

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.171

<https://doi.org/10.26897/2687-1149-2026-3-58-64>**Экспериментальное обоснование энергосберегающих режимов работы комбинированного агрегата АКК-6 в лесостепной зоне ЦЧР***Д.А. Москвичев¹, А.В. Евграфов², А.С. Гузалов³, Г.Е. Митягин⁴, О.П. Андреев⁵*^{1,2,3,4,5} Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; г. Москва, Россия¹ moskvichev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0009-0002-7082-4876>² av.evgrafov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2313-2191>³ guzalov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3526-4332>⁴ mityagin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2667-9309>⁵ aopmsau@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0738-302X>

Аннотация. Повышение энергоэффективности предпосевной обработки почвы является актуальной задачей в условиях роста стоимости ресурсов. Исследования проведены с целью экспериментального определения оптимальных режимов (глубины и скорости) работы комбинированного агрегата АКК-6, обеспечивающих максимальную урожайность при минимальных энергозатратах. Комбинированный почвообрабатывающий посевной агрегат АКК-6 совмещает рыхлительные лапы, дисковые батареи и кольчато-шпоровый каток. Полевой опыт проведен в 2025 г. в лесостепной зоне, тип почвы – чернозем типичный. В двухфакторном плане эксперимента учитывали глубину обработки 20 и 25 см и скорость движения агрегата 8 и 10 км/ч. Тяговое сопротивление измеряли динамометрической сцепкой, расход топлива – бортовой системой «Технотон», урожайность яровой пшеницы сорта Дарья определяли прямым комбайнированием. Качество обработки почвы оценивали по показателям глыбистости, выравненности поверхности, урожайности, учитывали агрофизические показатели. Статистическую обработку данных произвели в программах Microsoft Excel и Python (библиотеки SciPy, statsmodels). Установлено, что с увеличением глубины обработки почвы с 20 до 25 см повышаются тяговое сопротивление на ~27% и расход топлива на ~19%. Увеличение скорости с 8 до 10 км/ч привело к снижению удельного расхода топлива на 7...9%, при этом качество обработки почвы ухудшилось: глыбистость увеличилась на 1,0...1,5 балла, выравненность поверхности снизилась в 1,5...1,7 раза. Максимальная урожайность 44,2 ц/га достигнута при глубине обработки почвы 25 см и скорости движения агрегата 8 км/ч, что на 5,2% выше контроля (20 см и 8 км/ч соответственно). Дисперсионный анализ подтвердил высокую значимость влияния режима обработки почвы на урожайность ($F = 103,71$; $p < 0,001$). С целью снижения энергоемкости и повышения продуктивности яровой пшеницы рекомендуем на почвах чернозема типичного проводить предпосевную обработку комбинированным агрегатом АКК-6 на глубину 24...26 см со скоростью 8...9 км/ч.

Ключевые слова: комбинированный почвообрабатывающий посевной агрегат; ресурсосбережение; тяговое сопротивление; урожайность; энергоэффективность; дисперсионный анализ

Финансирование. Работа выполнена в рамках проекта по созданию и развитию инжинирингового центра РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (соглашение № 075-15-2025-543 от 16 июня 2025 г.).

Для цитирования: Москвичев Д.А., Евграфов А.В., Гузалов А.С., Митягин Г.Е., Андреев О.П. Экспериментальное обоснование энергосберегающих режимов работы комбинированного агрегата АКК-6 в лесостепной зоне ЦЧР // Агроинженерия. 2026. Т. 28, № 3. С. 58-64. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2026-3-58-64>

ORIGINAL ARTICLE

Experimental justification of energy-saving operating modes of the combined unit AKK-6 in the forest-steppe zone of the Central Chernozem Region

D.A. Moskvichev¹, A.V. Evgrafov², A.S. Guzalov³, G.E. Mityagin⁴, O.P. Andreev⁵

^{1,2,3,4,5} Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; Moscow, Russia

¹ moskvichev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0009-0002-7082-4876>

² av.evgrafov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2313-2191>

³ guzalov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3526-4332>

⁴ mityagin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2667-9309>

⁵ aopmsau@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0738-302X>

Abstract. Improving the energy efficiency of pre-sowing tillage has become an urgent priority in the context of rising input costs. The study aimed to experimentally determine the optimal operating parameters (depth and speed) of the combined AKK-6 tillage implement to achieve maximum crop yield with minimal energy consumption. The AKK-6 combined tillage and seeding implement integrates tines, disk batteries, and a ring-spur roller. Field trials were conducted in 2025 in a forest-steppe zone on typical chernozem soil. A two-factor experimental design examined tillage depths of 20 and 25 cm and operating speeds of 8 and 10 km/h. Draft resistance was measured using a dynamometric hitch, fuel consumption was recorded with a Technoton on-board system, and the yield of Darja spring wheat was determined by direct combine harvesting. Tillage quality was assessed based on cloddiness, surface evenness, yield, and agrophysical properties. Statistical data processing was performed using Microsoft Excel and Python (SciPy and statsmodels libraries). The results showed that increasing tillage depth from 20 to 25 cm raised draft resistance by approximately 27% and fuel consumption by about 19%. Increasing operating speed from 8 to 10 km/h reduced specific fuel consumption by 7-9%; however, tillage quality deteriorated: cloddiness increased by 1.0-1.5 points, and surface evenness decreased by a factor of 1.5-1.7. The maximum yield of 44.2 dt/ha was achieved at a tillage depth of 25 cm and an operating speed of 8 km/h, which is 5.2% higher than the control treatment (20 cm and 8 km/h, respectively). Analysis of variance confirmed the highly significant effect of the tillage mode on the yield ($F = 103.71$; $p < 0.001$). To reduce energy intensity and increase spring wheat productivity on typical chernozem soils, the AKK-6 combined implement is recommended for pre-sowing tillage at a depth of 24-26 cm and a speed of 8-9 km/h.

Keywords: combined tillage and seeding implement; resource saving; draft resistance; yield; energy efficiency; analysis of variance

Funding. This work was carried out within the framework of the project for the establishment and development of the Engineering Center of Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (Agreement No. 075-15-2025-543 dated June 16, 2025).

For citation: Moskvichev D.A., Evgrafov A.V., Guzalov A.S., Mityagin G.E., Andreev O.P. Experimental justification of energy-saving operating modes of the combined unit AKK-6 in the forest-steppe zone of the Central Chernozem Region. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2026;28(3):58-64. (In Russ.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2026-3-58-64>

Введение

Повышение энергетической эффективности сельскохозяйственного производства является одной из приоритетных задач агропромышленного комплекса России [1]. В условиях роста цен на топливо и ограничения импортной техники особую актуальность приобретают ресурсосберегающие технологии – в частности, применение комбинированных агрегатов, выполняющих несколько технологических операций за один проход [2]. Сокращение количества проходов техники по полю способствует меньшему уплотнению почвы, снижению потери влаги и совокупных энергозатрат [3].

Эффективность работы комбинированного агрегата зависит от параметров его режима работы – глубины и скорости обработки почвы [4]. Глубина определяет энергоёмкость процесса и агротехническое состояние корнеобитаемого слоя, а скорость влияет на качество крошения, производительность и удельный расход топлива [5]. Существующие рекомендации носят часто общий характер и не учитывают специфику почвенно-климатических условий лесостепной зоны Центрально-Черноземного региона (ЦЧР), где вопросы влагообеспеченности и сохранения структуры почвы особенно критичны [6].

Можно ожидать, оптимальное сочетание глубины и скорости работы агрегата АКК-6 обеспечит баланс между минимальными удельными энергозатратами и максимальной урожайностью яровой пшеницы в условиях лесостепной зоны ЦЧР.

Цель исследований: экспериментальное определение оптимальных режимов работы комбинированного агрегата АКК-6 (глубины и скорости) по критериям минимума энергозатрат и максимума урожайности яровой пшеницы в лесостепной зоне ЦЧР.

Научная новизна исследований заключается в комплексной энерго-агрономической оценке режимов работы агрегата АКК-6, впервые проведенной в условиях лесостепной зоны ЦЧР с использованием современных методов измерения (динамометрической сцепки, бортовых систем мониторинга) и статистического анализа.

Материалы и методы

Полевой опыт заложен в апреле 2025 г. на территории Воронежской области (51°28' с.ш., 39°05' в.д.). Почва – чернозем типичный, среднесуглинистый. Климатические условия вегетационного периода яровой пшеницы (апрель-август) характеризовались суммой осадков 285 мм (на 12% ниже нормы) и глубиной промачивания почвы до 45 см. Влажность пахотного слоя (0...20 см) в период обработки составляла 18...20% [7].

Основным объектом исследований являлся комбинированный почвообрабатывающий посевной агрегат АКК-6, агрегируемый трактором МТЗ-1221 через прицепное устройство (поперечную планку). Такая схема обеспечивает корректную передачу тягового усилия и копирование рельефа поля. На рисунке 1 представлена принципиальная схема расположения рабочих органов агрегата АКК-6. Агрегат сочетает рыхлительные лапы, дисковые батареи и кольчато-шпоровый каток.

Схема и методика опыта включали в себя двухфакторный полевой опыт. Фактор А – глубина обработки: 20 и 25 см; фактор Б – скорость движения: 8 и 10 км/ч. Всего 4 варианта режимов работы агрегата, повторность трехкратная. Размещение делянок рендомизированное, площадь учетной делянки – 2 га. Применена адаптированная для лесостепи ЦЧР зональная технология возделывания. Предшественником яровой пшеницы сорта Дарья был пар, поэтому глубокая осенняя обработка не проводилась, и ее влияние на изучаемый фактор исключается.

Предпосевная обработка выполнялась комбинированным агрегатом АКК-6 на глубину 20 и 25 см при скорости 8 и 10 км/ч. Отметим, что традиционная для лесостепи ЦЧР предпосевная культивация проводится на глубину 10...12 см. В рамках поиска энергосберегающих режимов нами опробован вариант, позволяющий совместить рыхление с частичным углублением пахотного слоя – посев рядовым способом с одновременным прикапыванием. Таким образом, в опыте изучали влияние весенней обработки на заданную глубину, а не замену основной обработки [8].

Тяговое сопротивление (P , кН) измеряли динамометрической сцепкой ДКС-5 на контрольных отрезках длиной 100 м в устойчивом режиме движения. Удельный расход топлива (Q , л/га) регистрировали установленной на тракторе бортовой системой мониторинга «Технотон» [9].

Качество обработки почвы оценивали по нескольким показателям: глыбистости G (визуальная оценка по 5-балльной шкале, где 1 – почва хорошо разделена на мелкие комки, 5 – наличие крупных глыб); выравнимости поверхности (определение максимального отклонения от плоскости 2-метровой рейки, укладываемой на поверхность поля, см [10]); урожайности (с учетом прямого комбайнирования каждой делянки комбайном ACROS-595 и пересчета урожая на стандартную влажность 14%). Также учитывали



Рис. 1. Комбинированный почвообрабатывающий посевной агрегат АКК-6: схема расположения рабочих органов

Fig. 1. Combined tillage and seeding implement АКК-6: layout diagram of the working elements

агрофизические показатели (влажность почвы определялась термостатно-весовым методом [11]).

Математическая и статистическая обработка данных произведена методами вариационной статистики с использованием программ Microsoft Excel и Python (библиотеки SciPy, statsmodels) [12]. Оценка достоверности влияния факторов выполнялась с помощью дисперсионного анализа ANOVA для двухфакторного опыта [13]. Различия между средними оценивали по критерию наименьшей существенной разницы (LSD) при уровне значимости $\alpha = 0,05$. Рассчитаны средние арифметические (M), стандартные отклонения (s) и коэффициенты вариации (CV) [14].

Результаты и их обсуждение

Показатели качества и энергозатраты возделывания почвы в зависимости от скорости агрегата АКК-6 и глубины предпосевной обработки почвы представлены в таблице.

Увеличение глубины обработки с 20 до 25 см привело к статистически значимому росту среднего

тягового сопротивления на 27,2% и удельного расхода топлива на 18,8%.

Повышение скорости движения с 8 до 10 км/ч, напротив, способствовало снижению удельного расхода топлива на 7...9% за счет роста производительности, но негативно сказалось на качестве обработки. Глыбистость возросла на 1,0...1,5 балла, а неровность поверхности – в 1,5...1,7 раза (рис. 2).

Наибольшая средняя урожайность 44,2 ц/га получена при глубине обработки 25 см и скорости 8 км/ч (вариант 3) (рис. 3).

С ростом глубины и скорости обработки коэффициент вариации урожайности CV уменьшается:

Режим 1 (20 см и 8 км/ч) – урожайность $42,0 \pm 0,36$ ц/га (CV = 0,86%).

Режим 2 (20 см и 10 км/ч) – урожайность $40,5 \pm 0,26$ ц/га (CV = 0,65%).

Режим 3 (25 см и 8 км/ч) – урожайность $44,2 \pm 0,26$ ц/га (CV = 0,60%).

Режим 4 (25 см и 10 км/ч) – урожайность $42,9 \pm 0,10$ ц/га (CV = 0,23%).

Влияние режимов работы агрегата АКК-6 на энергозатраты и качество обработки почвы (M ± s; n = 3)

Таблица

Effect of АКК-6 operating modes on energy consumption and tillage quality (M ± s; n = 3)

Table

Режим			Тяговое сопротивление, P, кН	Удельный расход топлива, Q, л/га	Глыбистость, G, балл	Выравненность, см
№	Глубина, см	Скорость, км/ч				
1 контроль	20	8	12,5 ± 0,4	22,3 ± 0,6	1,5 ± 0,2	2,1 ± 0,3
2	20	10	11,9 ± 0,3	20,4 ± 0,5	3,0 ± 0,3	3,5 ± 0,4
3	25	8	15,9 ± 0,5	26,5 ± 0,7	1,8 ± 0,2	2,4 ± 0,3
4	25	10	15,1 ± 0,4	24,1 ± 0,6	3,5 ± 0,3	4,0 ± 0,4

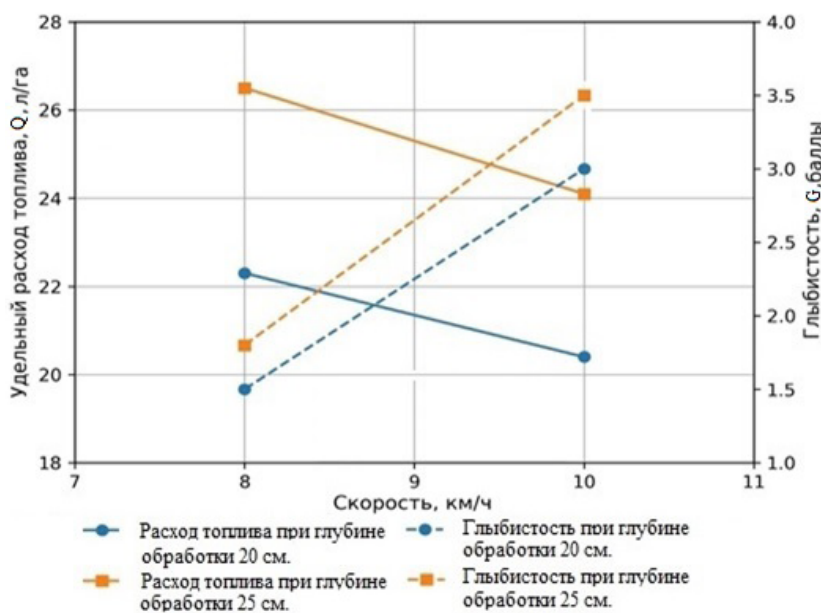


Рис. 2. Влияние скорости и глубины обработки на расход топлива и глыбистость (G) почвы

Fig. 2. Effect of speed and tillage depth on fuel consumption and soil cloddiness (G)

Низкие значения CV (<1%) свидетельствуют о высокой воспроизводимости результатов.

Дисперсионный анализ подтвердил высокую значимость влияния как глубины ($F = 195,4; p < 0,001$), так и скорости ($F = 67,8; p < 0,001$) на урожайность. Взаимодействие факторов также было значимым ($F = 12,5; p < 0,01$). Общее значение F-критерия для модели составило 103,71 при $p \approx 9,62 \cdot 10^{-7}$. Рассчитанное значение $LSD_{0.55}$ для урожайности составило 0,50 ц/га. Таким образом, прибавка урожая на варианте 3 (25 см и 8 км/ч) по сравнению

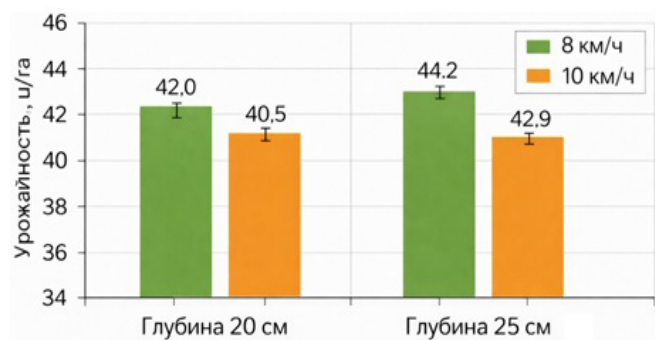


Рис. 3. Урожайность яровой пшеницы в зависимости от глубины и скорости обработки почвы

Fig. 3. Spring wheat yield as a function of tillage depth and speed

с контролем (20 см и 8 км/ч) в 2,2 ц/га (5,24%) является статистически значимой. Также значимой является разница в 1,3 ц/га (3,03%) между вариантами 3 и 4.

Выявленный оптимальный режим 3 (25 см и 8 км/ч) свидетельствует о том, что в условиях лесостепной зоны ЦЧР с ее периодически формирующимся уплотненным подпахотным горизонтом («плужной подошвой») и дефицитом влаги во второй половине лета углубленная обработка (25 см) оказывает положительный агротехнический эффект. Она способствует более глубокому рыхлению, разрушению уплотнений и увеличению влагозапасов в корнеобитаемом слое. Этот эффект перевешивает возросшие на 19% энергозатраты, что выражается в значимой прибавке урожая. Скорость 8 км/ч обеспечивает приемлемое качество крошения, которое напрямую влияет на полевую всхожесть семян и равномерность развития растений. Предлагаемый режим является компромиссным решением в системе «Энергозатраты – качество обработки – урожайность» (рис. 4).

Снижение скорости до 8 км/ч при глубокой обработке не минимизирует удельный расход топлива, но гарантирует высокое агротехническое качество, что в итоге обеспечивает максимальный хозяйственно-экономический результат.

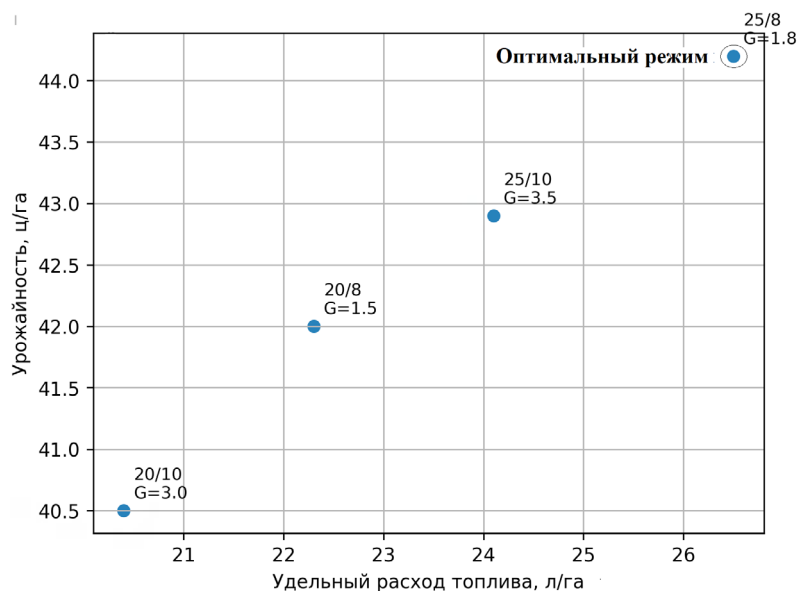


Рис. 4. Зависимость «Энергозатраты – качество обработки – урожайность»

Fig. 4. Relationship “Energy consumption – Tillage quality – Yield”

Выводы

1. Энергоемкость процесса работы агрегата АКК-6 зависит от глубины обработки почвы. Увеличение глубины с 20 до 25 см приводит к достоверному росту тягового сопротивления на ~27% и удельному расходу топлива на ~19%.

2. Повышение рабочей скорости агрегата с 8 до 10 км/ч снижает удельный расход топлива на 7...9%, но вызывает статистически значимое ухудшение качества обработки почвы: глыбистость увеличивается на 1,0...1,5 балла; выравненность поверхности снижается в 1,5...1,7 раза.

3. Для условий лесостепной зоны ЦЧР на черноземе типичном экспериментально обоснован оптимальный режим работы комбинированного агрегата АКК-6 под яровую пшеницу: глубина обработки – 25 см при скорости движения 8 км/ч. Данный режим обеспечил максимальную урожайность 44,2 ц/га, что на 5,2% (2,2 ц/га) выше, чем при стандартной глубине 20 см и той же скорости.

4. Дисперсионный анализ подтвердил высокую значимость влияния изучаемых факторов (глубины,

скорости и их взаимодействия) на урожайность ($F = 103,71$; $p < 0,001$). Воспроизводимость результатов опыта является высокой ($CV < 1\%$).

5. Предпосевную обработку агрегатом АКК-6 рекомендуется проводить на глубину 24...26 см со скоростью 8...9 км/ч. Полученные данные могут быть использованы для уточнения нормативов расхода топлива и разработки регламентов эксплуатации комбинированных почвообрабатывающих агрегатов.

Список источников

1. Далисова Н.А., Степанова Э.В. Диверсификация сельскохозяйственного производства на основе ресурсосбережения // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2018. № 6. С. 58-68. EDN: YUDTGP
2. Луконин Н.А., Воротников И.Л., Богатырёв С.А., Ерюшев М.В. Обоснование целесообразности разработки ресурсосберегающей технологии и создания комбинированного агрегата для полосовой обработки почвы // Аграрный научный журнал. 2020. № 11. С. 121-124. <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i11pp121-124>. EDN: EFMZCR
3. Николаев А.Д., Тихоновский В.В., Блынский Ю.Н., Тихоновская К.В. Методика исследований по уплотнению почвы при выполнении технологических перевозок в период уборки урожая // 3i: Intellect, Idea, Innovation – интеллект, идея, инновация. 2022. № 3. С. 120-126. EDN: YUMMLA
4. Чернобрисов С.Ф., Димогло А.В., Михайлов В.С. Обоснование выбора оптимального состава комбинированного машинно-тракторного агрегата // Вестник Приднестровского университета. Серия «Физико-математические и технические науки. Экономика и управление». 2020. № 3 (66). С. 96-103. EDN: OSIRFH
5. Бойков В.М., Воротников И.Л., Старцев С.В., Башмаков И.А. Технологические направления снижения энергоёмкости процесса основной обработки почвы // Аграрный научный журнал. 2019. № 11. С. 86-88. <https://doi.org/10.28983/asj.y2019i11pp86-88>. EDN: MOVCWP
6. Турусов В.И., Гармашов В.М. Минимализация основной обработки почвы в почвенно-климатических условиях Центрально-Черноземного региона // Сельскохозяйственный журнал. 2019. № 3 (12). С. 37-46. EDN: ПЕОКОТ
7. Милюткин В.А. Российские инновационные агрегаты «Туман» (опрыскиватель и мультинжектор) ООО «Пегас-Агро» для внесения жидких удобрений КАС // Вестник аграрной науки Дона. 2022. Т. 15, № 3 (59). С. 84-96. EDN: BXFBJP
8. Москвичев Д.А. Оптимизация диагностирования узлов и агрегатов тракторов Кировец К-742М с помощью программы ЭВМ на языке программирования Python // Агроинженерия. 2025. Т. 27, № 4. С. 54-60. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2025-4-54-60>
9. Москвичев Д.А., Виноградов О.В. Эффективность модернизации сельскохозяйственной техники путем использования модульного транспорта // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2018. № 2 (84). С. 33-36. <https://doi.org/10.26897/1728-7936-2018-2-33-36>
10. Дементьев Д.А., Фадеев А.А. Рентабельность обработки почвы под сельскохозяйственные культуры в севообороте при минимизации обработки почвы // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 6 (384). С. 46-49. EDN: TUIIFF

References

1. Dalisova N.A., Stepanova E.V. Diversification of agricultural production based on resource saving. *Vestnik Altaiskoy akademii ekonomiki i prava*, 2018;6:58-68. (In Russ.)
2. Lukonin N.A., Vorotnikov I.L., Bogatyrev S.A., Eryushev M.V. Justification for the development of resource-saving technology and the production of the combined unit for strip tillage. *The Agrarian Scientific Journal*. 2020;11:121-124. (In Russ.) <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i11pp121-124>
3. Nikolaev A.D., Tihonovskij V.V., Blynskiy Yu.N., Tihonovskaya K.V. Methodology of research on soil compaction when performing technological transportation in the process of harvesting. *3i: Intellect, Idea, Innovation – Intellect, idei, innivatsii*. 2022;3:120-126. (In Russ.)
4. Chernobrisov S.F., Dimoglo A.V., Mihaylov V.S. Substantiation and choice of the optimal composition of the combined machine-tractor unit. *Vestnik Pridnestrovskogo universiteta. Series "Fiziko-matematicheskie i tekhnicheskie nauki. Ekonomika i upravleniye"*. 2020;3:96-103. (In Russ.)
5. Boykov V.M., Vorotnikov I.L., Startsev S.V., Bashmakov I.A. Technological directions of reducing the energy intensity of the primary tillage process. *The Agrarian Scientific Journal*. 2019;11:86-88. (In Russ.) <https://doi.org/10.28983/asj.y2019i11pp86-88>
6. Trusov V.I., Garmashov V.M. Minimization of primary tillage in the soil and climatic conditions of the Central Black Earth Region. *Agricultural Journal*. 2019;3:37-46. (In Russ.)
7. Milyutkin V.A. Comparative efficiency of innovative units "Tuman" (sprayer and multi-injector) LLC "Pegas-Agro" when applying liquid fertilizers cam. *Don Agrarian Science Bulletin*. 2022;15(3):84-96. (In Russ.)
8. Moskvichev D.A. Optimization of diagnostics of units and assemblies of Kirovets K-742M tractors using software in the Python programming language. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2025;27(4):54-60 (In Russ.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2025-4-54-60>
9. Moskvichev D.A., Vinogradov O.V. Efficiency of agricultural machinery modernization by means of modular transport. *Vestnik of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University Named After V.P. Goryachkin"*. 2018;2:33-36. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/1728-7936-2018-2-33-36>
10. Dementyev D.A., Fadeev A.A. Profitability of tillage for agricultural crops in crop rotation while minimizing tillage. *Mezhdunarodnyi Sel'skokhozyaistvennyi Zhurnal*. 2021;6:46-49. (In Russ.)
11. Kravchenko R.V., Terekhova S.S., Grechishchev D.S. Influence of basic soil treatment on agrophysical indicators of soil under winter wheat crops. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2022;176:96-107. (In Russ.)

11. Кравченко Р.В., Терехова С.С., Гречищев Д.С. Влияние основной обработки почвы на агрофизические показатели почвы под посевами озимой пшеницы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 176. С. 96-107. EDN: TGBSML

12. Горохов М.М., Саева Л.Г. Факторный анализ данных // Социально-экономическое управление: теория и практика. 2020. № 4 (43). С. 65-69. EDN: AXDQYR

13. Vinogradov O.V., Moskvichev D.A., Didmanidze O.N., Parlyuk E.P. Methods of analyzing the structure of the modular car park and the intensity of its operation. *Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2019;6(3):5289-5292. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2592821>

14. Evgrafov A., Guzalov A., Moskvichev D. Experimental studies of temperature-dynamic properties of peat soils in agricultural lands. *E3S Web of Conferences: XI International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development, Termez, Uzbekistan*. Termez, Uzbekistan: EDP Sciences, 2025. P. 5003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202561305003>

Информация об авторах

¹ **Москвичев Дмитрий Александрович**, канд. техн. наук, доцент кафедры тракторов и автомобилей; moskvichev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0009-0002-7082-4876>; SPIN-код: 3787-0273

² **Евграфов Алексей Владимирович**, д-р техн. наук, доцент кафедры тракторов и автомобилей; av.evgrafov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2313-2191>, SPIN-код: 3758-0885

³ **Гузалов Артёмбек Сергеевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры тракторов и автомобилей; guzalov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3526-4332>; SPIN-код: 1552-5321

⁴ **Митягин Григорий Евгеньевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры тракторов и автомобилей; mityagin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2667-9309>; SPIN-код: 8420-7615

⁵ **Андреев Олег Петрович**, канд. техн. наук, доцент кафедры тракторов и автомобилей; aopmsau@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0738-302X>; SPIN-код: 2036-7435

^{1,2,3,4,5} Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; Россия; 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49

Вклад авторов

Москвичев Д.А. – методология, руководство исследованиями; Евграфов А.В. – концептуализация, создание окончательной версии (доработка) рукописи и ее редактирование; Гузалов А.С. – создание черновика рукописи; Митягин Г.Е. – ресурсы, визуализация.

Андреев О.П. – проведение исследования; верификация данных.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и несут ответственность за плагиат

Статья поступила 22.01.2026, после рецензирования и доработки 08.04.2026, принята к публикации 14.05.2026

12. Gorokhov M.M., Saetova L.G. Factor data analysis. *Social'no-e'konomicheskoe upravlenie: Teoriya i praktika*. 2020;4:65-69. (In Russ.)

13. Vinogradov O.V., Moskvichev D.A., Didmanidze O.N., Parlyuk E.P. Methods of analyzing the structure of the modular car park and the intensity of its operation. *Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2019;6(3):5289-5292. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2592821>

14. Evgrafov A., Guzalov A., Moskvichev D. Experimental studies of temperature-dynamic properties of peat soils in agricultural lands. *E3S Web of Conferences: XI International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development, Termez, Uzbekistan*. Termez, Uzbekistan: EDP Sciences, 2025. P. 5003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202561305003>

Author Information

Dmitry A. Moskvichev¹, CSc (Eng), Associate Professor, the Department of Tractors and Automobiles, moskvichev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0009-0002-7082-4876>; Scopus Author ID: 59647875700

Alexey V. Evgrafov², DSc (Eng), Associate Professor; the Department of Tractors and Automobiles, av.evgrafov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2313-2191>

Artembek S. Guzalov³, CSc (Eng), Associate Professor, the Department of Tractors and Automobiles; guzalov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3526-4332>, Scopus Author ID: 58072433200

Grigory E. Mityagin⁴, CSc (Eng), Associate Professor, the Department of Tractors and Automobiles; mityagin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2667-9309>

Oleg P. Andreev⁵, CSc (Eng), Associate Professor, of the Department of Tractors and Automobiles; aopmsau@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0738-302X>

^{1,2,3,4,5} Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49

Author Contribution

D.A. Moskvichev – methodology, research supervision; A.V. Evgrafov – conceptualization, writing – manuscript review and editing;

A.S. Guzalov – writing – original draft;

G.E. Mityagin – resources, visualization;

O.P. Andreev – investigation, data verification.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interest and are responsible for plagiarism

Received 22.01.2026; Revised 08.04.2026; Accepted 14.05.2026