

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.372

<https://doi.org/10.26897/2687-1149-2025-1-53-58>**Оценка функциональных характеристик тракторов тягового класса 4,0****И.В. Грибов¹, А.С. Зенин², А.В. Коломейченко³, М.В. Шипов⁴, С.Б. Карякин⁵, Н.В. Перевозчикова⁶**^{1,2,3,4,5} Центральный орден Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт «НАМИ»; г. Москва, Россия⁶ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; г. Москва, Россия¹ ivan.gribov@nami.ru² artem.zenin@nami.ru³ a.kolomeychenko@nami.ru⁴ maxim.shipov@nami.ru⁵ sergey.karyakin@nami.ru⁶ n.perevozchikova@rgau-msha.ru

Аннотация. Оптимальный выбор приобретаемой техники на основе ее функциональных характеристик является важной задачей для современных сельскохозяйственных предприятий. С целью выбора оптимальной модели трактора сравнили стоимость и виды выполняемых работ трех тракторов тягового класса 4,0: Кировец К-5, БТЗ 254-К и DEUTZ-FAHR6230 TTV. Для проведения экспертизы по определению отличий применена методика сравнения моделей тракторов, учитывающая показатели технологической универсальности, агротехнических свойств, потенциальной производительности и стоимости выполнения технологических операций, и рассчитан показатель технологического уровня тракторов. Результаты проведенной оценки показали применимость всех моделей на пахотных, уборочных работах и с навесными комбинированными машинами и невозможность их применения на междурядной обработке. В сравнении с отечественными аналогами DEUTZ-FAHR6230 TTV может развивать большую скорость и достигать большей производительности. Однако технологический уровень тракторов Кировец К-5 и БТЗ 254-К имеет одинаковое значение 0,72 и превосходит импортный аналог DEUTZ-FAHR6230 TTV, имеющий показатель 0,69. Учитывая функциональные характеристики и стоимость тракторов, предприятиям выгодно приобретать отечественную технику.

Ключевые слова: функциональные характеристики, технологический уровень, показатель универсальности, показатель агротехнических свойств, показатель потенциальной производительности, показатель стоимости технологического процесса

Для цитирования: Грибов И.В., Зенин А.С., Коломейченко А.В., Шипов М.В., Карякин С.Б., Перевозчикова Н.В. Оценка функциональных характеристик тракторов тягового класса 4,0 // Агроинженерия. 2025. Т. 27. № 1. С. 53-58. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2025-1-53-58>

ORIGINAL ARTICLE

Functional evaluation of tractors of traction class 4.0**I.V. Gribov¹, A.S. Zenin², A.V. Kolomeychenko³, M.V. Shipov⁴, S.B. Karyakin⁵, N.V. Perevozchikova⁶**^{1,2,3,4,5} Central Scientific Research Automobile and Automotive Engines Institute – FSUE “NAMI”; Moscow, Russia⁶ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; Moscow, Russia¹ ivan.gribov@nami.ru² artem.zenin@nami.ru³ a.kolomeychenko@nami.ru⁴ maxim.shipov@nami.ru⁵ sergey.karyakin@nami.ru⁶ n.perevozchikova@rgau-msha.ru

Abstract. The optimal choice of purchased equipment based on its functional characteristics is an important task for modern agricultural enterprises. In order to select the optimal tractor model, the cost and types of work performed were compared with three tractors of traction class 4.0: Kirovets K-5, BTZ 254-K, and DEUTZ-FAHR6230 TTV. To determine the differences through the examination, the authors used a methodology of comparing tractor models, taking into account indicators of technological versatility, agrotechnical properties, potential (expected) productivity

and cost of performing technological operations. They also determined an indicator of the technological level of tractors. The assessment results showed the applicability of all models for plowing and harvesting operations, as well as for working with mounted combined machines. However, the models were considered unsuitable for inter-row cultivation. As compared with domestic counterparts, the DEUTZ-FAHR6230 TTV can reach higher speeds and higher performance. However, the technological level of Kirovets K-5 and BTZ 254-K tractors has the same value of 0.72 and surpasses the imported analog DEUTZ-FAHR6230 TTV, which has an indicator of 0.69. Taking into account the functional characteristics and cost of tractors, it is profitable for enterprises to purchase domestic equipment.

Keywords: functional characteristics, technological level, indicator of universality, indicator of agrotechnical properties, indicator of potential (expected) productivity, indicator of technological process cost

For citation: Gribov I.V., Zenin A.S., Kolomeychenko A.V., Shipov M.V., Karyakin S.B., Perevozchikova N.V. Functional evaluation of tractors of traction class 4.0. *Agricultural Engineering (Moscow)*. (In Russ.). 2025;27(1):53-58 <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2025-1-53-58>

Введение

Одной из главных задач современных предприятий является оптимальный выбор техники для машинно-тракторного парка на основе ее функциональных характеристик [1-4]. Анализ и оценка функциональных характеристик заложены в экспертизе по определению отличий в параметрах между зарубежной техникой и продукцией, произведенной на территории Российской Федерации, в рамках постановления Правительства Российской Федерации¹ от 20 сентября 2017 г. № 1135. Значения функциональных характеристик позволяют сделать выводы о наличии или отсутствии аналога техники/продукции, производимой на территории Российской Федерации. При этом функциональные характеристики рассматриваемой техники (продукции) в механизме проведения экспертизы отражают технологические и технические возможности аналогичных машин, имеющих схожие параметры выполнения одних и тех же функций, то есть могут быть коммерчески взаимозаменяемыми. Данный механизм проведения экспертизы разработан для поддержки развития АПК страны и является эффективным инструментом по регулированию рынка техники, реализуемой на территории Российской Федерации. Для проведения экспертизы по определению отличий можно применить методику сравнения различных моделей тракторов, учитывающую основные показатели и технические характеристики энергетического средства, разработанную на кафедре «Тракторы и автомобили» РГАУ-МСХА².

¹ Об отнесении продукции к промышленной продукции, не имеющей произведенных в Российской Федерации аналогов, и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации: постановление Правительства Российской Федерации от 20 сентября 2017 г. № 1135 // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201709250017> (дата обращения: 20.01.2024).

² Кутьков Г.М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства: Учебник. М.: Инфа-М, 2014. 506 с.

Цель исследований: сравнить функциональные характеристики тракторов тягового класса 4,0 с учетом их стоимости и вида выполняемых работ.

Материалы и методы

Показатель технологического уровня (Π_T) трактора (энергетического средства) можно представить в виде функциональной зависимости:

$$\Pi_T = f(Y_T, A_T, W_T, C_T),$$

где Y_T , A_T , W_T , C_T – безразмерный обобщенный показатель технологической универсальности, агротехнических свойств, потенциальной производительности и стоимости выполнения технологических операций соответственно³.

Для расчета показателя технологического уровня сравниваемых тракторов применены основные технические характеристики, приведенные в таблице 1.

Показатель Y_T свидетельствует о способности трактора (энергетического средства) выполнять с установленным качеством основные сельскохозяйственные операции: работать с навесными комбинированными машинами (a_a), на пахотных операциях (a_n), на уборке (a_{yb}) и в ходе транспортных процессов (a_{tp}). Данный показатель определяется по формуле:

$$Y_T = \frac{(a_a + a_n + a_{yb} + a_{tp})}{4}. \quad (1)$$

Способность трактора выполнять транспортные работы применяется для оценки функциональных характеристик с заделом на будущие изменения норм и правил эксплуатации сельскохозяйственной техники и оценивается показателем (a_{tp}). В настоящее время транспортная скорость по внутрихозяйственным дорогам ограничена 30 км/ч (СНиП 2.05.1183 «Внутрихозяйственные автомобильные дороги в колхозах, совхозах и других сельскохозяйственных предприятиях и организациях»).

³ Там же.

Таблица 1

Технические характеристики тракторов тягового класса 4,0

Table 1

Technical characteristics of tractors of traction class 4

Название / Title	Кировец К-5	БТЗ 254-К	DEUTZ-FAHR6230 TTV
Компоновочная схема / Layout diagram	4К4	4К4	4К4
Размерность колес (перед/зад) / Wheel dimension (front/rear)	23,1R26	23,1R26	540/65 R28-650/65 R38
Грузоподъемность передней навески / Load capacity of the front hitch	0	0	5450
Грузоподъемность задней навески / Load capacity of the rear hitch	6500	5000	8400
Наличие переднего ВОМ / Presence of the front PTO	-	-	+
Мощность двигателя, кВт / Engine power, kW	184	184	170
Масса трактора, кг / Tractor weight, kg	10500	8660	8400
Масса балласта, кг / Ballast weight, kg	680	0	1000
Транспортная скорость, км/ч / Transport speed, km/h	30	30	40
Агротехнический просвет, мм / Agrotechnical clearance, mm	470	400	510
Радиус поворота, м / Turning radius, m	6,5	6,7	10
Удельный расход топлива, кг/кВт·ч / Specific fuel consumption, kg/kWh	229	238	234
Стоимость трактора, тыс. руб. / Cost of the tractor, rub	8750	7200	30466

Показатель агротехнических свойств (A_T) характеризует качество выполнения работ согласно агротехническим требованиям учитывает давление на почву (γ_q), площадь уплотненного участка движителем ($\gamma_{пт}$), агротехнический просвет (γ_h), маневренность трактора (γ_m) и определяется зависимостью:

$$A_T = f(\gamma_q, \gamma_{пт}, \gamma_h, \gamma_m). \quad (2)$$

Значения коэффициентов весомости единичных показателей определяются методом опроса экспертов по специально разработанной методике⁴.

Потенциальная производительность машинно-тракторного агрегата (МТА) – это производительность с орудием такой ширины захвата, при которой его тяговое сопротивление равно номинальному тяговому усилию трактора, а скорость движения МТА является максимальной при данной мощности двигателя, но не превышает скорость, установленную агротехническими требованиями.

Показатель потенциальной производительности ($W_{п}$) определяется по формуле:

$$W_{п} = B_{зах} \cdot V_{тр}, \quad (3)$$

где $B_{зах}$ – ширина захвата МТА при максимальном тяговом усилии, м; $V_{тр}$ – скорость МТА, м/сек.

$$B_{зах} = \frac{P_{кр.ном}}{k_{оп}}, \quad (4)$$

где $P_{кр.ном}$ – номинальное тяговое усилие, кН; $k_{оп}$ – коэффициент сопротивления орудия.

⁴ Кутьков Г.М., Кузьмичев В.В., Перевозчикова Н.В. Разработка исходных требований на сельскохозяйственный трактор и оценка его технологического уровня. М.: МГАУ, 2011. 36 с.

$$V_{тр} = \frac{N_{кр}}{P_{кр.ном}}, \quad (5)$$

где $N_{кр}$ – мощность трактора на крюке.

Для расчета мощности на крюке используется показатель тягового КПД, коэффициента возможного использования мощности двигателя, коэффициент снижения мощности трактора вследствие динамической нагрузки и номинальной мощности двигателя.

Показатель потенциальной сменной производительности трактора (W_T) определяется по выражению:

$$W_T = \frac{W_{п.тр}}{W_{п.макс}}. \quad (6)$$

Показатель стоимости выполнения технологического процесса определяется относительным показателем стоимости (C_T):

$$C_T = \frac{C_{п.мин}}{C_{п}}, \quad (7)$$

где $C_{п.мин}$ – минимальные приведенные затраты из сравниваемых тракторов (табл. 4), руб/га; $C_{п}$ – приведенные затраты оцениваемого трактора, руб/га.

Приведенные затраты определяются по формуле:

$$C_{п} = C_3 + E_n \cdot K_y, \quad (8)$$

где C_3 – прямые эксплуатационные затраты, руб/га; E_n – норматив коэффициента капитальных вложений; K_y – удельные капитальные вложения, руб/га.

Оценка прямых эксплуатационных затрат определяется по ГОСТ 34393-2018 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки». Данный показатель учитывает затраты на топливо, денежные средства

на оплату труда тракториста, а также стоимость ремонта и технического обслуживания техники.

Технологический уровень (Π_T) сравниваемых тракторов (энергетических средств) определяется по формуле:

$$\Pi_T = S_{YT} \cdot Y_T + S_{AT} \cdot A_T + S_{WT} \cdot W_T + S_{CT} \cdot C_T \quad (9)$$

В связи с тем, что показатели не связаны между собой никакой функциональной зависимостью, коэффициенты весомости S_{YT} , S_{AT} , S_{WT} , S_{CT} определяются методом ранжирования при помощи экспертов.

Результаты и их обсуждение

Анализ рассчитанного показателя технологической универсальности (табл. 2) показал, что все тракторы могут работать с навесными комбинированными машинами, но наиболее универсальным является импортный образец. DEUTZ-FAHR6230 TTV имеет передний вал отбора мощности (ВОМ) и способен использовать на передней навеске активные сельскохозяйственные машины. При выполнении пахотных и уборочных работ все тракторы находятся примерно на одном техническом уровне и имеют одинаковую эффективность применения. К уборочным процессам относятся работы по кошению травы широкозахватными косилками. На междурядной обработке применение тракторов общего назначения невозможно в связи с отсутствием регулировки колеи и использования шин с широким профилем. Трактор DEUTZ-FAHR6230 TTV в сравнении с отечественными аналогами способен развивать большую транспортную скорость, что сказывается на производительности машинно-тракторного агрегата на транспортных работах.

Анализ показателей агротехнических свойств сравниваемых тракторов показал, что наименьшее давление на почву, определяемое по ГОСТ 26953-86⁵, оказывает БТЗ 254-К (табл. 3). Площадь уплотненного участка движителем в зависимости от размерности применяемых шин определялась расчетным путем. Наилучший показатель агротехнического просвета имеет трактор DEUTZ-FAHR6230 TTV, однако для тракторов общего назначения он оказывает меньшее влияние на качество выполнения работ. Для данного типа работ следует применять наиболее подходящие универсально-пропашные трактора тяговых классов 0,9-2,0 [8-10]. По показателям вписываемости и маневренности лидирующую позицию среди сравниваемых тракторов занимает Кировец К-5. Благодаря конструкции рамы, имеющей шарнирно-сочлененный тип, у которого наименьший радиус поворота. Трактор БТЗ 254-К с рамой той же конструкции также имеет высокий показатель маневренности.

Результаты расчета показателей потенциальной производительности (W_{Π}) и относительного показателя потенциальной сменной производительности (W_T) представлены на рисунке.

Расчетный показатель технологического уровня тракторов приведен в таблице 4.

По относительному показателю стоимости выполнения технологического процесса отечественные тракторы более чем в два раза превосходят иностранный аналог тягового класса 4,0, что связано с высокой стоимостью приобретения DEUTZ-FAHR6230 TTV в связи со сложностями поставки импортной техники на территорию Российской Федерации и снижением обменного курса российского рубля.

Показатель технологической универсальности (Y_T) тракторов тягового класса 4,0

Таблица 2

Indicator of technological versatility of tractors of traction class 4.0

Table 2

Модель трактора / Model of tractor	α_a	α_{Π}	α_{yb}	α_{cp}	Y_T
Кировец К-5	0,49	0,75	0,47	0,5	0,55
БТЗ 254-К	0,48	0,81	0,47	0,5	0,57
DEUTZ-FAHR6230 TTV	0,86	0,78	0,46	0,67	0,69

Таблица 3

Показатель агротехнических свойств (A_T) тракторов тягового класса 4,0

Table 3

Indicator of agrotechnical characteristics of tractors of traction class 4.0

Модель трактора / Model of tractor	γ_g	γ_h	γ_m	γ_{Π}	A_T
Кировец К-5	0,51	0,67	1	1	0,69
БТЗ 254-К	0,61	0,57	0,97	1	0,7
DEUTZ-FAHR6230 TTV	0,58	0,73	0,65	0,9	0,68

⁵ ГОСТ 26953-86 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы определения воздействия движителей на почву». М.: Издательство стандартов, 1986. 11 с.

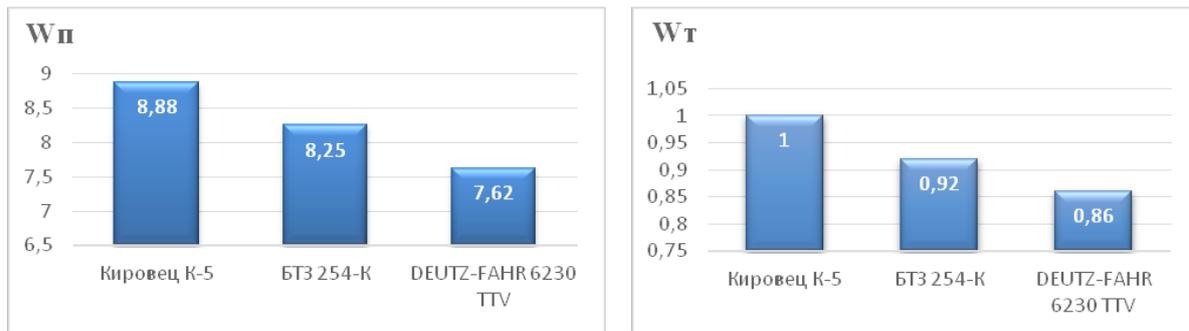


Рис. Потенциальная производительность ($W_{п}$, га/ч) и относительный показатель потенциальной сменной производительности ($W_{т}$) тракторов тягового класса 4,0

Fig. Performance indicators of tractors of traction class 4.0

Показатели приведенных затрат, стоимости и технологического уровня тракторов тягового класса 4,0

Таблица 4

Indicator of reduced costs, cost indicators and technological level of tractors of traction class 4.0

Table 4

Модель трактора <i>Model of tractor</i>	Удельные капитальные вложения, K_p , руб/га <i>Specific capital investments, K_p, rub./ha</i>	Прямые эксплуатационные затраты, $C_э$, руб/га <i>Direct operating costs, $C_э$, rub./ha</i>	Приведенные затраты, C_p , руб/га <i>Presented costs, C_p, rub./ha</i>	Относительный показатель стоимости выполнения технологического процесса, S_p , руб/га <i>Relative indicator of the cost of technological process implementation, S_p, rub./ha</i>	Технологический уровень трактора, Π_t <i>Tractor technological level, Π_t</i>
Кировец К-5	1356	1546	1682	0,95	0,72
БТЗ 254-К	1200	1484	1604	1	0,72
DEUTZ-FAHR6230 TTV	5494	3289	3838	0,42	0,69

По показателю технологического уровня тракторы Кировец К-5 и БТЗ 254-К равны между собой и имеют преимущество перед зарубежной моделью DEUTZ-FAHR6230 TTV.

Выводы

1. На пахотных и уборочных работах тракторы тягового класса 4,0 Кировец К-5, БТЗ 254-К, DEUTZ-FAHR6230 TTV находятся примерно на одном технологическом уровне. Применение рассмотренных тракторов целесообразно на обработке почвы: вспашка, глубокое рыхление, лушение, фрезерование, культивация, боронование, прикатывание, чизелевание. На междурядной обработке использование данных тракторов общего назначения невозможно ввиду отсутствия регулировки колеи и использования шин с широким профилем.

Список источников

1. Medževėprytė U.K., Makaras R., Lukoševičius V., Keršys A. Evaluation of the Working Parameters of a Series-Hybrid Tractor under the Soil Work Conditions. *Tehnički vjesnik*. 2022;29(1):45-50. <https://doi.org/10.17559/TV-20200506072510>
2. Vigoroso L., Caffaro F., Cremasco M.M., Cavallo E. Improving tractor safety: A comparison between the usability of a conventional and enhanced rear-mounted foldable ROPS (FROPS). *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(16):10195. <https://doi.org/10.3390/ijerph191610195>

2. Трактор DEUTZ-FAHR6230 TTV оборудован передним валом отбора мощности, поэтому он наиболее универсален и может использовать на передней навеске активные сельскохозяйственные машины, что повышает способность работать с навесными комбинированными сельскохозяйственными агрегатами. Модель обладает большей максимальной транспортной скоростью, чем отечественные аналоги, что сказывается на производительности машинно-тракторного агрегата в целом.

3. По показателю технологического уровня тракторы Кировец К-5 и БТЗ 254-К, имея одинаковое значение 0,72, превосходят импортный аналог DEUTZ-FAHR6230 TTV с показателем 0,69, что доказывает перспективность данных моделей тракторов при выполнении технологических процессов.

References

1. Medževėprytė U.K., Makaras R., Lukoševičius V., Keršys A. Evaluation of the Working Parameters of a Series-Hybrid Tractor under the Soil Work Conditions. *Tehnički vjesnik*. 2022;29(1):45-50. <https://doi.org/10.17559/TV-20200506072510>
2. Vigoroso L., Caffaro F., Cremasco M.M., Cavallo E. Improving tractor safety: A comparison between the usability of a conventional and enhanced rear-mounted foldable ROPS (FROPS). *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(16):10195. <https://doi.org/10.3390/ijerph191610195>

3. Solovyev R., Kolomeichenko A., Cheranev S., Gerasimov M., Gribov I. Modular design of diesel-electric tracked tractor with high degree of automation. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021;2061:012051. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2061/1/012051>

4. Solovyev R., Cheranev S., Karyakin S., Kolomeichenko A., Gribov I., Evgrafov V., Mezentsev N. The need for creation of high-tech tractors of 0.6-2 traction classes with high degree of automation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020;819:012026. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/819/1/012026>

5. Перевозчикова Н.В., Родченков Д.А., Грибов И.В. Оценка потребительских свойств тракторов Джон Дир // Вестник ФГОУ ВО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2016. № 1. С. 40-44. EDN: VNXNOP

6. Грибов И.В., Перевозчикова Н.В. Оценка потребительских свойств тракторов Беларусь // Вклад молодых ученых в аграрную науку: Материалы Международной научно-практической конференции. Кинель: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. С. 349-352. EDN: WJFRLZ

7. Грибов И.В., Перевозчикова Н.В. Применение метода экспертных оценок при определении показателей технологических свойств тракторов CLAAS // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2017. № 1 (77). С. 30-34. EDN: XVDGKB

3. Solovyev R., Kolomeichenko A., Cheranev S., Gerasimov M., Gribov I. Modular design of diesel-electric tracked tractor with high degree of automation. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021;2061:012051. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2061/1/012051>

4. Solovyev R., Cheranev S., Karyakin S., Kolomeichenko A., Gribov I., Evgrafov V., Mezentsev N. The need for creation of high-tech tractors of 0.6-2 traction classes with high degree of automation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020;819:012026. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/819/1/012026>

5. Perevozchikova N.V., Rodchenkov D.A., Gribov I.V. Assessment of consumer properties of John Deere tractors. *Vestnik of Moscow Goryachkin State Agroengineering University*. 2016;1:40-44. (In Russ.)

6. Gribov I.V., Perevozchikova N.V. Assessment of consumer properties of Belarus tractors. In: *Contribution of Young Scientists to Agrarian Science: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. Kinel: SGSKhA (Samara State Agricultural Academy), 2016. P. 622. (In Russ.)

7. Gribov I.V., Perevozchikova N.V. The use of expert judgment in the determination of the technological properties of tractors CLAAS. *Vestnik of Moscow Goryachkin State Agroengineering University*. 2017;1:30-34. (In Russ.)

Информация об авторах

¹ **Грибов Иван Васильевич**, канд. техн. наук, заведующий отделом центра сельскохозяйственного машиностроения; SPIN-код: 2101-3063, AuthorID: 953903; ivan.gribov@nami.ru

² **Зенин Артем Сергеевич**, вед. специалист центра сельскохозяйственного машиностроения; SPIN-код: 4086-9340, AuthorID: 704814; artem.zenin@nami.ru

³ **Коломейченко Александр Викторович**, д-р техн. наук, профессор, заведующий отделом центра сельскохозяйственного машиностроения; SPIN-код: 2560-5163, AuthorID: 347926; a.kolomiychenko@nami.ru

⁴ **Шипов Максим Владимирович**, начальник управления центра сельскохозяйственного машиностроения; maxim.shipov@nami.ru

⁵ **Карякин Сергей Борисович**, канд. техн. наук, заведующий отделом центра сельскохозяйственного машиностроения; sergey.karyakin@nami.ru

⁶ **Перевозчикова Наталья Васильевна**, канд. техн. наук, доцент кафедры тракторов и автомобилей, SPIN-код: 8670-3338, AuthorID: 874025; n.perevozchikova@rgau-msha.ru

^{1,2,3,4,5} Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт «НАМИ»; 125438, Российская Федерация, г. Москва, ул. Автомоторная, д. 2

⁶ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Вклад авторов

И.В. Грибов – аналитика, методология, создание окончательной версии рукописи;

А.С. Зенин – редактирование;

А.В. Коломейченко – аналитика;

М.В. Шипов – администрирование проекта;

С.Б. Карякин – концептуализация, ресурсы;

Н.В. Перевозчикова – актуальность проблемы

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и несут ответственность за плагиат

Статья поступила 28.02.2024, после рецензирования и доработки 01.10.2024; принята к публикации 23.10.2024.

Authors Information

¹ **Ivan V. Gribov**, CSc (Eng), Department Manager, Agricultural Engineering Center, ivan.gribov@nami.ru

² **Artem S. Zenin**, Lead Expert, Agricultural Engineering Center, artem.zenin@nami.ru

³ **Aleksandr V. Kolomeychenko**, DSc (Eng), Professor, Department Manager, Agricultural Engineering Center; a.kolomiychenko@nami.ru

⁴ **Maksim V. Shipov**, Head of Directorate, Agricultural Engineering Center, maxim.shipov@nami.ru

⁵ **Sergey B. Karyakin**, CSc (Eng), Department Manager, Agricultural Engineering Center; sergey.karyakin@nami.ru

⁶ **Natalia V. Perevozchikova**, CSc (Eng), Associate Professor, the Department of Tractors and Automobiles; n.perevozchikova@rgau-msha.ru

^{1,2,3,4,5} Central Scientific Research Automobile and Automotive Engines Institute – FSUE “NAMIF”; Moscow, 125438, Russian Federation

⁶ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation

Author Contribution

I.V. Gribov – analytics, methodology, writing – finalizing (revising and editing) of the manuscript;

A.S. Zenin – editing;

A.V. Kolomeychenko – analytics;

M.V. Shipov – project administration;

S.B. Karyakin – conceptualization, resources;

N.V. Perevozchikova – conceptualization;

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article and bear equal responsibility for plagiarism

Received 28.02.2024; Revised 01.10.2024; Accepted 23.10.2024