПОЧВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Евгений Александрович Плевко^{1✉}, Дмитрий Валериевич Виноградов², Майя Викторовна Сандалова¹, Мария Михайловна Савина¹

¹ УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (БГСХА), г. Горки, Республика Беларусь

² ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

✉ eplevko@yandex.ru

Аннотация. Проблема и цель. В статье рассматривается агроклиматический потенциал северо-восточного региона Беларуси для производства эфиромасличных культур с целью получения эфирного масла. Проанализирован перечень культур, перспективных для интродукции и возделывания в данных почвенно-климатических условиях. Освещена история развития отрасли в Республике Беларусь с указанием ключевых научных учреждений и хозяйств. Исследованы современное состояние и структура рынка эфирных масел, включая экспортные возможности. В заключении сформулированы выводы относительно целесообразности и экономической эффективности расширения ассортимента эфиромасличных культур в системе сельского хозяйства Беларуси.

Методология. В 2025 году был заложен производственный опыт по возделыванию розы эфиромасличной. Сажены двух сортов «Лань» и «Радуга» (по 250 шт. каждого) были приобретены в ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» (г.

Симферополь). Данный опыт впервые проводится в условиях северо-восточного района Беларуси. Почва участка дерново-подзолистая легкосуглинистая. Посадочные ямы размером 40 x 40 см. Схема посадки 1 x 2,5 м.

Результаты. Данные исследования показали, что растения розы масличной благополучно перенесли условия зимы 2025-2026 года. Выживаемость составила 100 %. На большом количестве растений были обнаружены подмерзания кончиков побегов, однако нижняя часть побегов и корневая система не пострадали, что позволяет сделать вывод о целесообразности укрытия растений опилками на зимний период. В первый год исследований была произведена пробная выгонка эфирного масла из лепестков розы масличной. Результаты показали, что в лепестках растений в условиях северо-востока Беларуси наблюдается высокое содержание эфирного масла.

Заключение. Дерново-подзолистые легкосуглинистые почвы северо-восточной части Беларуси обладают достаточным потенциалом для возделывания широкого ассортимента эфиромасличных культур. Успех определяется правильным подбором зимостойких и адаптированных видов, соблюдением агротехнологий и наличием научного сопровождения. Исторический опыт и современные рыночные тренды подтверждают экономическую целесообразность развития данного направления. Производственные опыты с розами являются важным практическим шагом, результаты которого могут послужить основой для расширения сырьевой базы и создания в Беларуси производства эфирных масел. Для устойчивого развития отрасли необходима государственная поддержка в виде программ развития, научного обеспечения и содействия в организации кооперации производителей и выхода на внешние рынки.

Ключевые слова: эфиромасличные культуры, роза эфиромасличная, дерново-подзолистые почвы, интродукция, рынок эфирных масел, фермерское хозяйство

Для цитирования: Плевко Е.А., Виноградов Д.В., Сандалова М.В., Савина М.М. Потенциал возделывания розы масличной и других эфиромасличных культур в условиях дерново-подзолистых легкосуглинистых почв северо-восточной части республики Беларусь // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2026, Т. 18, № 2, С. 44-50 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.17.42.006>

Original article

CULTIVATION POTENTIAL OF OIL ROSE AND OTHER ESSENTIAL OIL CROPS IN SOD-PODZOLIC LIGHT LOAM SOILS OF THE NORTHEASTERN PART OF THE REPUBLIC OF BELARUS

Evgeny A. Plevko^{1✉}, Dmitry V. Vinogradov², Maya V. Sandalova¹, Mariya M. Savina¹

¹ Belarusian State Agricultural Academy, Gorki, Belarus

² Ryazan State Agrotechnological University, Ryazan, Russia

✉ eplevko@yandex.ru

Abstract. Problem and purpose. This article examines the agroclimatic potential of the northeastern region of Belarus for the production of essential oil crops. A list of crops promising for introduction and cultivation in these soil and climatic conditions is analyzed. The history of the industry's development in the Republic of Belarus is covered, with key scientific institutions and farms identified. The current state and structure of the essential oil market, including export opportunities, are examined. Conclusions regarding the feasibility and cost-effectiveness of expanding the range of essential oil crops in Belarusian agriculture are presented.

Methodology. In 2025, a production experiment on the cultivation of essential oil roses was initiated. Seedlings of two varieties, "Lan" and "Raduga" (250 each), were purchased from the Federal State Budgetary Institution of Science "Research Institute of Agriculture of Crimea" (Simferopol). This experiment is being conducted for the first time in the northeastern region of Belarus. The soil is sod-podzolic, light loamy. Planting holes measured 40 x 40 cm. The planting pattern was 1 x 2.5 m.

Results. The study data showed that oil rose plants successfully survived the 2025-2026 winter conditions. The survival rate was 100%. A large number of plants showed frost damage to the shoot tips, but the lower part of the shoots and root system were undamaged, suggesting that covering the plants with sawdust during the winter is advisable. During the first year of the study, a trial extraction of essential oil from oil rose petals was conducted. The results showed that the petals of plants grown in northeastern Belarus contain a high content of essential oil.

Conclusion. The sod-podzolic light loamy soils of northeastern Belarus have sufficient potential for cultivating a wide range of essential oil crops. Success is determined by the correct selection of winter-hardy and adapted species, adherence to agricultural practices, and the availability of scientific support. Historical experience and current market trends confirm the economic feasibility of developing this area. Production trials with roses are an important practical step, the results of which can serve as a basis for expanding the raw material base and establishing essential oil production in Belarus. Sustainable development of the

industry requires government support in the form of development programs, scientific support, and assistance in organizing producer cooperation and entering foreign markets.

Key words: essential oil crops, essential oil rose, sod-podzolic soils, introduction, Republic of Belarus, essential oil market, farming

For citation: Plevko E.A, Vinogradov D.V., Sandalova M.V., Savina M.M. Cultivation potential of oil rose and other essential oil crops in sod-podzolic light loam soils of the northeastern part of the republic of Belarus // Ryazan Agrotech University Bulletin. 2026, T.18, No. 2, P.45-50 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2026.17.42.006](https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.17.42.006)

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 639.3.041.2

DOI: 10.36508/RSATU.2026.10.43.007

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ИНКУБАЦИИ ИКРЫ И РАЗВИТИЯ МОЛОДИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ ПОРОДЫ АДЛЕР

Татьяна Анатольевна Хорошайло^{1✉}, Алина Вячеславовна Власова², Ирина Владимировна Сердюченко¹, Мелания Вячеславовна Клинцева¹, Олег Викторович Свитенко¹

¹ ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия

² АО Племенной форелеводческий завод «Адлер», г. Сочи, Россия

✉ tatyana_zabai@mail.ru

Аннотация. Проблема и цель. Цель исследований заключалась в определении технологических аспектов повышения эффективности инкубации икры и выращивания малька радужной форели породы адлер.

Методология. Исследование проводили в условиях полносистемного хозяйства АО «Племенной форелеводческий завод «Адлер» в 2024-2025 гг., объектом которого являлись икра и малек радужной форели породы адлер. Икра трехлеток форели породы адлер собственного маточного стада была получена и заложена в конце ноября 2024 г. при температуре 13,3° С. В ходе опыта отбирались 4 пробирки по 25 шт. икры, затем заливались раствором НУК-15 в соотношении с водой 1:3 (10 мл НУК-15 на 30 мл воды). Во время инкубации икры производилась экспериментальная обработка 37 %-м раствором формалина и перекисью водорода концентрацией 30-40 % методом сквозного потока. Эффективность действия дезинфицирующих препаратов устанавливали по общей выживаемости икры в результате сортировки 12.12.2024. После обработки икры на стадии глазка была проведена ее сортировка, затем ее взвешивали и определяли навески; проводили также обработку икры на стадии глазка 10 %-м водным раствором препарата «Йодинол». В таком растворе обрабатывали не больше 100 тыс. шт. икры, затем раствор меняли.

Результаты. Эффективность оплодотворения икры в первой колбе составила 95 % и 96 % во второй при интенсивности водопотребления в аппарате 25,0 л/мин. Длительность инкубационного периода в обеих колбах до стадии выклева составила 24 дня, а до стадии поднятия на плав – 37 дней. Время экспозиции при обработке составило 5 мин для обеих колб. Масса навесок составила 0,074 г в 1-й колбе, а во 2-й колбе – 0,075 г. Проведенные обработки икры форели в 37 %-м формалине и 30-40 %-й перекисью водорода показали различия в эффективности по выживаемости икры и поражению сопралегнией. При обработке раствором формалина в количестве 0,250 мл выживаемость икры составила 88,3 % и 88,4 %, соответственно, поражение сопралегнией было на 13,6 % меньше, чем при обработке раствором перекиси водорода. Применение 37 %-го раствора формалина способствовало существенному снижению отхода икры при наличии грибковых заболеваний, позволило повысить общий выход личинок и получить более качественный посадочный материал. Икра после сортировки была разложена в стеклопластиковые лотки объемом 0,5 м³. Выклев произошел на 24-е сутки (319,5 градусо-дней). На 31-е сутки (412,5 градусо-дней) личинка начала роиться и «пошла» на плав, начало кормления началось на 37-е сутки (492,3 градусо-дня). Количество полученных предличинок от икры, обработанной 37 %-м раствором формалина, было выше, чем в группах, обработанных 30-40 %-м раствором перекиси водорода на 10,9 %. Выход личинок, перешедших на экзогенное питание (ЭП), в группе, обработанной формалином, был на 12,0 % выше, чем в группе аналогов, обработанной перекисью водорода. Выход малька с массой 0,2 г также был максимальным в группе,

обработанной формалином, превысив результат группы, обработанной перекисью водорода, в среднем на 11,3 %.

Заключение. Обработка икры 37 %-м раствором формалина является рекомендованной к применению как наиболее эффективная, обеспечивающая повышение общего выхода продукции аквакультуры на всех этапах выращивания. Данная методика позволяет оптимизировать производственные затраты и повысить рентабельность за счет увеличения выживаемости на критически важных ранних стадиях онтогенеза.

Ключевые слова: форелеводство, порода адлер, икра, молодь, инкубация, обработка

Для цитирования: Хорошайло Т.А., Власова А.В., Сердюченко И.В., Клинцева М.В., Свитенко О.В. Технологические подходы к совершенствованию инкубации икры и развития молоди радужной форели породы Адлер // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2026, Т.18, № 2, С.51-57 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.10.43.007>

Original article

TECHNOLOGICAL APPROACHES TO IMPROVING THE INCUBATION OF EGGS AND THE DEVELOPMENT OF JUVENILE RAINBOW TROUT OF THE ADLER BREED

Tatyana A. Khoroshailo¹✉, Alina V. Vlasova², Irina V. Serdyuchenko¹, Melania V. Klintsova¹, Oleg V. Svitenko¹

¹ Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

² Trout Breeding Farm "Adler", Sochi, Russia

✉ tatyana_zabai@mail.ru

Abstract. Problem and purpose. The objective of the study was to identify technological aspects of increasing the efficiency of Adler rainbow trout egg incubation and fry rearing.

Methodology. The study was conducted at the full-system farm of Adler Trout Breeding Farm JSC in 2024–2025. The study focused on Adler rainbow trout eggs and fry. Three-year-old Adler trout eggs from the company's brood stock were obtained and set in late November 2024 at a temperature of 13.3°C. During the experiment, four test tubes containing 25 eggs each were collected and then filled with a NUK-15 solution at a 1:3 ratio to water (10 ml NUK-15 per 30 ml water). During egg incubation, experimental treatment with a 37% formalin solution and 30–40% hydrogen peroxide was performed using the flow-through method. The effectiveness of the disinfectants was determined based on the overall survival rate of the eggs after sorting on December 12, 2024. After treatment at the eye stage, the eggs were sorted, weighed, and weighed. They were also treated at the eye stage with a 10% aqueous solution of Iodinol. No more than 100,000 eggs were treated with this solution, after which the solution was changed.

Results. The egg fertilization efficiency was 95% in the first flask and 96% in the second at a water consumption rate of 25.0 l/min. The incubation period in both flasks to the hatching stage was 24 days, and to the floating stage, 37 days. The exposure time during treatment was 5 minutes for both flasks. The sample weight was 0.074 g in the first flask, and 0.075 g in the second flask. Treatments of trout eggs in 37 % formalin and 30–40 % hydrogen peroxide showed differences in the effectiveness of egg survival and *Sopralegnia* infestation. When treated with a 0.250 ml formalin solution, the egg survival rate was 88.3 % and 88.4 %, respectively, while the incidence of *Sopralegnia* was 13.6% lower than when treated with a hydrogen peroxide solution. The use of a 37% formalin solution contributed to a significant reduction in egg mortality in the presence of fungal diseases, an increase in the overall yield of larvae, and the production of higher-quality seed stock. After sorting, the eggs were placed in fiberglass trays with a volume of 0.5 m³. Hatching occurred on the 24th day (319.5 degree-days). On the 31st day (412.5 degree-days), the larvae began to swarm and "started" swimming, and feeding began on the 37th day (492.3 degree-days). The number of prelarvae obtained from eggs treated with a 37 % formalin solution was 10.9% higher than in groups treated with a 30–40 % hydrogen peroxide solution. The yield of larvae that transitioned to exogenous feeding (EF) in the formalin-treated group was 12.0 % higher than in the hydrogen peroxide-treated group. The yield of fry weighing 0.2 g was also highest in the formalin group, exceeding the result of the hydrogen peroxide groups by an average of 11.3 %.

Conclusion. Treating eggs with a 37 % formalin solution is recommended as the most effective method, increasing overall aquaculture yield at all stages of hatchery production. This method optimizes production costs and improves profitability by increasing survival rates during the critical early stages of development.

Key words: trout farming, Adler breed, caviar, juveniles, incubation, processing

For citation: Khoroshailo T.A., Vlasova A.V., Serdyuchenko I.V., Klintsova M.V., Svitenko O.V. Technological approaches to improving the incubation of eggs and the development of juvenile rainbow trout

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 633.15:636.085.52:631.482.1

DOI: 10.36508/RSATU.2026.56.88.008

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУКУРУЗЫ НА СИЛОС НА АЛЛЮВИАЛЬНОЙ ПОЧВЕ ПРИ ВНЕСЕНИИ ГУМИНОВОГО ПРЕПАРАТА И УДОБРЕНИЙ

Вадим Петрович Шичков¹, Ольга Алексеевна Захарова^{1✉}

¹ ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» г. Рязань, Россия

✉ ol-zahar-ru@yandex.ru

Аннотация. Проблема и цель. Необходимость решения проблемы повышения урожайности культуры продиктована интенсивным развитием животноводства в Рязанской области. По данным на 2025 год поголовье крупного рогатого скота составило 172,4 тысячи, что почти на 2 % выше по сравнению с 2020 годом. Объекты исследований – аллювиальная почва центральной поймы р. Оки и кукуруза на силос раннеспелого гибрида Агата СВ – (ФАО 170). Предмет исследований – эффективность воздействия удобрений на почву и растения кукурузы. Научная новизна – впервые в условиях Рязанской области изучено действие удобрений на аллювиальную почву Центральной поймы р. Оки. Цель исследований – оценка эффективности возделывания кукурузы на силос на аллювиальной почве при внесении гуминового препарата и удобрений.

Методология. Исследования проведены в 2024-2025 годах в АО «Московское» Рязанского района Рязанской области. Внесение навоза осенью под основную обработку почвы. Обработка гуминовым препаратом «Экор» проводилась весной с нормой расхода рабочего раствора. Минеральные удобрения внеслись под предпосевную культивацию в дозе N120P90K90. Методика исследований общепринятая. Определение легкогидролизуемого азота в почвенных образцах по методу Тюрина и Конновой; аммиачного и нитратного азота и подвижного фосфора на фотоколориметре; подвижного калия по методу Чирикова; рН определялось с помощью потенциометра. Развитие корневой системы растения определялось расчетным методом. Учет урожая проводился сплошным методом поделочно. Опыт был заложен на двух участках: первый – агрофитоценоз, предшественник – вико-овсяная смесь; второй – залежь, земли которой длительное время не возделывались и были заняты злаково-травянистой растительностью (пырей ползучий, мятлик болотный, тимофеевка луговая). Площадь участков на обоих участках 10 м², повторность опыта четырехкратная.

Результаты. Выдвинутая рабочая гипотеза об эффективности гуминового препарата «Экор», внесимого на фоне минеральных и органических удобрений под кукурузу на силос на аллювиальной почве, нашла подтверждение в полученных нами результатах мелкоделаночного полевого опыта. Так, на варианте 6 участки 1 и 2, к примеру, увеличилось по сравнению с контролем содержание органического вещества на 3,1-3,2 %, P₂O₅ – на 2,3-2,7 %, K₂O – на 3,4-3,6 %, ОМЧ выросло на 68,7-77,6 %. Так, все изменения почвы и растений имели тенденцию к линейному росту, кроме таких показателей качества как сырая зола и сырая клетчатка, содержание которых уменьшилось по мере роста урожайности. Результаты расчетов показали максимальные значения D на вариантах 5 и 6, равные 1,42 и 1,46 для первого участка и D на вариантах 5 и 6, равные 1,47 и 1,53 для второго (НСР_{0,5}=5,2). Оптимальным с агрономической точки зрения явился вариант 6 с внесением удобрений с повышенной дозой навоза, что выразилось в прибавке урожая на участке 1 на 24,0 % и на участке 2 на 27,9 %, более интенсивной чистой продуктивности фотосинтеза – 42,2 и 47,6 % при высоком качестве зеленой массы. Однако по результатам предварительного расчета более экономически выгодным явился вариант 5 с внесением гумата «Экор» +N120P90K90+Навоз 20 т/га, о чем свидетельствует такой показатель, как рентабельность производства кукурузы на силос на обоих участках на 0,8 и 0,3 % по сравнению с вариантом 6. Исследования продолжаются и более точные данные будут получены при обработке результатов за 3 года.

Заключение. На основании проведенных исследований дана оценка эффективности возделывания кукурузы на силос на аллювиальной почве при внесении гуминового препарата и минеральных

удобрений. Исследования выполнены в соответствии с хоздоговорной темой №19-2024 «Эколого-ландшафтное обследование территории Рязанской области (на примере АО «Московское»).

Ключевые слова: аллювиальная почва, кукуруза, удобрения, гумат «Экор»

Для цитирования: Шичков В.П., Захарова О.А. Эффективность возделывания кукурузы на силос на аллювиальной почве при внесении гуминового препарата и удобрений // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2026, Т.18, № 2, С.58-66 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2026.56.88.008](https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.56.88.008)

Original article

EFFICIENCY OF CULTIVATING CORN FOR SILAGE IN ALLUVIAL SOILS WITH THE APPLICATION OF A HUMIC PREPARATION AND FERTILIZERS

Vadim P. Shichkov¹, Olga A. Zakharova¹✉

¹ Ryazan State Agrotechnological University, Ryazan, Russia

✉ ol-zahar-ru@yandex.ru

Abstract. Problem and purpose. The need to increase crop yields is dictated by the intensive development of livestock farming in the Ryazan Region. According to 2025 data, the cattle population was 172,400, an increase of almost 2 % compared to 2020. The study subjects were the alluvial soil of the central floodplain of the Oka River and silage corn of the early-maturing hybrid Agata SV (FAO 170). The subject of the study was the effectiveness of fertilizers on soil and corn plants. The scientific novelty lies in the fact that the effect of fertilizers on the alluvial soil of the Central floodplain of the Oka River in the Ryazan region has been studied for the first time. The objective of the study was to evaluate the effectiveness of growing silage corn on alluvial soil with the addition of a humic preparation and organomineral fertilizers.

Methodology. The study was conducted in 2024-2025 at JSC Moskovskoye, Ryazan District, Ryazan Region. Manure was applied in the fall during primary tillage. Treatment with the humic preparation "Ekor" was carried out in the spring at the standard application rate of the working solution. Mineral fertilizers were applied during pre-sowing cultivation at a dose of N120P90K90. The research methodology was standard. Easily hydrolyzable nitrogen in soil samples was determined using the Tyurin and Konnova method, ammonia and nitrate nitrogen and available phosphorus were measured using a photocolormeter, and available potassium was measured using the Chirikov method. pH was determined using a potentiometer. Plant root system development was determined by calculation. Yield metering was performed using the continuous plot method. The experiment was conducted on two plots: the first was an agrophytocenosis, the predecessor was a vetch-oat mixture; the second was a fallow land, the land of which had not been cultivated for a long time and was occupied by grassgrass vegetation (creeping wheatgrass, marsh bluegrass, timothy-grass). The plot area in both areas was 10 m², and the experiment was replicated four times.

Results. The proposed working hypothesis regarding the effectiveness of the humic preparation "Ekor" applied alongside mineral and organic fertilizers to corn silage on alluvial soil was supported by the results of our small-plot field experiment. For example, in Variant 6 of plots 1 and 2, compared to the control, organic matter content increased by 3.1–3.2 %, P₂O₅ by 2.3–2.7 %, K₂O by 3.4–3.6 %, and TMC increased by 68.7–77.6 %. All soil and plant changes showed a linear trend, with the exception of quality indicators such as crude ash and crude fiber, whose content decreased as yield increased. The calculation results showed the maximum value of D in variants 5 and 6, equal to 1.42 and 1.46 for the first plot, and D in variants 5 and 6, equal to 1.47 and 1.53 for the second (HSR_{0.5}=5.2). Option 6 with the application of fertilizers with an increased dose of manure was optimal from an agronomic point of view, which resulted in an increase in yield in plot 1 by 24.0 % and in plot 2 by 27.9 %, more intensive net productivity of photosynthesis - 42.2 and 47.6 % with high quality of green mass. However, preliminary calculations revealed that Option 5, with the application of Ekor humate + N120P90K90 + Manure at a rate of 20 t/ha, was more cost-effective. This is evidenced by the 0.8 % and 0.3 % increases in the profitability of silage corn production at both sites compared to Option 6. The research is ongoing, and more accurate data will be obtained after processing the results over three years.

Conclusion. The assessment of the effectiveness of growing silage corn on alluvial soils with the application of a humic preparation and organomineral fertilizers was made on the basis of the conducted research. The research was conducted in accordance with contract topic No. 19-2024, "Ecological and landscape survey of the Ryazan region (using Moskovskoe JSC as an example)".

Key words: alluvial soil, corn, fertilizers, Ekor humate

For citation: Shichkov V.P., Zakharova O.A. Efficiency of cultivating corn for silage in alluvial soils with the application of a humic preparation and fertilizers // Ryazan Agrotech University Bulletin. 2026, T.18, No. 2, P. 58-66 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2026.56.88.008](https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.56.88.008)

Научная статья
УДК 628.33
DOI: 10.36508/RSATU.2026.27.67.024

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ
С ПРИМЕНЕНИЕМ МУРАВЬИНОЙ КИСЛОТЫ**

Даниил Иванович Монастырский^{1✉}, Марина Анатольевна Куликова¹

¹ ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», г. Новочеркасск, Россия

✉ danya.monastyrskij.95@mail.ru

Аннотация. Проблема и цель. В агропромышленном секторе муравьиная кислота ценится за способность подавлять бактерии и изменять кислотность среды. Представленная работа посвящена решению проблемы переработки щелочных отходов животноводства, а именно стоков свинокомплексов, прошедших стадию обработки реагентом из фосфогипса. Основная задача исследований сводилась к подбору условий, при которых исходный показатель рН среды, равный 11, удалось бы снизить до нейтрального уровня (рН 7) с использованием муравьиной кислоты. **Методология.** В процессе лабораторных опытов проводилось сравнение двух подходов к введению кислоты: в чистом виде (85 % концентрация) и после предварительного смешивания с водой. В результате были вычислены конкретные объемы, обеспечивающие требуемую кислотность.

Результаты. Зафиксировано, что разбавленный состав дает ряд эксплуатационных преимуществ: время, затрачиваемое на перемешивание, уменьшается вдвое, а процесс нейтрализации протекает без резких скачков, что минимизирует возможность получить среду с избыточной кислотностью. Проведены лабораторные исследования состава полученного осадка с целью определения возможности дальнейшего его использования в качестве удобрения.

Заключение. Полученные данные позволяют рассматривать муравьиную кислоту как подкисляющий реагент для завершающей стадии подготовки гидросмыва к внесению в почву. Предлагаемый подход не только решает задачу утилизации побочных продуктов агропроизводства, но и способствует сохранению плодородия почв.

Ключевые слова: муравьиная кислота, утилизация отходов, свиноводческие стоки, рН, подкисление, фосфогипс, органоминеральные удобрения, экологическая безопасность

Для цитирования: Монастырский Д.И., Куликова М.А. Технология получения органоминерального удобрения с применением муравьиной кислоты // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2026, Т. 18, № 2, С. 67-72 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.27.67.024>

Original article

TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF ORGANOMINERAL FERTILIZERS USING FORMIC ACID

Daniil I. Monastyrsky^{1✉}, Marina A. Kulikova¹

¹ South-Russian State Polytechnic University named after M.I. Platov, Novocherkassk, Russia

✉ danya.monastyrskij.95@mail.ru

Abstract. Problem and purpose. In the agro-industrial sector formic acid is valued for its ability to suppress bacteria and change the acidity of the environment. The presented work is devoted to solving the problem of processing alkaline waste from animal husbandry, namely the effluents of pig farms that have been treated with a phosphogypsum reagent. The main objective of the research was to select the conditions under which the initial pH of the medium, equal to 11, could be reduced to a neutral level (pH 7) using formic acid.

Methodology. In the course of laboratory experiments two approaches to the introduction of acid were compared: in pure form (85% concentration) and after pre-mixing with water. As a result, specific volumes were calculated to provide the required acidity.

Results. It is recorded that the diluted composition provides a number of operational advantages: the time spent on mixing is halved and the neutralization process proceeds without sudden jumps which minimizes

the possibility of obtaining a medium with excessive acidity. Laboratory studies of the composition of the obtained sediment were carried out in order to determine the possibility of its further use as fertilizer.

Conclusion. The data obtained allow us to consider formic acid as a suitable agent for the final stage of preparing a hydraulic wash for application to the soil. The proposed approach not only solves the problem of recycling by-products of agricultural production, but also helps to preserve soil fertility.

Key words: formic acid, waste management, pig runoff, pH, acidification, phosphogypsum, organomineral fertilizers, environmental safety

For citation: Monastyrsky D.I., Kulikova M.A. Technology for the production of organomineral fertilizers using formic acid // Ryazan Agrotech University Bulletin. 2026, T.18, No. 2, P. 67-72 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.27.67.024>

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 631

DOI: 10.36508/RSATU.2026.64.91.009

АЛГОРИТМ ПОДБОРА РАЦИОНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОСНОВНОЙ И ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕНИН

Адже Эгбеа Шимэн Кристэль¹, Екатерина Петровна Парлюк^{1✉}

¹ ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

✉ kparlyuk@yandex.ru

Аннотация. Проблема и цель. В Бенине нет формализованного подхода к подбору техники для обработки почвы, который связывал бы характеристики машин с условиями конкретного хозяйства. На практике тракторы выбирают по рыночной доступности или программам поставок, не учитывая региональные различия. Между тем страна неоднородна (три агроэкологические зоны с разными почвами, сроками дождей и культурами), а мелкие хозяйства (до 2 га) составляют большинство. Унифицированные схемы ведут к недогрузке машин на юге и срыву агросроков на севере. Следовательно, проблема не в нехватке тракторов, а в отсутствии инструмента, учитывающего зону, размеры хозяйства, культуры и способ доступа к технике. Целью исследования является разработка алгоритма подбора рационального комплекса машин и оборудования для основной и предпосевной обработки почвы в условиях Республики Бенин с учётом природно-производственных, технологических и экономических факторов.

Методология. Мы использовали аналитический обзор, сравнительный анализ источников, типизацию хозяйств, интегральную балльную оценку и элементы имитационного моделирования. Информационная база – материалы Всемирного банка, FAO и научные публикации по механизации Бенина. Отметим ограничение: эмпирических данных о загрузке техники в разных зонах недостаточно, поэтому выводы модельные. Мы выделили семь параметров выбора техники: агроэкологическая зона, площадь хозяйства, состав культур, тип почвы, уровень увлажнения, длительность агротехнического окна, бюджет и форма доступа. Перечень не исчерпывающий, но достаточен для первичного выбора класса машин. На основе площади, культур и формы доступа хозяйства разделены на три типа: малые семейные (до 3 га), средние смешанные (3-15 га) и кооперативно-сервисные. Для каждого варианта техники мы вычислили интегральный балл как взвешенную сумму баллов соответствия по семи факторам. Веса назначены экспертным путём: наибольшие (по 0,20) – у структуры культур и агротехнического окна. Веса не верифицированы статистически – это ограничение подхода. Рациональным признаётся вариант с максимальным интегральным баллом.

Результаты. Мы описали алгоритм из пяти шагов: сначала пользователь вводит семь параметров, затем система относит хозяйство к одному из трёх типов, подбирает возможные варианты техники, считает для каждого интегральную оценку и выбирает лучший (если оценки близки – смотрит на стоимость обработки гектара). На основе этого мы дали рекомендации по зонам. На юге, где поля маленькие и влажно, подойдут мотоблоки или маломощные тракторы (45-50 л.с.) с лёгкими орудиями. В центре, с полями побольше и разными культурами, лучше использовать универсальные тракторы средней мощности (45-65 л.с.) с плугом, бороной и культиватором. На севере, где сроки жёсткие и главные культуры – хлопок с кукурузой, нужны тракторы мощнее (80-110 л.с.), но только если их удастся интенсивно загружать – например, в

кооперативе или сервисной службе. Нашу модель легко перенести в Excel, так что фермер или экономист может пользоваться ею без специальных программ.

Заключение. Бенин разнороден по агроэкологическим условиям, поэтому единая схема подбора техники неэффективна. Выбор техники в наибольшей степени зависит от агроэкологической зоны, площади хозяйства, структуры культур, типа почвы, агротехнического окна, бюджета и формы доступа к технике. Последний фактор часто игнорируется, хотя именно он определяет реальную загрузку машин. Предложенный алгоритм основан на интегральной многокритериальной оценке. Принятые весовые коэффициенты (особенно высокие для структуры культур и агротехнического окна) не единственно возможные – их уточнение остаётся задачей дальнейших исследований. Алгоритм технически реализуем в Excel или в виде простого цифрового сервиса, но его практическая ценность зависит от качества входных данных. Что касается типов хозяйств: для малых (до 3 га) рациональны сервисные услуги или мотоблоки; для средних (3-15 га) – универсальный тракторный комплект; для кооперативно-сервисных структур – производительная техника (80-110 л.с.), но только при реальной наработке не менее нескольких сотен моточасов в год. Предложенный подход может использоваться в научном обосновании машинно-тракторного парка.

Ключевые слова: Республика Бенин, механизация сельского хозяйства, машинно-тракторный парк, обработка почвы, подбор техники, алгоритм выбора, цифровой сервис, агроэкологические зоны

Для цитирования: Адже Эгбеа Шимэн Кристэль, Парлюк Е.П. Алгоритм подбора рационального комплекса машин и оборудования для основной и предпосевной обработки почвы в условиях Республики Бенин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2026, Т.18, № 2, С. 67-73-78 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.64.91.009>

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 631.171

DOI: 10.36508/RSATU.2026.62.49.010

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ – ПРИМЕНИМОСТЬ К МЕЛКИМ ФЕРМЕРАМ ЗАПАДНОЙ АФРИКИ

Адже Эгбеа Шимэн Кристэль¹, Екатерина Петровна Парлюк^{1✉}

¹ ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

✉ kparlyuk@yandex.ru

Аннотация. Проблема и цель. Классические методы оптимизации машинно-тракторного парка (линейное программирование, имитационное моделирование, экспертные системы) разработаны преимущественно для крупных специализированных хозяйств с большими однородными полями, стабильными агросроками и монокультурой. В Западной Африке, в частности в Бенине, реальность иная: мелкие фермеры (с участками до 2 га) сталкиваются с фрагментацией полей (потери времени на перемещения достигают 30 %), высокой межгодовой изменчивостью начала сезона дождей, поликультурой (4-6 культур на одном поле), отсутствием надёжных данных о производительности техники в местных условиях и разнообразными формами доступа (аренда, кооперативы, агро-аренда). Прямое применение импортных моделей приводит к ошибочным рекомендациям и неэффективным инвестициям. Исходя из этого, мы поставили цель: провести систематический обзор основных методов оптимизации парка сельскохозяйственной техники, выявить их ключевые допущения, оценить применимость и ограничения в контексте мелких фермерских хозяйств Западной Африки (на примере Бенина), а также определить методологические подходы, которые выйдут наиболее применимыми (агро-аренда, поэтапная механизация, цифровые сервисы) для разработки адекватного инструмента поддержки решений.

Методология. Мы провели систематический обзор литературы, используя российские руководства по агротехнике, международные публикации, отчёты ФАО и работы по моделям агро-аренды. Метод сравнительного анализа заключался в следующем: для каждой модели мы выделили её допущения (линейность, минимальный размер участка, стационарность климата, монокультура) и сопоставили их с реальными условиями Бенина, описанными в литературе и подтверждёнными полевыми наблюдениями автора.

Результаты. Традиционные методы, такие как линейное программирование, имитационное моделирование и экспертные системы, обладают ограничениями. Линейное программирование не учитывает нелинейные эффекты, например, непропорциональный рост простоев при фрагментации полей. Имитационное моделирование требует длинных климатических рядов, которых в Бенине недостаточно, а экспертные системы трудно обобщать на другие регионы. Параметры, используемые в этих моделях, – эффективная производительность, объем работ и агротехнический период. Однако в Бенине стандартные коэффициенты, как показал анализ, не работают. Препятствия для прямого применения мы видим в следующем: фрагментация полей (потери времени на перемещение до 30 %), высокая изменчивость начала дождей (стандартное отклонение до 15 дней), поликультура (4-6 культур на участке), отсутствие местных поправочных коэффициентов для производительности, а также разнообразие форм доступа (аренда, кооперативы, агро-аренда), не укладывающееся в модели индивидуальной покупки. Наиболее применимые для Африки подходы, по нашему мнению, включают модели «агро-аренды» (Houty et al., 2021), которые оптимизируют не отдельное хозяйство, а сервисный центр, обслуживающий сотни мелких фермеров; поэтапную механизацию (Daum, 2022) – от ручных инструментов до тяжёлых тракторов, где пропуск уровней ведёт к провалу; цифровые двойники и платформы (TROTRO Tractor) для сопоставления спроса и предложения; учёт штрафов за просрочку (потери урожая), особенно для хлопка; а также анализ готовности платить за услуги (Adugna et al., 2023), показывающий, что 90 % фермеров в Эфиопии готовы платить за аренду трактора.

Заключение. Традиционные модели оптимизации теоретически обоснованы, но их базовые допущения, как мы убедились, не соответствуют условиям Бенина. Прямое применение, вероятно, привело бы к ошибочным инвестициям; фрагментация полей, по нашим данным, – наиболее критичный фактор. Необходим ввод корректирующих коэффициентов (потери времени до 30 % для севера); модели агро-аренды (Houty et al., 2021) мы рассматриваем как методологический прорыв для хозяйств до 3 га: они позволяют объединять крупные инвестиции. Высокий спрос (90 % в Эфиопии, по Adugna et al., 2023) косвенно указывает на актуальность такого подхода; поэтапный подход (Daum, 2022) предлагает стратегическую рамку, позволяющую избежать неконтролируемых технологических скачков. Мы предлагаем гибридную модель для Бенина: типологию хозяйств (малые/средние/крупные по зонам), приоритет агро-аренды для малых, линейное программирование с корректирующими коэффициентами для средних, учёт штрафов за просрочку для хлопка. Эта модель нуждается в эмпирической проверке.

Ключевые слова: оптимизация, парк сельскохозяйственной техники, трактор, моделирование, программирование, прокат сельскохозяйственной техники, Бенин, Африка

Для цитирования: Адже Эгбеа Шимэн Кристэль, Парлюк Е.П. Методы оптимизации парка сельскохозяйственной техники – применимость к мелким фермерам Западной Африки // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2026, Т.18, № -2, С.79-86 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.62.49.010>

Original article

AGRICULTURAL MACHINERY FLEET OPTIMIZATION METHODS – APPLICABILITY TO SMALLHOLDER FARMERS IN WEST AFRICA

Adje Egbea Shimen Kristel¹, Ekaterina Petrovna Parlyuk^{1✉}

¹Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

✉ kparlyuk@yandex.ru

Abstract. Problem and purpose. Classic methods for optimizing machinery and tractor fleets (linear programming, simulation modeling, expert systems) are developed primarily for large, specialized farms with large, uniform fields, stable growing seasons, and monocultures. In West Africa, particularly Benin, the reality is different: small farmers (with plots up to 2 hectares) face field fragmentation (time lost due to travel reaches 30%), high interannual variability in the onset of the rainy season, polyculture (4-6 crops per field), a lack of reliable data on machinery performance under local conditions, and diverse forms of access (rental, cooperatives, agro-leasing). Direct application of imported models leads to erroneous recommendations and ineffective investments. Based on this, we set the following objectives: to conduct a systematic review of the main methods for optimizing the agricultural machinery fleet, identify their key assumptions, assess their applicability and limitations in the context of smallholder farms in West Africa (using Benin as an example), and identify methodological approaches that appear most applicable (agro-leasing, step-by-step mechanization, digital services) in order to develop an adequate decision support tool.

Methodology. We conducted a systematic literature review using Russian agricultural manuals, international publications, FAO reports, and studies on agro-tenant farming models. We used the following comparative analysis method: for each model, we identified its assumptions (linearity, minimum plot size, climate stationarity, monoculture) and compared them with the actual conditions in Benin described in the literature and confirmed by the author's field observations.

Results. Traditional methods such as linear programming, simulation modeling, and expert systems have limitations. Linear programming does not account for nonlinear effects, such as the disproportionate increase in downtime due to field fragmentation. Simulation modeling requires long climate data sets, which are insufficient in Benin, and expert systems are difficult to generalize to other regions. The parameters used in these models include effective productivity, workload, and agronomic period. However, analysis has shown that standard coefficients are ineffective in Benin. We see the following barriers to direct application: field fragmentation (loss of travel time up to 30 %), high variability in the onset of rains (standard deviation up to 15 days), polyculture (4-6 crops per plot), the lack of local productivity adjustment factors, and the diversity of access forms (rental, cooperatives, agro-rental), which does not fit into individual purchase models. The approaches we believe are most applicable to Africa include "agri-rental" models (Houmy et al., 2021), which optimize not a single farm but a service center serving hundreds of smallholder farmers; incremental mechanization (Daum, 2022)—from hand tools to heavy tractors, where skipping levels leads to failure; digital twins and platforms (TROTRO Tractor) for matching supply and demand; accounting for penalties for late delivery (crop losses), especially for cotton; and willingness-to-pay analysis (Adugna et al., 2023), which shows that 90% of farmers in Ethiopia are willing to pay for tractor rental.

Conclusion. Traditional optimization models are theoretically sound, but we have found that their underlying assumptions are inappropriate for Benin's conditions. Direct application would likely lead to erroneous investments; field fragmentation, according to our data, is the most critical factor. Correction factors are necessary (time losses of up to 30 % in the north); we view agro-rental models (Houmy et al., 2021) as a methodological breakthrough for farms up to 3 hectares: they allow for the consolidation of large investments. High demand (90 % in Ethiopia, according to Adugna et al., 2023) indirectly indicates the relevance of this approach; a phased approach (Daum, 2022) offers a strategic framework to avoid uncontrolled technological leaps. We propose a hybrid model for Benin: a farm typology (small/medium/large by zone), priority agricultural leases for small farms, linear programming with adjustment factors for medium-sized farms, and the inclusion of late payment penalties for cotton. This model requires empirical testing.

Key words: optimization, agricultural machinery fleet, tractor, modeling, programming, agricultural machinery rental, Benin, Africam.

For citation: Adje Egbea Shimen Kristel, Parlyuk E.P. Agricultural machinery fleet optimization methods – applicability to smallholder farmers in West Africa // Ryazan Agrotech University Bulletin. 2026, Vol.18, No. 2, P. 79-86 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.62.49.010>

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 631.171

DOI: 10.36508/RSATU.2026.88.44.011

ВЛИЯНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ЗАГРУЗКИ РОТОРА ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА ПРИ УТИЛИЗАЦИИ СОЛОМЫ

Илья Юрьевич Богданчиков^{1✉}, Анна Владимировна Юдина², Михаил Анатольевич Есенин²

¹ ФГАОУ ВО Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва, Россия

² ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

✉ ibogdanchikov@hse.ru

Аннотация. Проблема и цель. Существующие технологии утилизации незерновой части урожая (НЧУ) сталкиваются с проблемой неравномерной подачи растительной массы в измельчающий аппарат, что ограничивает ширину разбрасывания и производительность агрегата. Цель работы – оценить эффективность пассивного разравнивающего устройства через количественную связь коэффициента неравномерности загрузки ротора измельчителя (Кн) с интегральными показателями производительности МТА.

Методология. Исследования проведены в 2024-2025 гг. на базе УНИЦ «Агротехнопарк» ФГБОУ ВО РГАТУ. Использован агрегат МТЗ-82 с измельчителем Kverneland FX 230. Разработана

математическая модель, устанавливающая влияние K_n на рабочую ширину захвата, скорость движения и коэффициент использования времени смены. Экспериментальная верификация включала лотковый отбор проб, ГЛОНАСС-мониторинг и статистический анализ (Python 3.9).

Результаты. Без воздействия разравнивающего устройства (разравниватель) K_n составляет 1,8- 2,2, что соответствует концентрации 60-65 % массы в центральной зоне ротора измельчителя. Применение пассивного разравнивателя (угол 120°) снизило K_n до 0,5-0,8 и увеличило ширину разбрасывания на 15-20 % (до 2,4 м). Экспериментально подтверждён рост производительности МТА на 8-18 % в зависимости от скоростного режима; интегральная оценка по разработанной модели показывает потенциальный эффект до 41 % за счёт комплексного влияния K_n на рабочую ширину, скорость и коэффициент использования времени смены.

Заключение. Пассивное выравнивание вала эффективно устраняет дисбаланс загрузки ротора и повышает производительность без значительных капитальных затрат. Для достижения ширины разбрасывания 6-7 м требуется разработка активной системы с адаптивной регулировкой параметров на основе обратной связи по K_n , методическую базу для которой формируют результаты данного исследования.

Ключевые слова: утилизация соломы, незерновая часть урожая, загрузка ротора, пассивный разравниватель, производительность, коэффициент неравномерности

Для цитирования: Богданчиков И.Ю., Юдина А.В., Есенин М.А. Влияние неравномерности загрузки ротора измельчителя на производительность машинно-тракторного агрегата при утилизации соломы // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2026, Т.18, № 2, С. 87-93 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.88.44.011>

Original article

INFLUENCE OF ROTOR LOAD NON-UNIFORMITY OF THE CHOPPER ON THE PRODUCTIVITY OF A MACHINE-TRACTOR UNIT DURING STRAW UTILIZATION

Ilya Yu. Bogdanchikov^{1✉}, Anna V. Yudina², Mikhail A. Yesenin²

¹ National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

² Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

✉ ibogdanchikov@hse.ru

Abstract. Problem and purpose. Existing technologies for utilizing the non-grain portion of the crop (NGC) face the problem of non-uniform feeding of plant mass into the chopping apparatus, which limits the spreading width and productivity of the unit. The aim of this study was to evaluate the effectiveness of a passive leveling device through the quantitative relationship between the rotor load non-uniformity coefficient (K_n) of the chopper and the integral performance indicators of the machine-tractor unit (MTU).

Methodology. The research was conducted in 2024-2025 at the Research and Education Center "Agrotechnopark" of Ryazan State Agrotechnological University. An MTZ-82 tractor equipped with a Kverneland FX 230 chopper was used. A mathematical model was developed to establish the influence of K_n on the operating working width, travel speed, and shift time utilization factor. Experimental verification included tray sampling, GLONASS monitoring, and statistical analysis (Python 3.9).

Results. Without the leveling device, the rotor loads non-uniformity coefficient (K_n) ranged from 1.8 to 2.2, corresponding to a concentration of 60-65% of the plant mass in the central zone of the chopper rotor. The application of a passive leveling device (120° angle) reduced K_n to 0.5-0.8 and increased the spreading width by 15-20% (up to 2.4 m). Experimental data confirmed an 8-18% increase in MTU productivity depending on the travel speed mode; the integrated assessment based on the developed mathematical model indicates a potential effect of up to 41% due to the complex influence of K_n on the operating working width, travel speed, and shift time utilization factor.

Conclusion. Passive swath leveling effectively eliminates rotor load imbalance and increases productivity without significant capital investment. To achieve a target spreading width of 6-7 m, the development of an active system with adaptive parameter control based on K_n feedback is required; the methodological foundation for such a system is provided by the results of this study

Key words: straw utilization, non-grain part of the crop, rotor loading, passive leveling device, productivity, machine-tractor unit, non-uniformity coefficient

For citation: Bogdanchikov I.Yu., Yudina A.V., Yesenin M.A. Influence of rotor load non-uniformity of the chopper on the productivity of a machine-tractor unit during straw utilization // Ryazan Agrotech University Bulletin. 2026, Vol.18, No. 2, P.87-93 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.88.44.011>

Научная статья
УДК 621.822/004.89/004.93
DOI: 10.36508/RSATU.2026.18.28.012

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРОДИАГНОСТИКИ ПОДШИПНИКОВ НА ОСНОВЕ СПЕКТРОГРАММ БЫСТРОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ФУРЬЕ

**Сергей Игоревич Данилов^{1✉}, Дмитрий Геннадьевич Алленов¹, Иван Алексеевич Успенский²,
Игорь Александрович Мурог³, Иван Александрович Юхин²**

¹ ФГАОУ ВО Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, г. Москва, Россия

² ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

³ Совет Федерации Федерального Собрания Российской Федерации, г. Москва, Россия

✉ antyanod@yandex.ru

Аннотация. Проблема и цель. В условиях современной промышленности, где надежность оборудования прямо влияет на эффективность, подшипники качения являются одним из самых уязвимых узлов машин. Традиционные методы диагностики часто дают запоздалые сигналы, не позволяя прогнозировать деградацию подшипника и заранее произвести его замену. Целью настоящего исследования являлось проведение анализа качества вибрационных сигналов, используемых для создания спектрограмм подшипников на основе быстрой трансформации Фурье.

Методология. Эксперимент проводился на стенде с радиальным подшипником типа 210 (6210), используемым в трансмиссионных узлах сельскохозяйственной техники. Вибрационные данные регистрировались при постоянной радиальной нагрузке 6 кН и скорости вращения 2000 об/мин. Для оценки влияния способа установки измерительного оборудования акселерометр устанавливался на корпус подшипника. Сырые сигналы подвергались фильтрации (10-5000 Гц), нормализации и сегментации с последующим преобразованием Фурье для получения двумерных спектрограмм размером 512×512 пикселей. Для каждого способа установки акселерометра были использованы по 25 замеров вибрационных данных, анализировались изменения вибрационных параметров в зависимости от метода установки акселерометра.

Результаты. В результате исследования было установлено, что метод анализа сигналов оказывает значительное влияние на регистрируемые акселерометром вибрационные характеристики подшипника качения. Применение методов вибродиагностики, основанных на спектральном анализе сигналов, позволяет выявлять зарождающиеся дефекты подшипников качения на ранних стадиях, когда визуальный или органолептический контроль еще не способен обнаружить какие-либо отклонения.

Заключение. В результате исследования было установлено, что сверточная нейронная сеть (CNN) демонстрирует наилучшие результаты по метрикам Precision и Recall, эффективно выявляя стадии износа подшипников. Дальнейшие исследования могут быть направлены на увеличение объема обучающих данных, обработку шумов, использование гибридных моделей CNN-LSTM и адаптацию моделей к различным промышленным условиям.

Ключевые слова: подшипники качения, вибрационный сигнал, спектрограмма, быстрая трансформация Фурье, методы посадки подшипников, крепление подшипников, остаточный моторесурс

Для цитирования: Данилов С.И., Алленов Д.Г., Успенский И.А., Мурог И.А., Юхин И.А. Экспериментальное исследование вибродиагностики подшипников на основе спектрограмм быстрой трансформации Фурье // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2026, Т.18, № 2, С. 94-100 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.18.28.012>

Original article

EXPERIMENTAL STUDY OF VIBRATION DIAGNOSTICS OF BEARINGS BASED ON FAST FOURIER TRANSFORMATION SPECTROGRAMS

Sergei I. Danilov^{1✉}, Dmitrii G. Allenov¹, Ivan A. Uspenskii², Igor A. Murog³, Ivan A. Yukhin²

¹ Peoples' Friendship University of Russia Named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia

² Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

³ Federation Council of the Federal Assembly of the Russian Federation, Moscow, Russia

✉ antyanod@yandex.ru

Abstract. Problem and purpose. In modern industrial environments, where equipment reliability directly impacts efficiency, rolling bearings are among the most vulnerable machine components. Traditional diagnostic methods often provide delayed signals, preventing bearing degradation prediction and early replacement. The objective of this study was to analyze the quality of vibration signals used to generate bearing spectrograms based on a fast Fourier transform.

Methodology. The experiment was conducted on a rig with a type 210 (6210) radial bearing, used in agricultural machinery transmission units. Vibration data was recorded under a constant radial load of 6 kN and a rotational speed of 2000 rpm. To assess the impact of the measuring equipment installation method, an accelerometer was mounted on the bearing housing. The raw signals were filtered (10–5000 Hz), normalized and segmented, followed by a Fourier transform to produce two-dimensional spectrograms measuring 512 x 512 pixels. For each accelerometer mounting method, 25 vibration data measurements were used, and changes in vibration parameters were analyzed depending on the accelerometer mounting method.

Results. The study found that the signal analysis method has a significant impact on the vibration characteristics of rolling bearings recorded by the accelerometer. The use of vibration diagnostics methods based on spectral signal analysis enables the early detection of incipient rolling bearing defects, before visual or sensory inspection can detect any abnormalities.

Conclusion. The study found that a convolutional neural network (CNN) demonstrates the best results for the Precision and Recall metrics, effectively identifying bearing wear stages. Further research could focus on increasing the volume of training data, noise processing, using hybrid CNN-LSTM models, and adapting the models to various industrial conditions.

Key words: rolling bearings, vibration signal, spectrogram, Fast Fourier Transform, bearing mounting methods, bearing fastening, bearing mounting, remaining useful life

For citation: Danilov S.I., Allenov D.G., Uspensky I.A., Murog I.A., Yukhin I.A. Experimental study of vibration diagnostics of bearings based on fast Fourier transformation spectrograms // Ryazan Agrotech University Bulletin. 2026, Vol.18, No. 2, P. 94-100 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.18.28.012>

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 699.822

DOI: 10.36508/RSATU.2026.83.13.013

ВЛИЯНИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛАХ

Георгий Владимирович Дегтярев¹, Дарья Валерьевна Лейер^{1✉}, Ольга Георгиевна Дегтярева¹,
Павел Иванович Редун¹

¹ ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия

✉ dasha_leyer@mail.ru

Аннотация. Проблема и цель. Статья посвящена проблеме обеспечения устойчивости грунтовых склонов в зоне нестабильного гидрогеологического режима. Данный аспект отражает одну из ключевых задач геотехнического планирования вблизи водных объектов. Повышение уровня воды (УВ) традиционно считается неблагоприятным фактором, а водопонижение – методом повышения устойчивости. Согласно принципу эффективных напряжений К. Терцаги, снижение УВ нивелирует взвешивающее действие, вызывая рост эффективных напряжений, что в нагруженных откосах способно увеличивать сдвигающие усилия и снижать коэффициент устойчивости. Практика, ориентированная на сценарии максимального водонасыщения, не учитывает риски при осушении массива, что определяет актуальность настоящей работы при проектировании берегов водохранилищ, откосов оросительных каналов при сезонных колебаниях уровня воды, а также устройства дорожных откосов, подверженных водопонижению. Цель работы

– анализ напряженно-деформируемого состояния (НДС) грунтов при понижении УВ и разработка упрощенной методики прогнозной оценки их устойчивости.

Методология. Для достижения поставленных целей использовались следующие методы: математическое моделирование НДС двух типов склона в программных комплексах PLAXIS и GEO5 (модули FEM, Bishop, Spencer); статистический анализ напряжений в зонах потенциальных поверхностей скольжения; аппроксимация расчетных данных.

Результаты. Установлено, что понижение УВ сопровождается ростом нормальных напряжений (в пределах 42-94 %) и касательных (в пределах 24-70 %). Для первого склона при водопонижении коэффициент устойчивости снизился с 1,235 до 1,195, для второго – выявлена нелинейная зависимость: при умеренном водопонижении – с 1,45 до 1,22, при глубоком – до 1,09. Разработана методика оценки устойчивости грунтового массива с введением эмпирических коэффициентов структурной чувствительности грунта и показателя нелинейности.

Заключение. Подтверждено значимое влияние водопонижения на устойчивость нагруженных склонов. Предложенная методика позволяет выполнять экспресс-оценку устойчивости склонов на начальных этапах проектирования для выявления потенциально опасных сценариев.

Ключевые слова: устойчивость склона, коэффициент запаса, уровень грунтовых вод, эффективные напряжения, транспортная нагрузка, водопонижение, численное моделирование, метод конечных элементов

Для цитирования: Дегтярев Г.В., Лейер Д.В., Дегтярева О.Г., Редун П.И. Влияние гидрогеологических факторов на устойчивость земляного полотна автомобильных дорог на оросительных каналах // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2026, Т.18, № 2, С.101-109 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.83.13.013>

Original article

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF A VARIABLE HYDROGEOLOGICAL REGIME ON THE STABILITY OF LOADED SOIL SLOPES

Georgiy V. Degtyarev¹, Darya V. Leyer^{1✉}, Olga G. Degtyareva¹, Pavel I. Redun¹

¹Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

✉ dasha_leyer@mail.ru

Abstract. Problem and purpose. This article addresses the issue of ensuring the stability of soil slopes in areas with unstable hydrogeological conditions. This aspect reflects one of the key challenges of geotechnical planning near water bodies. Rising water level (WL) is traditionally considered to be an unfavorable factor, while dewatering is a method for increasing stability. According to C. Terzaghi's principle of effective stresses, a decrease in WL neutralizes the load-bearing effect, causing an increase in effective stresses, which in loaded slopes can increase shear forces and reduce the stability coefficient. Practice, focused on maximum water saturation scenarios, does not consider the risks associated with drainage, making this work relevant for the design of reservoir banks, irrigation canal slopes with seasonal water level fluctuations, and road slopes subject to dewatering. The objective of this work is to analyze the stress-strain state (SSS) of soils with a lowering WL and to develop a simplified methodology for predictive assessment of their stability.

Methodology. To achieve the stated objectives, the following methods were used: mathematical modeling of the stress-strain state of two slope types using the PLAXIS and GEO5 software packages (FEM, Bishop, and Spencer modules); statistical analysis of stresses in potential slip surface zones; and approximation of calculated data.

Results. It was found that a decrease in the SV is accompanied by an increase in normal stresses (in the range of 42-94 %) and shear stresses (in the range of 24-70 %). For the first slope, after dewatering, the stability coefficient decreased from 1.235 to 1.195, while for the second, a nonlinear relationship was revealed: with moderate dewatering from 1.45 to 1.22 and with deep dewatering to 1.09. A methodology for assessing the stability of a soil mass was developed using empirical coefficients of soil structural sensitivity and a nonlinearity index.

Conclusion. The significant impact of dewatering on the stability of loaded slopes was confirmed. The proposed methodology enables rapid assessment of slope stability at the initial design stages to identify potentially hazardous scenarios.

Key words: Slope stability, safety factor, groundwater level, effective stresses, traffic load, dewatering, numerical modeling, finite element method

For citation: Degtyarev G.V., Leyer D.V., Degtyareva O.G., Redun P.I. Analysis of the influence of a variable hydrogeological regime on the stability of loaded soil slopes // Ryazan Agrotech University Bulletin. 2026, Vol.18, No. 2, P. 101-109 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.83.13.013>

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 626.3

DOI: 10.36508/RSATU.2026.61.65.014

ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ ГРУНТА ОСНОВАНИЯ И ВЫСОТЫ ОБРАТНОЙ ЗАСЫПКИ НА ОСАДКУ ВОДОВОДОВ КРУГЛОГО СЕЧЕНИЯ

Георгий Владимирович Дегтярев^{1✉}, Константин Валерьевич Кветенадзе¹, Ахмад Аль Хаджаль¹

¹ ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия

✉ degtyarev.g.v@mail.ru

Аннотация. Проблема и цель. Статья посвящена проблеме оптимизации водопользования и водораспределения на мелиоративно-хозяйственных системах. Организованное водоснабжение позволяет получать гарантированный результат сельскохозяйственной продукции, а это вопрос обеспечения продовольственной безопасности. В России площадь потенциально орошаемых земель составляет 4,7 млн га, из которых по факту используется 1,2 млн га. Власти Краснодарского края планируют до 2030 года ввести еще более 13 тыс. га новых орошаемых земель на площади более 192 тыс. га. В большинстве своем оросительные системы пересекают транспортную инфраструктуру различного значения от федерального уровня до межхозяйственного, поэтому устройство водоводов в грунтовых основаниях – это эффективное мероприятие по управлению водными ресурсами и водохозяйственными системами мелиоративного назначения для обеспечения оросительной водой сельскохозяйственные территории. Целью работы является анализ закономерности осадки водовода в зависимости от высоты грунта обратной засыпки с учетом различной транспортной нагрузки с целью уточнения расчетных предпосылок оценки деформаций подземных водоводов и повышения обоснованности инженерных решений в практике проектирования и эксплуатации сооружений водного хозяйства.

Методология. Для достижения поставленных целей в статье использованы следующие методы: математическое моделирование (разработана расчетная модель водопроводящего сооружения, выполнено моделирование и анализ математических моделей и функций отклика перемещения основания водовода с применением программных комплексов Midas GTX NX и wxMaxima; статистический анализ (на основе данных о состоянии водоводов и реальных инженерно-геологических данных в Краснодарском крае проведена оценка критических условий осадки водовода, приводящих к разрушению сооружений); аппроксимация данных (построены зависимости осадки водовода от высоты грунта обратной засыпки, что позволило определить пороговые значения для зон риска).

Результаты. В результате выполненного исследования установлено, что осадка водоводов круглого поперечного сечения при транспортных нагрузках формируется под воздействием совместного нелинейного влияния плотности грунта основания и высоты грунта обратной засыпки и корректно описывается полиномиальной математической моделью второго порядка с учётом перекрёстного взаимодействия факторов.

Заключение. Результаты исследования позволили определить основные факторы, влияющие на устойчивость и безопасность эксплуатации существующих водопроводящих сооружений, и разрабатывать эффективные проектные решения. Определен устойчивый экстремум осадки по плотности грунта основания, положение которого находится в диапазоне $\rho \approx 1,80-1,81$ т/м³ и сохраняется при различных значениях высоты грунта обратной засыпки и уровня транспортной нагрузки. Изменение высоты грунта обратной засыпки в диапазоне 0,5-1,2 м оказывает существенно меньшее влияние на величину осадки водовода по сравнению с изменением плотности грунта основания и не приводит к формированию экстремальных состояний осадки в пределах исследуемых параметров.

Ключевые слова: водораспределение, водоводы круглого сечения, оптимизация водопользования, мелиоративные водохозяйственные системы, осадка водовода, математическое моделирование, деформации грунта основания

Для цитирования: Дегтярев Г. В., Кветенадзе К. В., Аль Хаджаль А. Влияние плотности грунта основания и высоты обратной засыпки на осадку водоводов круглого сечения // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2026, Т.18, № 2, С.110-119 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2026.61.65.014](https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.61.65.014)

Original article

INFLUENCE OF FOUNDATION SOIL DENSITY AND BACKFILL HEIGHT ON THE SETTLEMENT OF CIRCULAR CONDUITS

Georgy V. Degtyarev^{1✉}, Konstantin V. Kvetenadze¹, A. Al Hajjal¹

¹Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

✉ degtyarev.g.v@mail.ru

Abstract. Problem and purpose. The article addresses the problem of optimizing water use and distribution in reclamation and water management systems. Organized water supply ensures a guaranteed yield of agricultural products, which is a matter of food security. In Russia, the area of potentially irrigable land is 4.7 million hectares, of which only 1.2 million hectares are actually used. The authorities of the Krasnodar Region plan to introduce more than 13 thousand hectares of new irrigated land within an area of over 192 thousand hectares by 2030. For the most part, irrigation systems cross transport infrastructure of various significance, from the federal level to the inter-farm level. Therefore, the construction of water conduits in soil foundations is an effective measure for managing water resources and water-economic systems for reclamation purposes to supply irrigation water to agricultural areas. The aim of this work is to analyze the patterns of water conduit settlement depending on the height of the backfill soil, considering various transport loads. The goal is to refine the calculation assumptions for assessing the deformation of underground water conduits and to increase the validity of engineering solutions in the practice of designing and operating water management structures.

Methodology. To achieve the stated objectives, the following methods were employed in the study: mathematical modeling (a computational model of the water-conducting structure was developed, and modeling and analysis of mathematical models and response functions for the displacement of the water conduit's foundation were performed using the Midas GTX NX and wxMaxima software packages); statistical analysis (based on data on the condition of water conduits and real engineering-geological data from the Krasnodar Region, an assessment was made of the critical settlement conditions of the water conduit that lead to structural failure); and data approximation (dependencies of water conduit settlement on the height of the backfill soil were constructed, which made it possible to determine threshold values for risk zones).

Results. As a result of the performed study, it was established that the settlement of circular cross-section water conduits under transport loads is formed under the combined nonlinear influence of the foundation soil density and the height of the backfill soil. This relationship is correctly described by a second-order polynomial mathematical model that accounts for the cross-factor interaction (interaction effects) of these parameters.

Conclusion. The results of the study made it possible to determine the main factors affecting the stability and operational safety of existing water-conducting structures and to develop effective design solutions. A stable extremum of settlement with respect to foundation soil density was identified; its position lies in the range of $\rho \approx 1.80-1.81 \text{ t/m}^3$ and remains constant under various backfill soil heights and transport load levels. Variations in the backfill soil height within the range of 0.5-1.2 m have a substantially smaller effect on the settlement value of the water conduit compared to changes in foundation soil density and do not lead to the formation of extreme settlement states within the range of parameters studied.

Key words: Water distribution, circular cross-section water conduits, optimization of water use, Irrigation and reclamation systems, settlement of the water conduit, mathematical modeling, deformation of the foundation soil

For citation: Degtyarev G.V., Kvetenadze K.V., Al Hajjal A. Influence of foundation soil density and backfill height on the settlement of circular conduits // Ryazan Agrotech University Bulletin. 2026, Vol.18, No. 2, P.110-119 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2026.61.65.014](https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.61.65.014)

Научная статья
УДК 631.674.5
DOI: 10.36508/RSATU.2026.25.86.015

ДЕФЛЕКТОРНАЯ НАСАДКА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОЛИВА ДОЖДЕВАНИЕМ

Николай Николаевич Дубенок¹, Иван Александрович Левшунов^{1✉}, Юрий Анатольевич Мажайский^{2,3}, Александр Владимирович Гемонов¹

¹ ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

² ФГБУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», Мещерский филиал, г. Рязань, Россия

³ ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

✉ cdtnkfyeirf@yandex.ru

Аннотация. Проблема и цель. Поддержание оптимального водного режима в корнеобитаемом слое почвы является ключевым условием повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Наиболее соответствующим развитию растений, природоподобным и распространенным способом орошения является дождевание. Однако существующие дождевальные устройства, в частности, барабанно-шланговые установки с дальнеструйными аппаратами, не всегда обеспечивают требуемое качество полива из-за конструктивных особенностей и неоднородности рельефа, что приводит к неравномерному увлажнению и непродуктивным потерям воды. Цель работы – разработка дождевального устройства, обеспечивающего улучшенные показатели качества полива.

Методология. В ходе осуществления лабораторных и натурных испытаний были определены расход воды дождевальной насадки объёмным способом с использованием заборного устройства, мерного бака и секундомера; радиус полива как расстояние от проекции оси насадки до наиболее удалённых капель (по крайним каплям); средняя интенсивность дождя по площади орошения, рассчитанной по формуле.

Результаты. Приведены результаты экспериментальных исследований трех вариантов насадки с углами вершины конуса дефлектора 40, 80 и 120°. Определены расходно-напорные характеристики, коэффициент расхода (среднее значение 0,842), средняя интенсивность дождя при различных диаметрах сопла (10, 12, 16 мм) и рабочем напоре (0,1-0,4 МПа). Установлено, что изменение напора оказывает более существенное влияние на расход насадок с большим диаметром сопла.

Заключение. На основе анализа интенсивности дождя и сопоставления ее со скоростью впитывания воды в почву для дальнейших исследований рекомендована насадка с углом вершины конуса 120° (вариант 3). Предложенная конструкция позволяет регулировать параметры дождя, обеспечивает равномерность распределения влаги и исключает локальный размыв почвы, что способствует рациональному использованию водных ресурсов и повышению продуктивности орошаемых земель.

Ключевые слова: дождевание, качество полива, дефлекторная насадка, отражательные диски, расход воды, интенсивность дождя, диаметр капель, водосбережение, орошение

Для цитирования: Дубенок Н.Н., Левшунов И.А., Мажайский Ю.А., Гемонов А.В. Дефлекторная насадка для повышения качества полива дождеванием // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2026, Т. 18, № 2, С. 120-127 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.25.86.015>

Original article

DEFLECTOR NOZZLE FOR IMPROVING THE QUALITY OF SPRINKLER IRRIGATION

Nikolay N. Dubenok¹, Ivan A. Levshunov^{1✉}, Yuri A. Mazhaisky^{2,3}, Alexander V. Gemonov¹

¹ Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

² Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, Meshchera Branch, Ryazan, Russia

³ Ryazan State Agrotechnological University, Ryazan, Russia

Abstract. Problem and purpose. Maintaining an optimal water regime in the root-inhabited soil layer is a key condition for increasing crop yields. The most suitable, natural and widespread method of irrigation is sprinkling. However, existing sprinkling devices, such as drum-hose systems with long-range sprinklers, do not always provide the required quality of irrigation due to their design features and uneven terrain, resulting in uneven moisture distribution and unproductive water losses. The purpose of the work is to develop a sprinkling device that provides improved irrigation quality.

Methodology. During the laboratory and field tests, the water flow rate of the sprinkling nozzle was determined using a volumetric method with a sampling device, a measuring tank, and a stopwatch; the irrigation radius was determined as the distance from the projection of the nozzle axis to the farthest drops (based on the outer drops); and the average rain intensity was calculated using a formula.

Results. The results of experimental studies of three nozzle variants with deflector cone tip angles of 40, 80, and 120° are presented. The flow-pressure characteristics, flow coefficient (average value 0.842), average rain intensity at different nozzle diameters (10, 12, 16 mm) and working pressure (0.1-0.4 MPa) were determined. It was found that the pressure change has a more significant effect on the flow rate of nozzles with a large nozzle diameter.

Conclusion. Based on the analysis of rain intensity and its comparison with the rate of water absorption into the soil, a nozzle with a cone tip angle of 120° is recommended for further research (option 3). The proposed design allows you to adjust the parameters of rain, ensures uniform moisture distribution and eliminates local soil erosion, which contributes to the rational use of water resources and increased productivity of irrigated lands.

Key words: sprinkling, irrigation quality, deflector nozzle, reflective discs, water consumption, rain intensity, droplet diameter, water conservation, irrigation

For citation: Dubenok N.N., Levshunov I.A., Mazhaisky Yu.A., Gemonov A.V. Deflector nozzle for improving the quality of sprinkler irrigation // Ryazan Agrotech University Bulletin. 2026, Vol.18, No. 2, P. 120-127 [https:// doi.org/ 10.36508/RSATU.2026.25.86.015](https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.25.86.015)

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 628.33

DOI: 10.36508/RSATU.2026.32.80.016

ОПТИМИЗАЦИЯ КОАГУЛЯЦИИ СВИНОГО НАВОЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИКАЦИИ ТЕОРИИ АГРЕГАТИВНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЛИОФОБНЫХ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ (ДЛФО)

Татьяна Андреевна Колесникова^{1✉}, Марина Анатольевна Куликова¹, Дмитрий Сергеевич Мищенко¹

¹ ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», г. Новочеркасск, Россия

Аннотация. Проблема и цель. Свиной навоз давно признан ценным ресурсом для удобрения сельскохозяйственных культур и, при правильном обращении, может эффективно использоваться для возвращения важных питательных веществ в почву. Количество образующегося свиного навоза растет с каждым годом, увеличивая площади накопителей и земель, отчуждаемых под них. Высокое содержание воды в навозе затрудняет его обработку и транспортировку на большие расстояния. Одним из наиболее эффективных способов обработки свиного навоза является реагентная коагуляция, в результате которой образуется жидкая фаза, пригодная для орошения, и твердый осадок, который может использоваться в качестве органоминерального удобрения. Для оптимизации процесса реагентной коагуляции эффективно использовать математическое моделирование. В статье рассмотрено моделирование процесса коагуляции навоза на основе теории ДЛФО.

Методология. Реагентная коагуляция свиного навоза проводилась с использованием подщелачивающего реагента (коагулянта) для доведения pH смеси до значений 11-13. При достижении оптимальной дозы коагулянта происходила быстрая коагуляция с интенсивным хлопьеобразованием, осаждением и дальнейшей стабилизацией суспензии. Применение теории ДЛФО к процессам коагуляции навоза позволяет объяснить поведение сложных систем, где присутствуют органические и неорганические частицы, микробиологические компоненты и

продукты их жизнедеятельности. Свиной навоз характеризуется высокой концентрацией органических веществ и солей, что приводит к высокому содержанию коллоидных частиц, склонных к коагуляции. Теория ДЛФО также полезна для понимания того, как можно предотвратить нежелательную агрегацию или, напротив, способствовать ей в нужный момент для улучшения процессов разделения твердых и жидких фаз в органических отходах. Для учета особенностей навозных систем классическая теория ДЛФО должна быть модифицирована. Предлагается введение дополнительного члена, учитывающего стерические взаимодействия. С использованием численных методов с применением библиотеки SciPy на языке Python были построены графические зависимости скорости коагуляции от различных значений давления, влажности и концентрации коагулянта.

Результаты. Для свиного навоза скорректировали зависимость константы Гамакера с поправкой на содержание в навозе органического вещества. Определили зависимость скорости коагуляции свиного навоза от его влажности, содержания органического вещества и концентрации коагулянта. Проведенные расчеты показывают, что: давление оказывает умеренное влияние на скорость коагуляции, увеличивая ее на 23 % при повышении давления до 500 кПа; влажность является критическим фактором, способным изменить скорость коагуляции в 3 раза в исследованном диапазоне; концентрация навоза также существенно влияет на процесс, причем зависимость носит нелинейный характер.

Выводы. Проведенное исследование процессов коагуляции в навозных системах на основе модифицированной теории ДЛФО позволило значительно углубить понимание механизмов, управляющих поведением частиц в этих сложных средах. Результаты оптимизации создают основу для более эффективного управления свиным навозом в сельском хозяйстве, что имеет важное экологическое и экономическое значение. Получены новые данные о константах и параметрах, характеризующих поведение частиц в навозных суспензиях (константа Гамакера, электрокинетические параметры, реологические характеристики).

Ключевые слова: теория ДЛФО, свиной навоз, скорость коагуляции, оптимизация, разделение жидкой и твердой фракций, реологические характеристики

Для цитирования: Колесникова Т.А., Куликова М.А., Мищенко Д.С. Оптимизация коагуляции свиного навоза с использованием модификации теории агрегативной устойчивости лиофобных дисперсных систем (ДЛФО) // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2026, Т.18, № 2., С. 128-135 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.32.80.016>

Original article

OPTIMIZATION OF PIG MANURE COAGULATION USING A MODIFICATION OF THE THEORY OF AGGLUTINATING RESISTANCE OF LIOPHOBIC DISPERSED SYSTEMS (DLVO)

Tatyana A. Kolesnikova^{1✉}, Marina A. Kulikova¹, Dmitry S. Mishchenko¹

¹ South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov, Novocherkassk, Russia

✉ tanechka-ko1986@yandex.ru

Abstract. Problem and purpose. Pig manure has long been recognized as a valuable resource for fertilizing agricultural crops and, when managed properly, can be effectively used to return essential nutrients to the soil. The amount of swine manure produced increases annually, increasing the area of storage ponds and sludge allocated for it. The high water content of manure complicates its processing and long-distance transportation. One of the most effective methods for treating swine manure is reagent coagulation, which produces a liquid phase suitable for irrigation and a solid precipitate that can be used as an organic-mineral fertilizer. Mathematical modeling is effective in optimizing the reagent coagulation process. This article discusses modeling of the manure coagulation process based on the DLFO theory.

Methodology. Reagent coagulation of swine manure was conducted using an alkalinizing agent (coagulant) to adjust the pH of the mixture to 11-13. Upon reaching the optimal coagulant dose, rapid coagulation occurred, with intense flocculation, sedimentation, and subsequent stabilization of the suspension. Applying DLVO theory to manure coagulation processes helps explain the behavior of complex systems containing organic and inorganic particles, microbiological components, and their byproducts. Swine manure is characterized by high concentrations of organic matter and salts, resulting in a high content of colloidal particles prone to coagulation. DLVO theory is also useful for understanding how to prevent unwanted aggregation or, conversely, promote it at the right time to improve solid-liquid separation processes in organic waste. To account for the specific characteristics of manure systems, classical DLVO theory must be modified. An additional term is proposed to account for steric interactions. Using numerical methods and the SciPy library

in Python, graphical plots of the coagulation rate versus various pressure, humidity, and coagulant concentration were constructed.

Results. For pig manure, the Hamaker constant was adjusted for its organic matter content. The dependence of pig manure coagulation rate on its moisture content, organic matter content, and coagulant concentration was determined. Calculations show that pressure has a moderate effect on coagulation rate, increasing it by 23% with increasing pressure to 500 kPa; moisture is a critical factor, capable of altering coagulation rate by a factor of three over the studied range; manure concentration also significantly influences the process, with the relationship being nonlinear.

Conclusion. A study of coagulation processes in manure systems based on a modified DLVO theory significantly deepened our understanding of the mechanisms governing particle behavior in these complex environments. The optimization results provide a foundation for more effective management of swine manure in agriculture, which has significant environmental and economic implications. New data were obtained on the constants and parameters characterizing particle behavior in manure suspensions (Hamaker constant, electrokinetic parameters, and rheological properties).

Key words: DLVO theory, pig manure, coagulation rate, optimization, separation of liquid and solid fractions, rheological characteristics

For citation: Kolesnikova T.A., Kulikova M.A., Mishchenko D.S. Optimization of pig manure coagulation using a modification of the theory of agglutinating resistance of liophobic dispersed systems (DLVO) // Ryazan Agrotech University Bulletin. 2026, Vol.18, No. 2, P. 128-135 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.32.80.016>

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 628.82:631.5631

DOI: 10.36508/RSATU.2026.87.93.017

ЛИНИИ ТОКА В CFD-МОДЕЛИ КАРТОФЕЛЕХРАНИЛИЩА КАК ИНСТРУМЕНТ АНАЛИЗА ВОЗДУХООБМЕНА

Дмитрий Владимирович Колошеин^{1✉}, Андрей Сергеевич Попов¹, Роман Владимирович Чернышов¹, Илья Олегович Долгов¹

¹ ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

✉ dkoloshein@mail.ru

Аннотация. Проблема и цель. Потери картофеля при хранении по различным оценкам составляют от 15 до 30 %. Ключевым фактором, определяющим хранение, является способность вентиляционной системы обеспечивать равномерное распределение воздушных потоков по всему объёму насыпи. Методы проектирования систем вентиляции основываются преимущественно на усреднённых расчётах, которые принципиально не позволяют учесть неоднородность насыпи. Нижние слои насыпи уплотняются под давлением вышележащих клубней, что увеличивает гидравлическое сопротивление и ограничивает объём проходящего воздуха, формируя застойные зоны с повышенной температурой и влажностью. Именно в этих зонах ускоряются процессы дыхания клубней, развиваются гнилостные микроорганизмы. Целью настоящего исследования являлось численное моделирование пространственной структуры воздушного потока внутри насыпи картофеля с применением методов вычислительной гидродинамики.

Методология. В качестве расчётной области использован участок типового картофелехранилища с двадцатью напольными воздуховодами, входными вентиляционными коллекторами и выпускным каналом. Насыпь картофеля представлена как трёхслойная пористая среда с пористостью со значениями 0,30; 0,40 и 0,42 (безразмерная величина, доля единицы), что отражает уплотнение нижних слоёв под действием массы вышележащей продукции. Граничные условия модели: к внешней поверхности картофелехранилища приложено граничное условие коэффициента теплоотдачи 15, наружная температура -4,4° С; объёмное тепловыделение насыпи объёмное выделения водяного пара; температура приточного воздуха +2° С. Численное решение системы уравнений Навье-Стокса, уравнения неразрывности и уравнения диффузии водяного пара выполнено в программном комплексе ANSYS методом конечных объёмов с применением модели пористой среды Дарси-Форхгеймера. Для физической интерпретации пространственной структуры потока использовались линии тока, построенные для одного

входного вентиляционного отверстия в количестве 100 линий и позволяющие в стационарной постановке непосредственно отображать траектории движения воздуха.

Результаты. Анализ линий тока выявил три характерные особенности течения: преимущественно восходящее движение воздуха после выхода из напольного воздуховода, поперечное расширение потока по мере удаления от источника и сближение линий тока в зоне выходного канала. Отсутствие пересечений линий тока подтвердило физическую корректность полученного решения. Расчётные диапазоны скорости фильтрации составили 0,02-0,08 м/с в нижнем слое; 0,08-0,15 м/с в среднем слое и 0,10-0,20 м/с в верхнем слое; в области организованного выхода потока локальная скорость достигала 0,8-1,0 м/с. Увеличение пористости от 0,30 до 0,42 приводит к возрастанию характерной скорости фильтрации приблизительно в 2-3 раза, что согласуется с теорией движения воздуха в пористой среде. Массовая доля водяного пара изменяется в интервале 3,9008·10⁻³-3,90035·10⁻³ кг/кг, причём наибольшие значения сосредоточены в верхних и слабо продуваемых участках насыпи, где скорость воздуха не превышает 0,05 м/с. Температурное поле свидетельствует о том, что в основной массе продукции температура удерживается в диапазоне 1-2° С, соответствующем режиму хранения, однако в локальных застойных зонах наблюдается приближение к верхней границе допустимого диапазона.

Заключение. Проведённое CFD-моделирование показало, что линии тока являются информативным инструментом диагностики качества воздухообмена в картофелехранилище, позволяющим одновременно подтверждать корректность гидродинамического решения, выявлять застойные зоны и интерпретировать причины локального влагонакопления и неоднородностей. Разработанная расчётная модель создаёт научную основу для совершенствования геометрии напольных воздуховодов с целью сокращения потерь при хранении.

Ключевые слова: картофелехранилище, вентиляция, CFD-моделирование, воздухообмен, линии тока, застойные зоны, влагонакопление, тепломассообмен, напольные воздуховоды

Для цитирования: Колошеин Д.В., Попов А.С., Чернышов Р.В., Долгов И.О. Линии тока в CFD-модели картофелехранилища как инструмент анализа воздухообмена // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2026, Т18, №2, С 136-142 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.87.93.017>

Original article

THEORETICAL ANALYSIS OF AIR FLOW DYNAMICS IN A POTATO STORAGE CONTAINER

Dmitry V. Koloshein^{1✉}, Andrey S. Popov¹, Roman V. Chernyshov¹, Ilya O. Dolgov¹

¹ Ryazan State Agrotechnological University, Ryazan, Russia

✉ dkoloshein@mail.ru

Abstract. Problem and purpose. Potato storage losses range from 15 to 30 % according to various estimates. The key factor determining storage performance is the ability of the ventilation system to ensure uniform airflow distribution throughout the entire mound. Ventilation system design methods are primarily based on averaged calculations, which fundamentally fail to account for mound heterogeneity. The lower layers of the mound are compacted under the pressure of the tubers above, increasing hydraulic resistance and limiting the volume of airflow, creating stagnant zones with elevated temperature and humidity. Tuber respiration accelerates in these zones, and putrefactive microorganisms develop. The objective of this study was to numerically model the spatial structure of airflow within a potato mound using computational fluid dynamics (CFD) methods.

Methodology. The computational domain was a section of a typical potato storage facility with twenty floor air ducts, inlet ventilation manifolds, and an exhaust duct. The potato mound is represented as a three-layer porous medium with porosity values of 0.30, 0.40 and 0.42 (dimensionless quantity, fraction of a unit), which reflects the compaction of the lower layers under the weight of the overlying product. Boundary conditions of the model: the boundary condition of the heat transfer coefficient of 15 is applied to the outer surface of the potato storage facility, the outside temperature is -4.4° C; the volumetric heat release of the mound is the volumetric water vapor release is ; the supply air temperature is +2° C. The numerical solution of the Navier–Stokes equations, the continuity equation and the water vapor diffusion equation was performed in the ANSYS software package by the finite volume method using the Darcy–Forchheimer porous medium model. Streamlines constructed for a single inlet vent (100 lines) were used for physical interpretation of the spatial structure of the flow. These streamlines allow direct representation of air particle trajectories in a stationary setup.

Results. Streamline analysis revealed three characteristic flow features: predominantly upward air movement after exiting the floor duct, transverse expansion of the flow with distance from the source, and

convergence of streamlines in the outlet channel area. The absence of streamline intersections confirmed the physical correctness of the obtained solution. The calculated filtration velocity ranges were 0.02–0.08 m/s in the lower layer, 0.08–0.15 m/s in the middle layer, and 0.10–0.20 m/s in the upper layer; in the area of the organized flow outlet, local velocities reached 0.8–1.0 m/s. Increasing porosity from 0.30 to 0.42 leads to an increase in the characteristic filtration velocity by approximately 2-3 times, which is consistent with the theory of air movement in a porous medium. The mass fraction of water vapor varies within the range of $3,9008 \cdot 10^{-3}$ – $3,90035 \cdot 10^{-3}$, with the highest values concentrated in the upper and poorly aerated sections of the embankment, where the air velocity does not exceed 0.05 m/s. The temperature profile indicates that the bulk of the product remains within the 1-2° C range, consistent with storage conditions; however, in localized stagnant zones, the temperature approaches the upper limit of the permissible range.

Conclusion. CFD modeling demonstrated that flowlines are an informative tool for diagnosing airflow quality in potato storage facilities, allowing for simultaneous confirmation of the hydrodynamic design, identification of stagnant zones, and interpretation of the causes of localized moisture accumulation and inhomogeneities. The developed computational model provides a scientific basis for improving the geometry of floor air ducts to reduce storage losses.

Key words: potato storage, ventilation, CFD modeling, air exchange, flow lines, stagnant zones, moisture accumulation, heat and mass transfer, floor air ducts, losses, storage modes, temperature, speed

For citation: Koloshein D.V., Popov A.S., Chernyshov R.V., Dolgov I.O. Theoretical analysis of air flow dynamics in a potato storage container // Ryazan Agrotech University Bulletin. 2026, T18, №2, P. 136-142 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.87.93.017>

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 656.13

DOI:10.36508/RSATU.2026.14.76.001

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ГРУЗОВ

Михаил Андреевич Крысин^{1✉}, Вячеслав Викторович Терентьев¹, Дмитрий Сергеевич Рябчиков¹

¹ ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г Рязань, Россия

✉ mikaellars00@mail.ru

Аннотация. Проблема и цель. Проблема заключается в высокой доле транспортных издержек (15-35 %, а в отдельных случаях до 60 %) в себестоимости сельскохозяйственной продукции, обусловленной сезонностью, биологической природой грузов, низкой транспортабельностью и значительными холостыми пробегами. Цель исследования – систематизировать теоретические основы и современные направления повышения эффективности транспортировки сельскохозяйственных грузов.

Методология. Основана на анализе научной литературы, систематизации факторов эффективности, обобщении отечественного и зарубежного опыта применения логистических технологий, методов оптимизации маршрутов и цифровых инструментов управления транспортными процессами в АПК.

Результаты. Выявлено, что комплексное применение оптимизации маршрутных схем, специализированного подвижного состава, перевалочных технологий со сменными кузовами, цифровизации планирования и кооперативных форм организации перевозок позволяет снизить транспортную составляющую в себестоимости продукции на 15-30 %, повысить коэффициент использования грузоподъемности и пробега, минимизировать простои и потери грузов.

Заключение. Обосновываются наиболее перспективные направления на период 2025-2030 гг. – это цифровизация транспортных процессов (снижение порожних пробегов на 20-45 %, экономия административных затрат на 30-50 %), углубление специализации подвижного состава (рост производительности на 15-35 %) и развитие агрологистических кооперативов и хабов консолидации грузов (сокращение удельных затрат участников на 20-40 %), обеспечивающих повышение сохранности до 98 % и ритмичности поставок до 95 % и выше.

Ключевые слова: сельскохозяйственные грузы, эффективность перевозок, транспортные издержки, логистическая оптимизация, цифровые технологии в АПК, специализированный транспорт, перевалочные технологии

Для цитирования: Крысин М.А., Терентьев В.В., Рябчиков Д.С. Систематизация и оценка эффективности современных направлений повышения эффективности транспортировки сельскохозяйственных грузов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2026, Т.18, № 2, С.143-150
<https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.14.76.001>

Original article

SYSTEMATIZATION AND EFFECTIVENESS ASSESSMENT OF MODERN APPROACHES TO IMPROVING AGRICULTURAL FREIGHT TRANSPORTATION EFFICIENCY

Mikhail A. Krysin^{1✉}, Vyacheslav V. Terentyev¹, Dmitry S. Ryabchikov¹

¹ Ryazan State Agrotechnological University, Ryazan, Russia

✉ mikaellars00@mail.ru

Abstract. Problem and purpose. The research problem lies in the high share of transportation costs (15–35%, and in some cases up to 60%) in the cost of agricultural production, caused by seasonality, biological nature of Вестник РГАТУ, Том 18, № 2, 2026 144 the cargo, low transportability, and significant empty runs. The objective of the study is to systematize the theoretical foundations and current trends in improving the efficiency of agricultural cargo transportation.

Methodology. The methodology is based on the analysis of scientific literature, systematization of efficiency factors, and synthesis of domestic and international experience in the application of logistics technologies, route optimization methods, and digital tools for managing transport processes in the agro-industrial complex.

Results. It was found that the comprehensive application of route optimization, specialized rolling stock, transshipment technologies with interchangeable bodies, digitalization of planning, and cooperative forms of transport organization allows for a 15–30 % reduction in the transport component of production costs, an increase in the utilization rate of load capacity and mileage, and the minimization of downtime and cargo losses.

Conclusion. It is argued that the most promising areas for the period 2025–2030 are: the digitalization of transport processes (reducing empty runs by 20–45 %, cutting administrative costs by 30–50 %); the deepening of rolling stock specialization (productivity growth of 15–35 %); and the development of agrologistics cooperatives and cargo consolidation hubs (reducing per-unit transport costs by 20–40 %), collectively ensuring cargo safety of at least 98% and delivery regularity of 95% and above.

Key words: agricultural cargo, transport efficiency, transport costs, logistics optimization, digital technologies in the agro-industrial complex, specialized transport, transshipment technologies

For citation: Krysin M.A., Terentyev V.V., Ryabchikov D.S. Systematization and effectiveness assessment of modern approaches to improving agricultural freight transportation efficiency // Ryazan Agrotech University Bulletin. 2026, Vol.18, No. 2, P. 143-150
<https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.14.76.001>

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 621.793.7

DOI: 10.36508/RSATU.2026.48.93.018

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И МИКРОТВЕРДОСТИ HVOF-ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА

Юрий Алексеевич Кузнецов^{1✉}, Наталья Александровна Березина¹, Алексей Васильевич Добычин¹, Дмитрий Дмитриевич Яковлев¹, Игорь Николаевич Кравченко²

¹ ФГБОУ ВО Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, г. Орел, Россия

² ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

✉ kentury@yandex.ru

Аннотация. Проблема и цель. Интенсивное изнашивание деталей и преждевременный отказ узлов сельскохозяйственной техники вызваны комплексом экстремальных факторов: абразивным воздействием твердых частиц почвы, высокой влажностью, резкими температурными перепадами и коррозией. Для эффективного решения обозначенной проблемы особую актуальность приобретает внедрение в производство современных технологий восстановления и упрочнения деталей. Наиболее перспективным решением в этой области является метод сверхзвукового газопламенного HVOF-напыления, обеспечивающий формирование покрытий с улучшенными эксплуатационными характеристиками по сравнению с дозвуковыми методами газотермического напыления. Цель исследования состоит во всесторонней оценке микроструктурного состояния и микротвердости покрытий, полученных методом высокоскоростного газопламенного напыления HVOF из порошковых материалов на основе карбида вольфрама (WC).

Методология. Нанесение покрытий на образцы из стали Ст3пс осуществляли методом сверхзвукового газопламенного HVOF-напыления на роботизированном комплексе «Плакарт-HV2». В качестве напыляемых материалов применяли порошки WC-Co-Cr 86-10-4 и WC-Co-Cr 64-23-10, фракцией 15-45 мкм. Толщина формируемых покрытий была строго регламентирована и составляла 300-350 мкм. Микроструктурные исследования и определение микротвердости по поперечному сечению покрытий осуществляли на микротвердомере «Micro Vickers Hardness tester Zwick/Roell ZHVμ».

Результаты. Полученные покрытия характеризуются прочным адгезионно-механическим сцеплением с подложкой, высокой плотностью и равномерной структурой без крупных пор и трещин. Сравнительный анализ микротвердости покрытий подтвердил прямую зависимость физико-механических свойств от особенностей формируемой микроструктуры. Установлено, что состав порошкового материала оказывает существенное влияние на микротвердость формируемых покрытий. Покрытия на основе порошка WC-Co-Cr 86-10-4 характеризовались наибольшей микротвердостью: максимальное значение достигало 1475 HV, среднее – 1200 HV. При использовании экспериментальной порошковой композиции WC-Co-Cr 64-23-10 были получены более низкие значения микротвердости – 1154 HV и 899 HV соответственно. Вероятной причиной данного снижения является сокращение содержания карбидных фаз, обеспечивающих упрочнение структуры покрытия.

Заключение. На основе полученных результатов обоснована возможность целенаправленного формирования покрытий с прогнозируемыми механическими свойствами посредством оптимизации состава порошковых материалов, используемых при сверхзвуковом газопламенном напылении.

Ключевые слова: HVOF-напыление, покрытие, порошковый материал, микроструктура, микротвердость

Для цитирования: Кузнецов Ю.А., Березина Н.А., Добычин А.В., Яковлев Д.Д., Кравченко И.Н. Исследование микроструктуры и микротвердости HVOF-покрытий на основе карбида вольфрама // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2026, Т.18, № 2, С.151-158 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2026.48.93.018](https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.48.93.018)

Original article

STUDY OF MICROSTRUCTURE AND MICROHARDNESS OF HVOF COATINGS BASED ON TUNGSTEN CARBIDE

Yury A. Kuznetsov^{1✉}, Natalia A. Berezina¹, Aleksey V. Dobychin¹, Dmitry D. Yakovlev¹, Igor N. Kravchenko²

¹ Orel State Agrarian University, Orel, Russia

² Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

✉ kentury@yandex.ru

Abstract. Problem and purpose. Intensive wear and premature failure of agricultural machinery components are caused by a combination of extreme factors: the abrasive effects of solid soil particles, high humidity, sudden temperature changes, and corrosion. Introduction of modern technologies for component restoration and hardening is particularly important for the effective solving of the problem. The most promising solution in this area is supersonic HVOF spraying, which produces coatings with improved performance characteristics compared to subsonic thermal spraying methods. The aim of this study is comprehensive investigation of the microstructure and microhardness of coatings formed by HVOF using tungsten carbide (WC)-based powder materials.

Methodology. Coatings were applied to St3ps steel samples using supersonic HVOF flame spraying on a Plakart-HV2 robotic system. WC-Co-Cr 86-10-4 and WC-Co-Cr 64-23-10 powders with a particle size of 15-45 μm were used as spray materials. The coating thickness was strictly controlled and amounted to 300-350 μm . Microstructure analysis and microhardness measurements along the coating cross-section were performed on a Micro Vickers Hardness tester Zwick/Roell ZHV μ .

Results. The resulting coatings are characterized by strong adhesive-mechanical adhesion to the substrate, high density, and a uniform structure without large pores and cracks. Comparative analysis of the coating microhardness confirmed a direct dependence of the physical and mechanical properties on the characteristics of the formed microstructure. It was found that the composition of the powder material has a significant effect on the microhardness of the formed coatings. The highest microhardness values of 1475 HV (maximum) and 1200 HV (average) were obtained for coatings made of WC-Co-Cr 86-10-4 powder. When using the experimental WC-Co-Cr 64-23-10 powder mixture, the microhardness values were lower: 1154 HV and 899 HV, respectively, which is due to a lower proportion of strengthening carbide phases in the coating structure.

Conclusion. Based on the obtained results, the possibility of targeted formation of coatings with predictable mechanical properties by optimizing the composition of powder materials used in supersonic flame spraying was substantiated.

Key words: HVOF spraying, coating, powder material, microstructure, microhardness

For citation: Kuznetsov Yu.A., Berezina N.A., Dobyichin A.V., Yakovlev D.D., Kravchenko I.N. Study of microstructure and microhardness of HVOF coatings based on tungsten carbide // Ryazan Agrotech University Bulletin. 2026, Vol.18, No. 2, P.151-158 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2026.48.93.018](https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.48.93.018)

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 631.347

DOI 10.36508/RSATU.2026.12.88.019

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛИВА МНОГООПОРНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНОЙ КРУГОВОГО ДЕЙСТВИЯ ТИПА «КУБАНЬ-ЛК1» СКЛОНОВЫХ ПЛОЩАДЕЙ

Анатолий Иванович Рязанцев¹, Евгений Юрьевич Евсеев^{1✉}, Георгий Константинович Рембалович¹, Сергей Олегович Бережной¹

¹ ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

✉ evseev.evgeniy.1995@mail.ru

Аннотация. Проблема и цель. Эксплуатация широкозахватных дождевальных машин кругового действия на склоновых участках сопряжена с неравномерным увлажнением почвы и снижением её несущей способности. Это приводит к необходимости использования утяжелённых широкопрофильных шин, увеличивающих материалоемкость машины и повреждающих сельскохозяйственные культуры. Целью исследования является обоснование технологии полива, позволяющей применять на склонах шины обычного профиля за счёт корректировки поливной нормы и скорости движения.

Методология. Исследования основаны на полевых испытаниях дождевальной машины «Кубань-ЛК1» (модификация МДЭК-474-70) на равнинных и склоновых участках. В ходе которых оценивались несущая способность почвы, допустимое удельное давление шин, скорость движения машины, а также показатели материалоемкости и площади повреждения посевов. Применялись методы сравнительного анализа и математической статистики.

Результаты. Установлено, что снижение поливной нормы с 500 до 400 м³/га и соответствующее увеличение скорости движения с 0,30 до 0,40 м/мин (коэффициент корректировки 1,3) повышает несущую способность переувлажнённой почвы склона с 80 до 100 кПа. Это позволяет использовать шины обычного профиля 18,3R24 вместо широкопрофильных 23,1R26, снижая материалоемкость комплекта (20 шт.) на 13 % (с 30 до 26 кН) и площади повреждения посевов на 21 % (с 0,86 до 0,68 га).

Заключение. Предложенная технология корректировки режима полива (норма/скорость) с учётом коэффициента увеличения скорости К обеспечивает эффективную эксплуатацию машины на склонах с минимальными затратами и повреждением почвы. Разработаны рекомендации для создания автоматизированной системы управления поливом по секторам.

Ключевые слова: многоопорная дождевальная машина «Кубань-ЛК1», склоновые земли, несущая способность почвы, удельное давление шин, поливная норма, скорость движения.

Для цитирования: Рязанцев А.И., Евсеев Е.Ю., Рембалович Г.К., Бережной С.О. Особенности технологии полива многоопорной дождевальной машин кругового действия типа «Кубань-ЛК1» склоновых площадей // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2026, Vol 18, No.2, С.159-164 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.12.88.019>

Original article

IRRIGATION TECHNOLOGY OF SLOPE AREAS WITH A MULTI-SUPPORT CIRCULAR SPRINKLER MACHINE OF KUBAN-LK1 TYPE

Anatoly I. Ryazantsev¹, Evgeny Y. Evseev^{1✉}, Georgy K. Rembalovich¹, Sergey O. Berezhnoy¹

¹ Ryazan State Agrotechnological University, Ryazan, Russia

✉ evseev.evgeniy.1995@mail.ru

Abstract. Problem and purpose. The operation of wide-range circular sprinklers on sloping areas is associated with uneven soil moisture and a decrease in its bearing capacity. This leads to the need for heavier wide-profile tires, which increase the material consumption of the machine and damage crops. The aim of the study is to substantiate an irrigation technology that allows the use of regular-profile tires on slopes by adjusting the irrigation rate and speed.

Methodology. The research is based on field tests of the Kuban-LK1 machine (modification MDEK-474-70) on flat and sloping plots. Soil bearing capacity, permissible specific tire pressure, machine speed, material consumption, and crop trampling area were evaluated. Methods of comparative analysis and mathematical statistics were used.

Results. It was found that reducing the irrigation rate from 500 to 400 m³/ha and correspondingly increasing the travel speed from 0.30 to 0.40 m/min (adjustment factor of 1.3) increases the bearing capacity of waterlogged slope soil from 80 to 100 kPa. This allows the use of regular-profile tires 18.3R24 instead of wide-profile 23.1R26, reducing the material consumption of the set (20 pcs.) by 13% (from 30 to 26 kN) and the crop trampling area by 21% (from 0.86 to 0.68 ha).

Conclusion. The proposed technology for adjusting the irrigation regime (rate/speed) considering the speed increase factor K ensures efficient operation of the machine on slopes with minimal costs and soil damage. Recommendations for creating an automated sectoral irrigation control system have been developed.

Key words: multi-support sprinkler machine "Kuban-LK1", sloping lands, bearing capacity of the soil, specific tire pressure, irrigation rate, speed of movement

For citation: Ryazantsev A.I., Evseev E.Y., Rembalovich G.K., Berezhnoy S.O. Irrigation technology of slope areas with a multi-support circular sprinkler machine of Kuban-lk1 type // Ryazan Agrotech University Bulletin. 2026, Vol 18, No.2, P 159-164 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.12.88.019>

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 631.37

DOI: 10.36508/RSATU.2026.70.22.020

ОПТИМИЗАЦИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТС ПРИ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПЕРЕВОЗКАХ КАРТОФЕЛЯ НАВАЛОМ

Михаил Александрович Рязанцев¹, Иван Александрович Юхин¹, Николай Дмитриевич Лупов¹, Алексей Анатольевич Голиков^{1✉}

¹ ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

✉ golikov.rgatu@yandex.ru

Аннотация. Проблема и цель. Производство картофеля в Российской Федерации является одним из ключевых направлений растениеводства и имеет большое значение для обеспечения продовольственной безопасности страны. Для его осуществления необходимо задействовать

широкий перечень техники как универсальной, так и специализированной. При этом технологическое совершенство и техническое состояние отдельных машин будет влиять на эффективность производства. Особенно наглядно это можно заметить на этапе уборки урожая. Клубни картофеля получают механические повреждения при подкопе, сепарации от почвенных и растительных примесей, транспортировке и послеуборочной доработке. В конечном счете на завершающем этапе производства доля нетоварного продукта от общего количества может составить 50 % и более. В данной статье рассмотрен вопрос снижения повреждений клубней картофеля при внутрихозяйственных перевозках в самосвальных тракторных прицепах 2ПТС-4. Для решения этой проблемы в процессе движения нагруженного ТС предложено осуществлять контроль виброскоростей колебаний его грузовой платформы.

Методология. Для перевозки картофеля навалом применялся тракторный прицеп 2ПТС-4. Исследованиям подвергался свежесобраный картофель сорта «Гала». Оценка повреждений клубней выполнялась в соответствии с ГОСТ 28713-2018. Построение аналитических зависимостей было выполнено при помощи метода регрессионного анализа. Оптимизация скорости движения транспортного средства произведена при помощи симплексного метода. Для определения параметров вибрации грузовой платформы 2ПТС-4 применялся разработанный прибор «Устройство для мониторинга параметров вибрации грузовой платформы транспортного средства».

Результаты. В ходе исследований были установлены величины виброскоростей колебаний грузовой ТС по осям X, Y, Z в зависимости от нескольких параметров: скорости движения транспортного средства и типа дороги (грунтовой дороги и дороги с твердым покрытием). Так как величины виброскоростей по осям X, Y, Z влияют на появление механических повреждений клубней по-разному, то были получены показания, характерные для уровня в 3 % и 5 %. Совокупное использование аналитических зависимостей и уровней ограничений позволило установить оптимальную скорость движения 2ПТС-4: по дорогам с твердым покрытием – от 19,1 км/ч до 23,6 км/ч; по грунтовым дорогам – от 11,5 км/ч до 13,9 км/ч.

Заключение. Применение устройства для мониторинга параметров вибрации грузовой платформы транспортного средства позволяет в режиме реального времени определять величины виброскоростей или виброускорения. При превышении верхних допустимых границ (определяются экспериментально) оператор может незамедлительно повлиять на скорость движения ТС. Это позволит предотвратить опасность роста численности клубней с механическими повреждениями.

Ключевые слова: вибрация, транспортное средство, механические повреждения, динамическая нагрузка, виброскорость, виброанализатор

Для цитирования: Рязанцев М.А., Юхин И.А., Лупов Н.Д., Голиков А.А. Оптимизация скорости движения ТС при внутрихозяйственных перевозках картофеля навалом // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2026, Т.18, №2, С. 165- 171 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.70.22.020>

Original article

OPTIMIZATION OF VEHICLE MOVEMENT SPEED DURING ON-FARM TRANSPORTATION OF POTATOES IN BULK

Mikhail A. Ryazantsev¹, Ivan A. Yukhin¹, Nikolay D. Lupov¹, Alexey A. Golikov^{1✉}

¹ Ryazan State Agrotechnological University, Ryazan, Russia

✉ golikov.rgatu@yandex.ru

Abstract. Problem and purpose. Potato production in the Russian Federation is one of the key areas of crop production and is of great importance for ensuring the country's food security. For its implementation it is necessary to use a wide range of equipment, both universal and specialized. At the same time, technological excellence and the technical condition of individual machines will affect production efficiency. This can be especially clearly seen at the harvest stage. Potato tubers suffer mechanical damage during excavation, separation from soil and plant impurities, transportation and post-harvest refinement. Ultimately, at the final stage of production, the share of non-commodity products from the total amount may exceed 50% or more. This article will address the issue of reducing damage to potato tubers during on-farm transportation in 2PTS-4 dump tractor trailers. To solve this problem, during the movement of a loaded vehicle, the vibration speeds of its cargo platform will be monitored.

Methodology. A 2PTS-4 tractor trailer was used to transport potatoes in bulk. Freshly harvested Gala potatoes were subjected to research. The damage assessment of tubers was carried out in accordance with GOST 28713-2018. The construction of analytical dependencies was performed using the regression

analysis method. The optimization of the vehicle's speed was performed using the simplex method. To determine the vibration parameters of the loaded body 2PTS-4, the developed device "Device for monitoring vibration parameters of the cargo platform of a vehicle" was used.

Results. In the course of the research, the values of the vibration velocity of the cargo vehicle along the X, Y, and Z axes were determined depending on several parameters: the speed of the vehicle and the type of road (unpaved and paved roads). Since the values of vibration velocities along the X, Y, and Z axes affect the appearance of mechanical damage to tubers in different ways, readings characteristic of levels of 3% and 5% were obtained. The combined use of analytical dependencies and restriction levels allowed us to establish the optimal speed of 2PTS-4: on paved roads – from 19.1 km/h to 23.6 km/h; on unpaved roads – from 11.5 km/h to 13.9 km/h.

Conclusion. The use of the device for monitoring the vibration parameters of the cargo platform of the vehicle allows you to determine the values of vibration velocity or vibration acceleration in real time. If the upper permissible limits are exceeded (determined experimentally), the operator can immediately affect the vehicle's speed. This will prevent the danger of an increase in the number of tubers with mechanical damage.

Key words: vibration, vehicle, mechanical damage, dynamic load, vibration velocity, vibration analyzer

For citation: Ryazantsev M.A., Yukhin I.A., Lupov N.D., Golikov A.A. Optimization of vehicle movement speed during on-farm transportation of potatoes in bulk // Ryazan Agrotech University Bulletin. 2026, Vol.18, No. 2, P. 165-171 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2026.70.22.020](https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.70.22.020)

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 629.351.1: 629.3.078

DOI: 10.36508/RSATU.2026.88.95.021

АНАЛИЗ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Михаил Владимирович Семьнин¹, Михаил Юрьевич Костенко^{1✉}, Георгий Константинович Рембалович¹, Иван Алексеевич Успенский¹, Дмитрий Николаевич Бышов¹

¹ ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

✉ kostenko.mihail2016@yandex.ru

Аннотация. Проблема и цель. Транспортные средства играют ключевую роль в технологической цепочке сельскохозяйственного производства, особенно в период уборки урожая, когда от их надёжности и технической готовности напрямую зависит производительность уборочных комплексов и сохранность сельскохозяйственной продукции. Цель – анализ существующих систем технического обслуживания транспортных средств сельскохозяйственных предприятий и обоснование необходимости их адаптации к условиям сезонной и неравномерной эксплуатации.

Методология. Проведён аналитический обзор существующих систем технического обслуживания транспортных средств, применяемых в сельскохозяйственных предприятиях. Рассмотрены особенности планово-предупредительной системы технического обслуживания и диагностических подходов, используемых в практике эксплуатации автомобильного транспорта. Особое внимание в работе уделено условиям эксплуатации транспортных средств в агропромышленном комплексе. Как показывает анализ, они характеризуются выраженной сезонностью, неравномерной интенсивностью использования, повышенной запылённостью, а также работой техники в режимах, близких к перегрузочным.

Результаты. Проведённый анализ позволяет сделать вывод о том, что классические регламентные системы технического обслуживания, ориентированные на относительно равномерные условия эксплуатации, в полной мере не обеспечивают требуемый уровень технической готовности транспортных средств в период уборки урожая. В частности, установлено, что в этих условиях возрастает вероятность отказов, что требует пересмотра подходов к организации технического обслуживания. В связи с этим обоснована целесообразность перехода к адаптивным системам, учитывающим текущее техническое состояние транспортных средств и риск возникновения отказов с учётом производственных ограничений уборочно-транспортного комплекса.

Заклучение. Таким образом, специфика функционирования агропромышленного комплекса обуславливает концентрацию износа и рост рисков отказов именно в период уборочных работ, когда последствия выхода транспортных средств из строя наиболее существенны. Полученные результаты позволяют утверждать, что дальнейшее развитие систем технического обслуживания должно быть связано с внедрением адаптивных подходов, ориентированных на оценку фактического технического состояния и прогнозирование отказов с учётом реальных условий эксплуатации сельскохозяйственной техники. Сформулированы основные требования к таким системам, ориентированные на дальнейшее развитие методов управления техническим состоянием транспортных средств сельскохозяйственных предприятий.

Ключевые слова: транспортные средства, техническое обслуживание, диагностика, плановопредупредительная система, сезонная эксплуатация, техническая готовность, риск отказа

Для цитирования: Семьнин М.В., Костенко М.Ю., Рембалович Г.К., Успенский И.А., Бышов Д.Н. Анализ систем технического обслуживания транспортных средств сельскохозяйственных предприятий // Ryazan Agrotech University Bulletin. 2026, Т.18, № 2, С.172-178 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.88.95.021>

Original article

ANALYSIS OF AGRICULTURAL VEHICLE MAINTENANCE SYSTEMS

Mikhail V. Semynin¹, Mikhail Yu. Kostenko^{1✉}, Georgy K. Rembalovich¹, Ivan A. Uspensky¹, Dmitry N. Byshov¹

¹Ryazan State Agrotechnological University, Ryazan, Russia

✉ kostenko.mihail2016@yandex.ru

Abstract. Problem and purpose. Vehicles play a key role in the agricultural production chain, especially during the harvest period, when their reliability and technical readiness directly impact the productivity of harvesting equipment and the safety of agricultural produce. This paper aims to analyze existing vehicle maintenance systems at agricultural enterprises and justify the need to adapt them to seasonal and uneven operating conditions.

Methodology. An analytical review of existing vehicle maintenance systems used at agricultural enterprises is conducted. The features of preventive maintenance systems and diagnostic approaches used in the practice of motor vehicle operation are examined. Particular attention is paid to the specifics of vehicle operation in the agro-industrial complex, characterized by seasonality, uneven operation, increased dust levels, and overloads.

Results. It is shown that traditional scheduled maintenance systems, focused on uniform operating conditions, do not ensure the required level of vehicle technical readiness during the harvest period. The need for a transition to adaptive maintenance systems that take into account the actual technical condition and risk of vehicle failure, taking into account the production limitations of the harvesting and transport complex, is substantiated.

Conclusion. The specific nature of the agro-industrial complex leads to a concentration of wear and tear and failure risks during the harvesting period, when the cost of vehicle failure is highest. The obtained results substantiate the need to develop and implement adaptive maintenance systems focused on the actual technical condition and risk of failure, taking into account the production characteristics of agricultural production. Key requirements for such systems are formulated, aimed at further developing methods for managing the technical condition of agricultural vehicles.

Key words: vehicles, maintenance, preventive maintenance system, diagnostics, seasonal operation, technical readiness, risk of failure

For citation: Semynin M.V., Kostenko M.Yu., Rembalovich G.K., Uspensky I.A., Byshov D.N. Analysis of agricultural vehicle maintenance systems // Ryazan Agrotech University Bulletin. 2026, Vol.18, No. 2, P. 172- 178 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.88.95.021>

Научная статья
УДК 667.647
DOI 10.36508/RSATU.2026.90.32.022

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОТИВОКОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ ЗАЩИТНЫХ РАСТВОРОВ

Александр Игоревич Ушанев^{1✉}, Дмитрий Николаевич Бышов¹, Игорь Александрович Мурог², Иван Александрович Юхин¹, Дмитрий Михайлович Юмаев¹

¹ ФГБОУ ВО РГТУ Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

² Совет Федерации Федерального Собрания Российской Федерации, г. Москва, Россия

✉ aushaniev@inbox.ru

Аннотация. Проблема и цель. Проблема заключается в том, что агрессивные факторы окружающей среды вызывают коррозию металлических поверхностей сельскохозяйственной техники в период хранения, что приводит к постепенному разрушению деталей. Существующие эффективные антикоррозионные материалы, такие как двухкомпонентные эпоксидные и фосфатирующие грунты, обладают высокой адгезией и стойкостью, но имеют высокую стоимость из-за своей сложной рецептуры. Целью работы является обоснование возможности использования более дешевой однокомпонентной полимерной мастики в качестве основы для защитного покрытия, а также разработка многокомпонентных растворов на её основе с добавлением ингибиторов, обеспечивающих эффективную защиту, в том числе поверхностей с уже имеющимися очагами коррозии.

Методология. Исследования включали сравнительный микроструктурный анализ исходных материалов и экспериментальное приготовление составов. Исследовали двухкомпонентные грунты Reoflex, полиуретановую мастику «Bitumast», ингибиторы («Цинкарь», «ОМЕГА», «Мира») и растворитель 646. На первом этапе с помощью микроскопа Magus Pol 850 оценили плотность, равномерность и наличие воздушных вкраплений у грунтов и чистой мастики. На втором этапе приготовили 8 рецептур, варьируя тип ингибитора, пропорции (от 50/50 до 70/30 с добавлением 50-75 г растворителя). Полученные составы вновь исследовали под микроскопом на предмет расслоения и устойчивости структуры. Наиболее стабильным признали раствор №3 (мастика + «Мира» 70/30 + 50 г растворителя).

Результаты. В результате проведённых исследований методом микроскопического анализа установлено, что полимерная мастика «Bitumast» по структуре не уступает дорогостоящим грунтам: она имеет плотную, густую структуру без воздушных вкраплений и высокую равномерность покрытия. Обоснован выбор адсорбционных и плёнообразующих ингибиторов, а также конкретных составов – преобразователя ржавчины «Цинкарь AGAT avto» и запечатывателя ржавчины «Mira Rostversiegelung». Разработано восемь рецептур многокомпонентных защитных растворов, причём полимерная мастика в отличие от традиционных составов допускает разбавление без потери вязкости и равномерности. Наиболее перспективным признан раствор №3 (полимерная мастика + запечатыватель ржавчины «Мира» в пропорции 70/30 с добавлением растворителя), который сохранил плотную консистенцию, устойчивую структуру без расслоения и равномерное распределение ингибитора. Микроскопический анализ показал, что ингибиторы распределяются по объёму мастики, позволяют реагировать на коррозионные частицы и запечатывать их непосредственно в слоях покрытия.

Заключение. Таким образом, предложенные растворы значительно дешевле существующих аналогов и обладают важными преимуществами: высокой тиксотропностью, стойкостью к ультрафиолету, высокой скоростью полимеризации, возможностью нанесения при отрицательных температурах (до -10°C), стойкостью к циклическим деформациям, широким диапазоном эксплуатационных температур (от -70°C до $+110^{\circ}\text{C}$) и высокой эластичностью. Заключение: разработанные многокомпонентные составы на основе полимерной мастики являются экономически выгодным и практически эффективным средством защиты сельскохозяйственной техники от коррозии в период хранения, особенно раствор №3, который позволяет наносить покрытие даже на поверхности с начинающимися коррозионными повреждениями благодаря способности преобразовывать и запечатывать ржавчину.

Ключевые слова: полимерная мастика, хранение сельскохозяйственной техники, многокомпонентный раствор, защита техники от коррозии

Для цитирования: Ушанев А.И., Бышов Д.Н., Мурог И.А., Юхин И.А., Юмаев Д.М. Совершенствование противокоррозионных свойств защитных растворов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2026, Т.18, № 2, С.179-186 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.90.32.022>

Original article

IMPROVEMENT OF ANTI-CORROSION PROPERTIES OF PROTECTIVE SOLUTIONS

Alexander I. Ushanev^{1✉}, Dmitry N. Byshov¹, Igor A. Murog², Ivan A. Yukhin¹, Dmitry M. Yumaev¹

¹ Ryazan State Agrotechnological University, Ryazan, Russia

² Federation Council of the Federal Assembly of the Russian Federation, Moscow, Russia

✉ aushaniev@inbox.ru

Abstract. Problem and purpose. The problem is in the fact that aggressive environmental factors cause corrosion of the metal surfaces of agricultural machinery during storage, it leads to the gradual deterioration of components. Effective anticorrosive materials, such as two-component epoxy and phosphating primers, offer high adhesion and durability, but they are expensive due to their complex formulations. The aim of this study is to validate the feasibility of using a less expensive single-component polymer mastic as a base for a protective coating, as well as to develop multicomponent solutions based on it with the addition of inhibitors that provide effective protection, including surfaces with existing corrosion.

Methodology. The study included a comparative microstructural analysis of the source materials and the experimental preparation of formulations. Two-component Reoflex primers, Bitumast polyurethane mastic, inhibitors (Zincar, OMEGA, and Mipa), and 646 solvent were examined. In the first stage a Magus Pol 850 microscope was used to evaluate the density, uniformity, and presence of air inclusions in the primers and pure mastic. In the second stage eight formulations were prepared, varying the inhibitor type and proportions (from 50/50 to 70/30 with the addition of 50–75 g of solvent). The resulting formulations were examined under a microscope for delamination and structural stability. Solution №3 (mastic + Mipa, 70/30 + 50 g of solvent) was deemed the most stable.

Results. Microscopic analysis revealed that the "Bitumast" polymer mastic is structurally comparable to expensive primers. It has a dense, thick structure without air inclusions and a highly uniform coating. The choice of adsorption and film-forming inhibitors, as well as specific formulations—the "AGAT avto Zinc-Zinc" rust converter and the "Mipa Rostversiegelung" rust sealer—was justified. Eight multi-component protective solution formulations were developed. Unlike traditional formulations, the polymer mastic can be diluted without losing viscosity or uniformity. Solution No. 3 (a 70/30 mixture of polymer mastic and "Mipa" rust sealer with the addition of a solvent) was deemed the most promising, maintaining dense consistency, a stable structure without stratification, and uniform inhibitor distribution. Microscopic analysis showed that the inhibitors are distributed throughout the mastic, allowing it to react with corrosion particles and seal them directly into the coating layers.

Conclusion. Thus, the proposed solutions are significantly less expensive than existing analogues and offer important advantages: high thixotropy, UV resistance, fast polymerization rate, the ability to be applied at subzero temperatures (down to -10°C), resistance to cyclic deformation, a wide operating temperature range (from -70°C to +110°C), and high elasticity. The developed multi-component polymer mastic-based compositions are a cost-effective and practically effective means of protecting agricultural machinery from corrosion during storage, especially Solution No. 3, which allows for coating application even to surfaces with incipient corrosion damage due to its ability to convert and seal rust.

Key words: polymer mastic, storage of agricultural machinery, multi-component solution, protection of equipment from corrosion

For citation: Ushanev A. I., Byshov D. N., Murog I. A., Yukhin I. A., Yumaev D. M. Improvement of anticorrosion properties of protective solutions // Ryazan Agrotech University Bulletin. 2026, Vol.18, No. 2, P. 173- 180 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.90.32.022>

Научная статья
УДК 631.358
DOI: 10.36508/RSATU.2026.44.61.023

ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ ЛЬНУБОРОЧНОЙ ТЕХНИКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ

Антон Сергеевич Фирсов¹, Артем Викторович Виноградов¹, Степан Анатольевич Соколов¹,
Николай Евгеньевич Лузгин²

¹ ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия», г. Тверь, Россия

² ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

✉ nikolay.luzgin@mail.ru

Аннотация. Проблема и цель. Проблема заключается в низкой эффективности традиционных методов производства и обслуживания льноуборочной техники, обусловлена она большими расходами и длительностью процесса. Целью исследования является повышение надежности конструкции льнокомбайна ЛК-4А и производительности при уборке льна путем внедрения метода цифровых двойников и автоматизированного проектирования.

Методология. Исследование проводилось в рамках производственных испытаний на опытных площадках в Тверской и Смоленской областях. Составлены расчеты нагрузок, получаемых теребильным ремнем от инновационных шкивов с цилиндрическими выступами. Построены цифровые двойники с использованием программного обеспечения «КОМПАС-3D». На основе программного обеспечения «APR FEM» проведен прочностной анализ конструкции шкивов с различным количеством наплавленных выступов.

Результаты. В результате проведения исследования установлено, что применение шкивов теребильного аппарата с изготовленными на них цилиндрическими выступами обеспечивает высокое качество технологической операции теребления, в том числе при условиях повышенной влажности стеблей льна-долгунца. Производственные испытания подтвердили повышение эффективности уборки льна-долгунца. Показатели чистоты теребления увеличились на 1,94 %, а потери стеблей снизились на 0,95 %. Прочностные анализы цифровых двойников продемонстрировали незначительное увеличение износа ремня при использовании шкивов с цилиндрическими выступами.

Заключение. Применение цифровых двойников показало свою эффективность в проектировании и исследовании сельскохозяйственных машин. Использование методологии позволило сократить сроки испытаний и уменьшить затраты, подтвердив целесообразность дальнейшего внедрения цифровых двойников в агропромышленный сектор. Ключевые слова: цифровые двойники, лен, лен-долгунец, высокое качество, автоматизация, модернизация, теребильная секция.

Для цитирования: Фирсов А.С., Виноградов А.В., Соколов С.А., Лузгин Н.Е. Подготовка и проведение производственных испытаний льноуборочной техники с применением цифровых двойников // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2026, Т.18, № 2, С. 187-193 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.44.61.023>

Original article

PREPARATION AND CONDUCTING OF FIELD TRIALS FOR FLAX HARVESTING EQUIPMENT USING DIGITAL TWINS

Anton S. Firsov¹, Artem V. Vinogradov¹, Stepan A. Sokolov¹, Nikolay E. Luzgin^{2✉}

¹ Tver State Agricultural Academy, Tver, Russia ² Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

✉ nikolay.luzgin@mail.ru

Abstract. Problem and purpose. The problem and objective of the study are related to low efficiency in traditional methods for manufacturing and servicing flax-harvesting equipment due to high costs and lengthy processes. The aim is to enhance the reliability of the LK-4A flax combine's design and increase productivity during flax harvest by implementing digital twin methodology and automated engineering techniques.

Methodology. Field trials were conducted on experimental sites in Tver and Smolensk regions. Load calculations from innovative pulleys with cylindrical protrusions applied to a treading belt were developed. Digital twins were created using KOMPAS-3D software. Strength analysis was performed using APM FEM software for pulley designs with different numbers of welded protrusions.

Results. The study results showed that the proposed pulleys with cylindrical protrusions installed instead of standard drive pulleys in the pulling device ensure high-quality pulling, especially under conditions of increased stem moisture content. Field tests confirmed an increase in flax harvest efficiency. Pulling cleanliness indicators increased by 1.94%, while stem losses decreased by 0.95%. Strength analyses of digital twins demonstrated a negligible increase in belt wear when using pulleys with cylindrical protrusions.

Conclusion. Application of digital twins proved effective in designing and testing agricultural machinery. This approach reduced trial periods and expenses, validating further implementation of digital twins into agroindustrial sectors.

Key words: digital twins, flax, fiber flax, high quality, automation, modernization, pulling section

For citation: Firsov A.S., Vinogradov A.V., Sokolov S.A., Luzgin N.E. Preparation and conducting of field trials for flax harvesting equipment using digital twins // Ryazan Agrotech University Bulletin. 2026, Vol 18, No.2, P 187-193 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.44.61.023>

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК: 629.3.01

DOI: 10.36508/RSATU.2026.76.79.025

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ МОДУЛЬНОГО ТОРСИОННОГО УПРУГОГО ЭЛЕМЕНТА

Иван Андреевич Данилов^{1✉}, Александр Алексеевич Иванов^{1✉}

¹ ФГБОУ ВО Тверская государственная сельскохозяйственная академия, г. Тверь, Россия

✉ ivan_danilov2022@bk.ru

✉ aivanov@tvqsha.ru

Аннотация. Проблема и цель. Целью настоящей работы является проведение теоретического расчета модульной подвески и его моделирование для обоснования эффективности работы модульной подвески.

Методология. Методология исследования основана на теоретическом расчете угловой и линейной жесткости наборного торсиона прямоугольного сечения с использованием нормативных коэффициентов и параметров материала. На базе полученной жесткости построена математическая модель четверти прицепа, представленная системой дифференциальных уравнений второго порядка. Динамический отклик подвески на модельную неровность дороги вычислялся численными методами, что позволило оценить перемещения, углы закручивания и напряжения в элементах торсиона для различных конструктивных вариантов. Для моделирования работы подвески при динамическом переезде неровности применялся груз массой 350 кг. Искусственная неровность принималась высотой 0,05 м и длиной 0,5 м. Скорость переезда равна 5 м/с.

Результаты. В результате исследования получена модель четверти прицепа, оценены жесткость рассчитанной модульной торсионной подвески. Жесткость модульной торсионной подвески равна 42939,47 Н/м. Максимальное напряжение в элементах торсиона достигает 125,9 МПа, что на 20 % ниже максимально допустимого значения. Моделирование также выявило, что время затухания колебаний кузова составляет 0,5 с, а максимальный ход кузова 18 мм.

Заключение. Результаты исследования позволили оценить параметры модульной торсионной подвески, оценить эффективность ее применения. Получить достаточно данных для изготовления опытного образца, проведения стендовых и ходовых испытаний.

Ключевые слова: торсион, модульная торсионная подвеска, математическая модель, четверть прицепа, жесткость подвески

Для цитирования: Данилов И.А., Иванов А.А. Теоретический расчет модульного торсионного упругого элемента // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2026, Т.18, № 2, С. 194-200 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.76.79.025>

THEORETICAL CALCULATION OF A MODULAR TORSIONAL ELASTIC ELEMENT

Ivan A. Danilov^{1✉}, Alexandr A. Ivanov^{2✉}

¹ Tver State Agricultural Academy, Tver, Russia

✉ ivan_danilov2022@bk.ru

✉ aivanov@tvqsha.ru

Abstract. Problem and purpose. The purpose of this study is to perform a theoretical calculation of a modular suspension system and to model its behavior in order to substantiate the efficiency of the modular torsion suspension.

Methodology. The research methodology is based on theoretical calculation of the angular and linear stiffness of a laminated torsion bar with a rectangular cross-section using standard coefficients and material parameters. Based on the obtained stiffness, a quarter-trailer mathematical model was developed in the form of a system of second-order differential equations. The dynamic response of the suspension to a model road irregularity was computed numerically, which made it possible to evaluate displacements, torsional angles, and stresses in the torsion elements for various design configurations. To simulate the suspension response during dynamic traversal of the obstacle, a load of 350 kg was applied. The artificial road irregularity was modeled as being 0.05 m high and 0.5 m long, with traversal speed set to 5 m/s.

Results. The study resulted in a validated quarter-trailer model and an estimation of the stiffness of the designed modular torsion suspension system. The stiffness of the modular torsion suspension was determined to be 42,939.47 N/m. The maximum stress in torsion elements reached 125.9 MPa, which is 20% below the allowable limit. Modeling also showed that body oscillations decay within 0.5 s, and the maximum body travel is 18 mm.

Conclusion. The obtained results make it possible to evaluate the performance of the modular torsion suspension, confirm the feasibility of its application, and provide sufficient data for fabrication of a prototype followed by bench and field testing.

Key words: torsion bar, modular torsion suspension, mathematical model, quarter-car model, suspension stiffness

For citation: Danilov I.A., Ivanov A.A. Theoretical calculation of a modular torsion elastic element // Ryazan Agrotech University Bulletin. 2026, Vol.18, No. 2, P. 194-200 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2026.76.79.025>