

EDN: NBLONZ  
DOI: 10.22314/2073-7599-2025-19-1-96-102



Обзорная статья  
УДК 62.115:631.517:631.3.004.67



## Сравнительный анализ технико-экономических и эксплуатационных характеристик тракторов Беларус 2122 и Zoomlion PL2304

**Григорий Александрович Иовлев,**  
кандидат экономических наук, доцент,  
e-mail: gri-iovlev@yandex.ru;

**Ирина Игоревна Голдина,**  
старший преподаватель,  
e-mail: ir.goldina@mail.ru

Уральский государственный аграрный университет, г. Екатеринбург, Российская Федерация

**Реферат.** На российском рынке в последние годы появилось много новой сельскохозяйственной техники, в частности тракторов из КНР. Для определения их эксплуатационных свойств необходимы статистические данные о надежности, теоретические и полевые исследования, сертификационные испытания на государственных машиноиспытательных станциях. (*Цель исследования*) Анализ российского рынка сельскохозяйственной техники, в том числе китайских производителей, технико-экономических и эксплуатационных свойств тракторов с использованием скоростных характеристик двигателей. Оценка влияния площади опорной поверхности колес на касательную силу тяги и тяговые показатели трактора. (*Материалы и методы*) На основе ранее выполненных теоретических исследований проведено сравнение эксплуатационных свойств различных тракторов китайских компаний с тракторами белорусского производства. Исследование и анализ эксплуатационных свойств тракторов *Беларус 2122.3* и *Zoomlion PL2304* с культиватором ИМТ 616.16 проводили во время полевых испытаний. Для этого использовали расчетный, расчетно-конструктивный, экономико-математический метод, а также сравнения, измерения, описания. (*Результаты и обсуждение*) Определены эксплуатационные свойства агрегатов и влияние на них скоростных характеристик двигателей, влияние размерности ходовых колес на реализацию тяговых свойств тракторов. На основании сравнительных расчетов можно сделать выводы об эффективности использования трактора. (*Выводы*) Технико-экономические показатели трактора *Zoomlion PL2304* (эксплуатационная масса, мощность двигателя, энергонасыщенность, масса балластных грузов, удельный расход топлива, диапазон рабочих передач коробки переключения) позволяют более эффективно реализовать основные эксплуатационные свойства – производительность и расход топлива.

**Ключевые слова:** сельскохозяйственная техника, санкции, технический потенциал, российский рынок, скоростные характеристики, крутящий момент, удельное сопротивление, тяговое сопротивление, тяговые свойства, производительность, культивация.

■ **Для цитирования:** Иовлев Г.А., Голдина И.И. Сравнительный анализ технико-экономических и эксплуатационных характеристик тракторов Беларус 2122 и Zoomlion PL2304 // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2025. Т. 19. №1. С. 96-102. DOI: 10.22314/2073-7599-2025-19-1-96-102. EDN: NBLONZ.

Review article

## Comparative Analysis of Technical, Economic and Operational Properties of Belarus 2122 and Zoomlion PL2304

**Grigory A. Iovlev,**  
Ph.D.(Eng.), associate professor,  
e-mail: gri-iovlev@yandex.ru;

**Irina I. Goldina,**  
senior lecturer,  
e-mail: ir.goldina@mail.ru

Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russian Federation

**Abstract.** In recent years, various types of agricultural machinery, particularly Chinese-manufactured tractors, have entered the Russian market. Assessing their operational properties requires statistical data on reliability, theoretical and field studies, as well as certification tests conducted at state machine-testing stations. (*Research purpose*) To analyze the Russian agricultural machinery market, including Chinese manufacturers, and assess the technical, economic, and operational properties of tractors based on engine speed characteristics; to evaluate the impact of the wheel contact area on traction tangential force and overall traction performance. (*Materials and methods*) Building on previous theoretical studies, a comparative analysis of the operational

properties of Chinese- and Belarusian-manufactured tractors was conducted. Field tests were carried out to evaluate the operational properties of the *Belarus 2122.3* and *Zoomlion PL2304* tractors, in combination with the IMT 616.16 cultivator. The research employed a combination of computational, structural-design, and economic-mathematical methods, as well as comparison, measurement, and descriptive techniques. (*Results and discussion*) The operational characteristics of the tractor-implement units and the influence of engine speed characteristics on their performance were determined. Additionally, the effect of wheel size on the realization of tractor tractive properties was examined. Comparative calculations provided insights into tractor efficiency. (*Conclusions*) The technical and economic indicators of the *Zoomlion PL2304* tractor, such as operating weight, engine power, energy saturation, ballast weight, specific fuel consumption, and gearbox working range, contribute to the more efficient utilization of key operational properties, particularly productivity and fuel consumption.

**Keywords:** agricultural machinery, sanctions, technical potential, Russian market, speed characteristics, torque, specific resistance, traction resistance, tractive properties, productivity, cultivation, tillage.

**For citation:** Iovlev G.A., Goldina I.I. Comparative analysis of technical, economic and operational properties of Belarus 2122 and Zoomlion PL2304. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2025. Vol. 19. N1. 96-102 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2025-19-1-96-102. EDN: NBLONZ.

**В** условиях санкций на российский рынок в последние годы практически прекращены прямые поставки полнокомплектной сельскохозяйственной техники, запасных частей, узлов и агрегатов от ведущих производителей из Европы и Северной Америки. В то же время продолжается эксплуатация ранее приобретенной сельхозтехники западных марок. Например, в Свердловской области это 10,3% тракторов (480 ед.) в основном *CASEIH, Deutz-Fahr, New Holland*, из которых 12,9% эксплуатируются за пределами срока амортизации; зерноуборочных комбайнов – 11,9% (97 ед.) в основном *Claas, New Holland*, из которых 25,8% за пределами амортизации; кормоуборочных комбайнов – 18,6% (68 ед.) в основном *Claas, New Holland*, за пределами амортизации – 27,9% (Источник: материалы отчетов Министерства агропромышленного комплекса и потребительского рынка Свердловской области).

**Цель исследований.** Выполнить сравнительный анализ технико-экономических показателей и эксплуатационных свойств тракторов *Belarus 2122* и *Zoomlion PL2304*, оценить возможности их эксплуатации.

**Материалы и методы.** Данные отчетов Министерства агропромышленного комплекса и потребительского рынка Свердловской области по наличию основных видов сельскохозяйственной техники, руководства по эксплуатации тракторов *Belarus 2122, Zoomlion PL2304* и культиватора ИМТ 616.16. Проанализированы исследования отечественных и зарубежных специалистов. Методы исследований: расчетный, расчетно-конструктивный, экономико-математический, сравнения, измерения, описания.

**Результаты и обсуждение.** Для эффективного ведения аграрного производства необходимо технический потенциал отрасли, во-первых, доводить до нормативных показателей обеспеченности, во-вто-

рых, серьезно обновлять его. В результате ухода европейских и американских брендов на отечественном рынке появилась техника из азиатских стран, особенно активно ее продвигают компании из КНР. На 1 января 2024 г. в сельскохозяйственном производстве России доля китайских тракторов составила 0,9%.

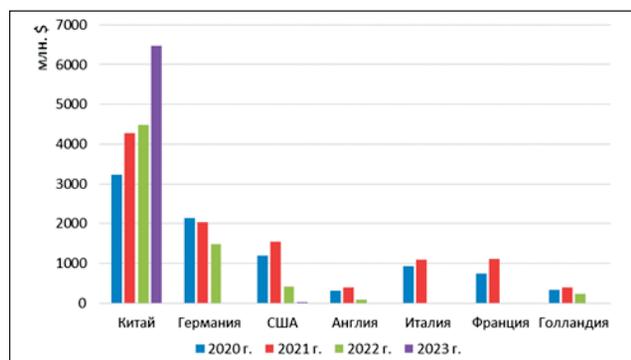
Особенность сельскохозяйственного машиностроения Китая заключается в ориентации на потребности доминирующего мелкотоварного производства. Это тракторы малого тягового класса, зерноуборочные комбайны с малой пропускной способностью молотильно-сепарирующего устройства. И только с освобождением ниши на российском рынке китайские предприятия начали разрабатывать и производить тракторы с мощностью двигателя 300 л.с. и выше. В тракторостроительной отрасли Китая занято множество государственных корпораций и частных компаний с объемами производства от нескольких тысяч до сотен тысяч единиц техники.

В России представлены следующие китайские бренды тракторов:

- *Lovol Heavy Industry Co., Ltd.* – тракторы мощностью от 82 л.с. (*Lovol TD824*) до 220 л.с. (*Lovol TR2204*);
- *YTO Group Corporation* – тракторы от 90 л.с. (*YTO-X904*) до 160 л.с. (*YTO-ELG1604*);
- *Changzhou Dongfeng Agricultural Machinery Group Co., Ltd (Dongfeng)* – тракторы от 80 л.с. (*DF-804C*) до 180 л.с. (*DF-1804C*);
- *Xuzhou KAT Agricultural Equipment Co., Ltd.* – тракторы от 140 л.с. (*KAT 1404-A*) до 440 л.с. (*KAT 4404*);
- *Zoomlion Agriculture Machinery Co., Ltd.* – тракторы от 90 л.с. (*RN 904*) до 230 л.с. (*PL 2304*);
- *Shifeng Group Co., Ltd.* – тракторы от 90 л.с. до 130 л.с. (*TA-904C, TD-1304C*);
- *Jiangsu Changfa Agricultural Equipment Co., Ltd.* тракторы от 90 л.с. (*CFG904B*) до 140 л.с. (*CFG1404B*).

Необходимо отметить, что перечисленные компании имеют обширный опыт исследований, разработки, производства и продажи агротехники с 1950-х и 1990-х годов, активно работают и новые предприятия, созданные в 2010-х годах.

Динамика импорта агротехники на рынок России показывает, что поставки из Китая за последние годы увеличились в 2 раза (рис. 1). Данные рассчитаны по группе товаров ТН ВЭД 8701 (тракторы) в общем объеме импорта из КНР, ЕС и США.



Источники: URL: [https://dzen.ru/a/ZJwtPPH9xG\\_KXGwQ](https://dzen.ru/a/ZJwtPPH9xG_KXGwQ); URL: [https://rosstat.gov.ru/statistics/vneshnyaya\\_torgovlya](https://rosstat.gov.ru/statistics/vneshnyaya_torgovlya). Дата обращения 24.08.2024 г.

Рис. 1. Динамика импортных поставок сельскохозяйственной техники в РФ

Fig. 1. Dynamics of agricultural machinery imports to the Russian Federation

Из всего разнообразия поставляемой из Китая техники российским агропроизводителям трудно выбрать необходимый трактор из-за отсутствия практической информации по надежности, работоспособности, ремонтнопригодности, эксплуатационным свойствам.

Эксплуатационные свойства у тракторов любых тяговых классов, особенно с механической трансмиссией (КПП), во многом зависят от запаса крутящего момента двигателя. Этот показатель позволяет судить о возможности агрегата (трактор + сельскохозяйственная машина) преодолевать временное сопротивление без переключения передачи или остановки двигателя. В классе тракторов 220-240 л.с. показатели у западных моделей более высокие – от 32% (*Case IH Puma 225*) до 38% (*Fendt 724 Vario*), у китайских от 26% (*YTO LX 2204*) до 36% (*Zoomlion PL2304*), у трактора *Беларус 2122.3* – 30%.

Для анализа свойств тракторов использованы данные отечественных ученых по исследованию следующих вопросов:

- скоростные характеристики двигателей;
- влияние балластирования и установки сдвоенных колес на тяговые свойства тракторов;
- влияние давления в шинах, нагрузки, передаваемой движителями на почву, на плотность почвы и на тяговое сопротивление машины;

- рекомендации по конструктивному и компоновочному решению трактора с электроприводным силовым агрегатом.

В отношении скоростных характеристик двигателей Журавлёв С.Ю. сделал вывод, что оптимальные параметры и режимы работы двигателя основываются на «расчетных значениях вероятностно-статистических оценок энергетических и технико-экономических показателей» в результате воздействия «переменной нагрузки, имеющей вероятностно-статистический характер своих значений, непрерывно и хаотично изменяющихся во времени» [1]. Причинами этого служат неровная поверхность поля, неравномерность влажности и состава почвенного слоя, колебания рабочего сопротивления агрегируемых машин-орудий». Автор отмечает: «Оптимальные с точки зрения максимальных средних значений мощности и расхода топлива режимы расположены в области характеристики дизеля на участке от номинального значения крутящего момента до предельного значения момента».

Многие специалисты занимаются исследованием влияния балластирования, установки сдвоенных колес на тяговые свойства тракторов. Так, на примере трактора К-744Р2 обосновано, что установка сдвоенных колес позволяет заметно улучшить параметры тяговой характеристики [2]. Был сделан вывод о том, что «выбор наиболее рациональной величины эксплуатационной массы трактора и установка сдвоенных колес дают возможность существенно увеличить эффективность его использования при выполнении различных технологических операций в составе агрегата».

Стеновский В.С. и др. рассматривают возможности улучшения технологичности движителей путем установки колес с «большим диаметром и увеличенной шириной профиля шины», что обеспечивает повышение сцепных качеств за счет увеличения площади контакта с почвой. Приводятся данные по изменению глубины колеи, сопротивлению движению, касательной силы тяги при движении колесного трактора на сдвоенных колесах и одном колесе [3].

Ворохобин А.В. с соавт. рассматривают создание «дополнительной движущей силы агрегатов» пристыковкой «к трактору на жесткой или шарнирной основе ... дополнительного ведущего моста». Предложена методика сравнения тягово-сцепных свойств трехосного и двухосного полноприводных тракторов [4].

Ревенко В.Ю. с соавт. пришли к выводу, что для определения «уровня воздействия движителей на почву ... достаточно знать вес трактора, вес балластных грузов, типоразмер шин, их статический радиус и величину внутришинного давления» [5].

В работе Зернова В.Н. и др. отмечены недостатки универсально-пропашных тракторов и для их устранения рассматривается возможность создания «моделей тракторов новой компоновочной схемы – с колесами одинакового размера, с измененной развесовкой и смещением кабины в середину колесной базы энергосредства» [6].

Много исследований посвящены влиянию параметров шин на удельное давление колес на почву [7-10].

Особенно хотелось бы выделить исследование, в котором определена закономерность зависимости сопротивления почвы (плотности) от уплотняющей нагрузки [7]. Сделан вывод: «Предельное значение нормального давления под движителями машин, занятых на полевых работах, следует ограничить до 150-175 кПа в зависимости от исходного состояния почвы плотностью 1,00-1,08 г/см<sup>3</sup>. Экологический порог нормального давления не должен превышать 120-135 кПа. Отметим, что в нашем исследовании нормальная нагрузка, передаваемая движителям тракторов *Zoomlion PL2304* и *Беларус 2122.3* на почву составляет 143,2 кПа, что соответствует плотности почвы 1,23 г/см<sup>3</sup>.

Также изучалось удельное давление колеса на почву, связь его с сопротивлением качению тракторного колеса и давлением воздуха в шине [8]. В исследовании Бижаева А.В. обосновано компоновочное и конструктивное решение тракторов для тепличных хозяйств и других крытых помещений в АПК, с учетом снижения давления на почву и улучшения потребительских свойств трактора [11].

С появлением на отечественном рынке тракторов китайского производства на кафедре «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования в АПК» Уральского ГАУ проведены полевые и теоретические исследования с целью сравнения эксплуатационных свойств тракторов китайского производства между собой и тракторами *Беларус* [12-14]:

- анализ эксплуатационных свойств тракторов белорусско-российского и китайского производства *Беларус 1025* и *Zoomlion RN1104*;
- исследование эксплуатационных свойств тракторов *Беларус 2122.6* и *Zoomlion PL2304*;
- место и роль трактора тягового класса 1,4 т в сельскохозяйственном производстве России (*Беларус 82.3* и *Lovol TD824*);
- сравнительный анализ тракторов соответствующих тяговых классов *Беларус*, *Zoomlion*, *YTO*, *Lovol*;
- сравнительный анализ тракторов соответствующих тяговых классов *Zoomlion* и *YTO*.

Эксплуатационные свойства тракторов *Zoomlion PL2304* и *Беларус 2122* были изучены во время весенне-полевых работ в 2023 г. при выполнении технологической операции культивации в агрегате с культиватором ИМТ 616.16.

Для оценки эксплуатационных свойств построены скоростные характеристики с использованием формул (1)-(3) [URL: <https://studizba.com/lectures/inzhenerija/avtomobili/35553-dvigatel-i-ego-harakteristiki.html>. Дата обращения 22.08.2024]:

- эффективная мощность

$$N_e = N_{\max} \left[ 0,53 \frac{\omega_e}{\omega_N} + 1,56 \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - 1,09 \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right]; \quad (1)$$

- эффективный крутящий момент

$$M_e = 1000 \frac{N_e}{\omega_e}; \quad (2)$$

- максимальный крутящий момент

$$M_{\max} = 1090 \frac{N_{\max}}{\omega_N}, \quad (3)$$

где  $N_{\max}$  – максимальная мощность, кВт;  $\omega_e$  – промежуточная угловая скорость;  $\omega_N$  – угловая скорость коленчатого вала, соответствующая максимальной мощности, рад/с.

Результаты теоретических расчетов представлены на [рисунке 2](#).

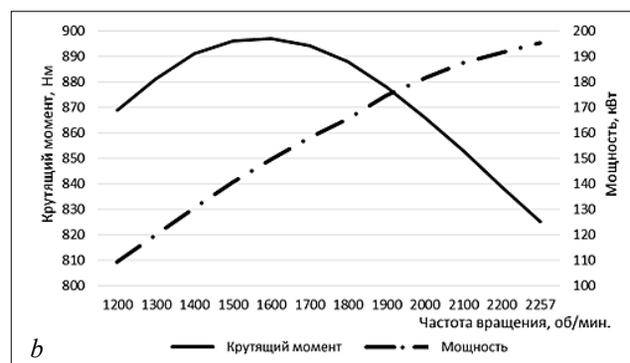
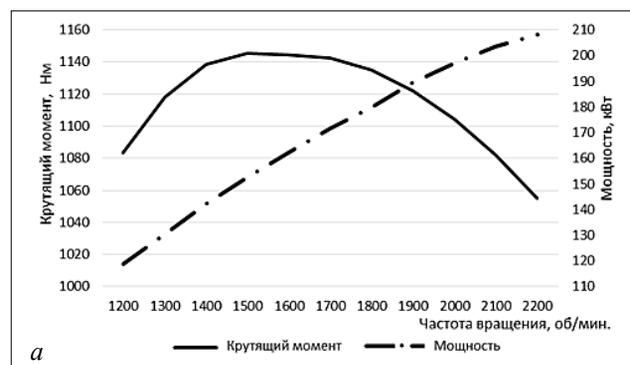


Рис. 2. Скоростные характеристики двигателя тракторов: а – *Zoomlion PL2304*; б – *Беларус 2122.3*

Fig. 2. Speed characteristics of engine: а – *Zoomlion PL2304*; б – *Belarus 2122.3*

Крутящий момент  $M_e$  у трактора *Zoomlion PL2304* поддерживается практически на одном уровне в диапазоне от 1400 до 1700 об/мин, сохраняя запас. Это будет сказываться положительно на реализации тяговых свойств трактора. У двигателя трактора *Беларус 2122.3* крутящий момент имеет явно выражен-

ный максимум при частоте вращения 1600 об/мин. Из представленной информации можно сделать предварительный вывод о том, что при использовании запаса крутящего момента, его «выровненности» показатели производительности, расхода топлива и других показателей, у трактора *Zoomlion PL2304* будут предпочтительнее.

При определении эксплуатационных свойств тракторов использованы технико-экономические показатели:

- эксплуатационная масса *Zoomlion PL2304* – 8575 кг, диапазон передач – 0,65–40 км/ч, масса передних противовесов (26 шт. по 45 кг) – 1170 кг. Возможность установки спаренных задних колес (комплект с колесами 1025 кг);
- эксплуатационная масса культиватора ИМТ 616.16 – 2570 кг, ширина захвата – 9,6 м;
- эксплуатационная масса *Беларус 2122.3* – 8390 кг, диапазон передач 1,9–39,6 км/ч. Для балластирования можно использовать: кронштейн для грузов – 105 кг; грузы: 10 грузов по 45 кг + 2 груза по 40 кг; буксирное устройство – 5 кг. Возможность установки спаренных задних колес (комплект с колесами – 1189 кг).

**Исходные данные для расчетов:**

- удельное сопротивление – 1,7 кН/м;
- коэффициент сопротивления перекачиванию – 0,15;
- запас тягового усилия 7,5%;
- для расчетов выбраны возможно более высокие скорости в соответствии с агротехническими требованиями;
- тяговое сопротивление культиватора ИМТ 616.16:

$$R_a = 9,6 \cdot 1,7 + 0,15 \cdot 25,2 = 16,32 + 3,78 = 20,1 \text{ кН.}$$

Для определения эксплуатационных свойств трактора *Zoomlion PL2304* предусмотрены 14 вариантов балластирования; оптимальным является агрегатирование трактора с 14-ю грузами по 45 кг. Часовая производительность – 7,69 га/ч, удельный расход топлива – 2,48 кг/га.

Для трактора *Беларус 2122.3* предложены 8 вариантов догрузки балластными грузами; оптимальным является использование трактора без балластных грузов. Часовая производительность – 7,41 га/ч, удельный расход топлива – 2,68 кг/га.

В результате сравнительного анализа выявлено, что производительность агрегата культиватора ИМТ 616.16 с трактором *Zoomlion PL2304* выше, чем с трактором *Беларус 2122.3* на 3,8%, расход топлива ниже на 7,5%.

На эксплуатационные, тяговые свойства трактора значительное влияние оказывает касательная сила тяги, которая в свою очередь зависит от величины крутящего момента двигателя, эксплуатационной массы трактора, площади опорной поверхности колес. Касательная сила тяги направлена на преодоление сопротивления качению движителя и

тягового сопротивления агрегата.

Касательная сила тяги зависит от момента, приложенного к ведущим колесам, и силы сцепления колеса с почвой. Сила сцепления колеса с почвой зависит от удельного давления колеса на почву, на которое в свою очередь влияют доля эксплуатационной массы, приходящейся на одно колесо, площадь пятна контакта колес моста. Для сравнения тяговых свойств тракторов используем понятие «индекс тягового усилия», представленный как произведение крутящего момента двигателя и удельного давления на почву (Иовлев Г.А., Несговоров А.Г., Зорков В.С. и др. Оценка эксплуатационных свойств зарубежных сельскохозяйственных тракторов. – Екатеринбург: Изд-во Уральского ГАУ, 2020. 189 с.).

Результаты расчетов по определению тяговых свойств тракторов *Zoomlion PL2304* и *Беларус 2122.3*

Показатель	<i>Zoomlion PL2304</i>	<i>Беларус 2122.3</i>
Крутящий момент двигателя, Нм	1150	900
Эксплуатационная масса, кг, приходящаяся: на передний мост на задний мост	3625 4950	3342 5048
Размерность: передних колес задних колес	420/90R30 520/85 R42	420/70R24 580/70 R42
Длина пятна контакта, см: передних колес задних колес	42,4 46,7	39,0 42,7
Ширина пятна контакта, см: передних колес задних колес	29,4 36,4	29,4 40,6
Удельное давление на почву, кг/см <sup>2</sup> : передних колес задних колес	1,45 1,46	1,46 1,46
Индекс тягового усилия	1673	1314

приведены в *таблице*.

Исследований в полевых условиях показали следующее. Средняя часовая производительность агрегата в составе *Zoomlion PL2304* + ИМТ 616.16 (10 рабочих смен) составила 5,67 га/ч, т.е. 73,7% от расчетной. Средняя часовая производительность агрегата в составе *Беларус 2122.3* + ИМТ 616.16 (16 рабочих смен) составила 5,06 га/ч, т.е. 68,3% от расчетной.

Определяющее влияние на производительность трактора оказывают рабочая скорость и коэффициент использования времени смены. Рабочая скорость зависит от тягового сопротивления и тягового усилия на конкретной рабочей передаче с учетом кратковременных перегрузок, вызывающих увеличение тягового сопротивления сельскохозяйствен-

ной машины. Необоснованное снижение рабочей скорости приведет к неполной загрузке двигателя и повышенному расходу топлива.

Коэффициент использования времени смены зависит от уровня организации производственных процессов, конфигурации и размеров поля. Для технологической операции культивации в зависимости от длины прохода коэффициент использования времени смены находится в пределах 0,67-0,89. При организации производства на полях учебно-опытного хозяйства коэффициент использования времени смены составлял 0,58 и подтвержден первичной учетной документацией.

**Выводы.** По состоянию на 1 января 2024 г. доля тракторов китайского производства в сельском хозяйстве России составила менее 1%, но рынок тракторов за четыре года увеличился практически в два раза. При этом в КНР десятки предприятий производят сотни марок тракторов различной мощности и видов техники для агросектора. Чтобы сделать правильный выбор между тракторами необходимо иметь объективную информацию о надежности, эксплуа-

тационных свойствах и особенностях тракторов.

Проведен сравнительный анализ китайского и белорусского тракторов в составе агрегата ИМТ 616.16. В частности, скоростная характеристика двигателя *Zoomlion PL2304* имеет более предпочтительный вид, крутящий момент сохраняет практически равное значение в диапазоне от 1400 до 1700 об/мин, что оказывает влияние на эксплуатационные свойства трактора. Теоретические и полевые исследования подтвердили, что производительность агрегата в комплекте с трактором *Zoomlion PL2304* выше, чем с трактором *Беларус 2122.3* на 3,8%, расход топлива ниже на 7,5%. При полевых исследованиях средняя часовая производительность агрегата трактора *Zoomlion PL2304* и культиватора ИМТ 616.16 была на 12% выше, чем с трактором *Беларус 2122.3*.

По тяговым свойствам *Zoomlion PL2304* также имеет преимущество. Кроме того, использование передних шин более большего диаметра улучшают управляемость трактора.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Журавлев С.Ю. Эксплуатационные показатели дизеля трактора на операциях почвообработки // *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2020. N2 (38). С. 158-168. EDN: IGDXXW.
2. Журавлёв С.Ю. Улучшение эксплуатационных свойств колёсных 4к4 сельскохозяйственных тракторов // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2020. N4 (84). С. 127-132. EDN: WKVGWR.
3. Стеновский В.С., Асманкин Е.М., Ушаков Ю.А. и др. Локальная модернизация как путь улучшения эксплуатационной технологичности колёсных движителей сельскохозяйственных тракторов // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2021. N5 (91). С. 150-154. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-91-5-150-154.
4. Ворохобин А.В., Устинов Ю.Ф., Жулай В.А. Методика оценки тягово-сцепных свойств трехосного полноприводного трактора и влияния его колебаний, воздействующих на оператора // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2022. Т. 15. N1 (72). С. 34-39. DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2022\_1\_34.
5. Ревенко В.Ю., Назаров А.Н., Скорляков В.И. Методика расчета давления на почву колесных тракторов // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2023. Т. 24. N5. С. 868-876. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.5.868-876.
6. Зернов В.Н., Петухов С.Н., Пономарев А.Г. Кто решает, какие тракторы нужны сельхозпроизводителю? // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2021. Т. 22. N1. С. 136-148. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.1.136-148.
7. Панасюк А.Н., Липкань А.В. Расчет экологических порогов нормального давления колесных движителей машин на полевых работах на глинистых почвах // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. Т. 14. N4. С. 43-48. DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-4-43-48.
8. Калашников С.С., Калашников С.Ф., Раднаев Д.Н., Петров В.А. Методика измерения удельных давлений колес трактора на почву и определение коэффициента сопротивления качению // *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова*. 2023. N1 (70). С. 150-157. DOI: 10.34655/bgsha.2023.70.1.018.
9. Ревенко В.Ю., Иванов А.Б., Петухов Д.А. Новые методы определения площади контактирующей поверхности шин сельскохозяйственных машин и тракторов // *Техника и оборудование для села*. 2023. N2 (308). С. 10-15. DOI: 10.33267/2072-9642-2023-2-10-15.
10. Кравченко В.А., Кравченко Л.В., Меликов И.М. Оценка тягово-сцепных свойств мощных тракторов и комбайнов в комплектации с шинами различного исполнения // *Аграрный научный журнал*. 2020. N8. С. 83-88. DOI: 10.28983/asj.y2020i8pp83-88.
11. Бижаев А.В. Исследование параметров трактора с электроприводным силовым агрегатом // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. Т. 14. N4. С. 33-42. DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-4-33-42.
12. Иовлев Г.А., Голдина И.И. Балластирование как способ повышения эксплуатационных свойств трактора // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2022. Т. 69. N1 (46). С. 44-54. DOI: 10.22314/2658-4859-2022-69-1-44-54.
13. Иовлев Г.А., Голдина И.И. Зависимость тяговых свойств трактора от типа соединения с сельскохозяйственной машиной // *Сельскохозяйственные машины и техно-*

логии. 2023. Т. 17. N4. С. 75-81. DOI: 10.22314/2073-7599-2023-17-4-75-81.  
14. Иовлев Г.А., Голдина И.И. Исследование эксплуата-

ционных свойств тракторов отечественного и китайского производства // Экономика сельского хозяйства России. 2022. N10. С. 93-100. DOI: 10.32651/2210-93.

REFERENCES

- Zhuravlev S.Yu. Operational parameters of diesel engine tractors for tillage operations. *Vestnik of Omsk SAU*. 2020. N2 (38). 158-168 (In Russian). EDN: IGDXXW.
- Zhuravlev S.Yu. Improvement of operational properties of wheeled 4K4 agricultural tractors. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2020. N4 (84). 127-132 (In Russian). EDN: WKVGWR.
- Stenovskiy V.S., Asmankin E.M., Ushakov Yu.A. et al. Local modernization as a way to improve the operational manufacturability of wheeled propellers of agricultural tractors. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2021. N5 (91). 150-154 (In Russian). DOI: 10.37670/2073-0853-2021-91-5-150-154.
- Vorokhobin A.V., Ustinov Yu.F., Zhulai V.A. Methodology for assessing traction and coupling capacity of a three-axle all-wheel drive tractor and the impact of its vibrations on the operator. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022. Vol. 15. N1 (72). 34-39 (In Russian). DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2022\_1\_34.
- Revenko V.Yu., Nazarov A.N., Skorlyakov V.I. Method of calculating the pressure on the soil of wheeled tractors. *Agrarian Science Euro-North-East*. 2023. Vol. 24. N5. 868-876 (In Russian). DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.5.868-876.
- Zernov V.N., Petukhov S.N., Ponomarev A.G. Who decides what tractors farmers need? *Agrarian Science Euro-North-East*. 2021. Vol. 22. N1. 136-148 (In Russian). DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.1.136-148.
- Panasyuk A.N., Lipkan A.V. Calculation of the ecological thresholds of normal pressure of machine propulsion drive in working on clay soils. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2020. Vol. 14. N4. 43-48 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-4-43-48.
- Kalashnikov S.S., Kalashnikov S.F., Radnaev D.N., Petrov V.A. Method of measuring specific pressures of tractor wheels on the soil and determination of rolling resistance coefficient. *Bulletin of the BSSA named after V.R. Filippov*. 2023. N1 (70). 150-157 (In Russian). DOI: 10.34655/bgsha.2023.70.1.018.
- Revenko V.Yu., Ivanov A.B., Petukhov D.A. New methods for determining the area of the contact surface of tires of agricultural machines and tractors. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2023. N2 (308). 10-15 (In Russian). DOI: 10.33267/2072-9642-2023-2-10-15.
- Kravchenko V.A., Kravchenko L.V., Melikov I.M. Evaluation of traction-chain properties of powerful tractors and combines complete with varieties of various performance. *Agrarian scientific journal*. 2020. N8. 83-88 (In Russian). DOI: 10.28983/asj.2020i8pp83-88.
- Bizhaev A.V. Research of tractor power unit with electric drive parameters. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2020. Vol. 14. N4. 33-42 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-4-33-42.
- Iovlev G.A., Goldina I.I. Ballasting as the way of improving the operational properties of the tractor. *Electrical technology and equipment in the Agro-Industrial Complex*. 2022. Vol. 69. N1 (46). 44-54 (In Russian). DOI: 10.22314/2658-4859-2022-69-1-44-54.
- Iovlev G.A., Goldina I.I. Dependence of tractor traction properties on agricultural machinery connections. *Agricultural Machines and Technologies*. 2023. Vol. 17. N4. 75-81 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2023-17-4-75-81
- Iovlev G.A., Goldina I.I. Research of the operational properties of tractors of domestic and chinese production. *Economics of Agriculture of Russia*. 2022. N10. 93-100 (In Russian). DOI: 10.32651/2210-93.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Заявленный вклад соавторов:

Иовлев Г.А. – общее руководство, замысел исследования, анализ и интерпретация данных;  
Голдина И.И. – разработка дизайна иллюстраций, подготовка статьи, ее критический анализ, окончательное одобрение варианта статьи для публикации.  
Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Coauthors' contribution:

Iovlev G.A. – general guidance, study design, data analysis and interpretation;  
Goldina I.I. – development of illustration design, preparation and proofreading of the manuscript, and approval of the final version for publication.  
The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию  
Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on  
The paper was accepted for publication on

09.01.2025  
10.02.2025