



Научная статья

УДК 631.172+338.312

doi: 10.55186/25876740_2024_67_4_456

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ТРАКТОРОВ С АВТОМАТИЧЕСКОЙ И МЕХАНИЧЕСКОЙ КОРОБКОЙ ПЕРЕМЕНЫ ПЕРЕДАЧ — СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Г.А. Иовлев, В.В. Побединский, И.И. Голдина,
В.С. Зорков, А.Г. Несговоров

Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

Аннотация. В статье приведены результаты теоретических и полевых исследований по определению основных эксплуатационных свойств тракторов с автоматической и механической коробкой перемены передач (КПП). Для этого представлены этапы развития и влияние КПП на эксплуатационные свойства трактора при выполнении технологических операций по обработке почвы. Отмечена роль автоматических КПП в улучшении эксплуатационных свойств трактора. Объектом исследований является технологический процесс обработки почвы тракторами с различными видами трансмиссий. Цель исследования — определить основные показатели, характеризующие эксплуатационные свойства тракторов, дать рекомендации по использованию тракторов с той или иной трансмиссией при выполнении конкретных технологических операций по возделыванию сельскохозяйственных культур. В процессе исследования были использованы методы сравнительного анализа, наблюдения, расчётный, сравнения и др. Материалом для исследования послужили наблюдения и сбор статистических данных во время работы тракторов при выполнении весенне-полевых работ в одной из сельскохозяйственных организаций Свердловской области в 2023 году. Сравнительный анализ был проведён по тракторам Беларус 2122.6 и Zoomlion PL 2304, по Беларус 1221 и Lamborghini R6.120. В данном исследовании представлена вторая пара тракторов. Установлено, что у трактора, с автоматической КПП, производительность агрегата в составе с различными сельскохозяйственными машинами выше чем у трактора с механической КПП от 6,2% до 16,4%. На основании произведённых расчётов, «полевых» наблюдений предложены технологические операции, выполнение которых рекомендовано с использованием тракторов с автоматической коробкой перемены передач, для получения наибольшего экономического эффекта.

Ключевые слова: технологии, энергетическое средство, переключение передач, диапазон, тяговое усилие, сельскохозяйственное машиностроение, сельскохозяйственные тракторы, обработка почвы, производительность, регулирование, эффективность

Original article

PERFORMANCE PROPERTIES OF TRACTORS WITH AUTOMATIC AND MECHANICAL GEARBOX — COMPARATIVE ANALYSIS

G.A. Iovlev, V.V. Pobedinsky, I.I. Goldina, V.S. Zorkov, A.G. Nesgovorov

Ural State Agricultural University, Yekaterinburg, Russia

Abstract. The article presents the results of theoretical and field research to determine the main operational properties of tractors with automatic and manual transmissions. For this purpose, the stages of development and the influence of the gearbox on the operational properties of the tractor when performing technological operations for tillage are presented. The role of automatic transmissions in improving the operational properties of the tractor is noted. The object of research is the technological process of tillage with tractors with various types of transmissions. The purpose of the study is to determine the main indicators characterizing the operational properties of tractors, to give recommendations on the use of tractors with one or another transmission when performing specific technological operations for cultivating agricultural crops. During the research, methods of comparative analysis, observation, calculation, comparison, etc. were used. The material for the study was observations and collection of statistical data during the operation of tractors during spring field work in one of the agricultural organizations of the Sverdlovsk region in 2023. A comparative analysis was carried out on the Belarus 2122.6 and Zoomlion PL 2304 tractors, on the Belarus 1221 and Lamborghini R6.120. This study presents the second pair of tractors. It has been established that for a tractor with an automatic transmission, the productivity of the unit combined with various agricultural machines is higher than for a tractor with a manual transmission from 6.2% to 16.4%. Based on the calculations and field observations, technological operations were proposed, the implementation of which is recommended using tractors with an automatic gearbox to obtain the greatest economic effect.

Keywords: technology, energy vehicle, gear shifting, range, traction, agricultural engineering, agricultural tractors, tillage, productivity, regulation, efficiency

Введение. В сельскохозяйственных организациях Российской Федерации, при производстве продукции, в различных технологиях используются различные сельскохозяйственные тракторы с разной мощностью двигателей, разными тяговыми усилиями на крюке. Тяговые свойства формируются за счёт эксплуатационной массы трактора и рабочей скорости движения на конкретной передаче. При появлении трактора, как энергетического средства, он комплектовался коробкой перемены передач (КПП) на 2-3 рабочих передачи. По мере совершенствования двигателя, самого трактора, для улучшения тяговых свойств, для повышения эксплуатационных свойств, появилась необходимость в увеличении количества передач.

Появились тракторы с 5-ти, 7-ми скоростными КПП, затем, с использованием в трансмиссии,

и конкретно в КПП, ходоуменьшителей, увеличителей крутящего момента, тракторы с КПП на 14 и 18 передач переднего хода. Появление расширенного диапазона передач позволяет более правильно, с точки зрения производительности машинно-тракторного агрегата (МТА), удельного расхода топлива, подобрать рабочую передачу с оптимальной загрузкой двигателя. Появление расширенного диапазона передач позволило выделить так называемые «группы» передач: до 4-х км/ч — сверхнизкие передачи для работы в садах, теплицах, животноводческих помещениях; от 4-х км/ч до 14-ти км/ч — для выполнения всех технологических операций в растениеводстве; от 16 км/ч до 34 км/ч — для выполнения транспортных технологических операций.

Дальнейшее совершенствование конструкции трактора, с целью улучшения эксплуатаци-

онных свойств, осуществлялось в направлении создания автоматических коробок перемены передач (АКПП), которые позволяли изменять тяговое усилие трактора при изменяющемся тяговом сопротивлении сельскохозяйственного орудия или тракторного прицепа. По принципу действия эти АКПП могут быть механические, гидравлические и электрические. Гидравлические в свою очередь подразделяются на гидродинамические и гидрообъемные.

Цель и объект исследования. Целью исследования является определение одного из показателей, характеризующих эксплуатационные свойства тракторов с разными типами КПП — производительности, на разных технологических операциях по обработке почвы. Для этого были решены следующие задачи: проведён сравнительный анализ основных



техничко-экономических показателей тракторов; проанализирован диапазон тяговых усилий, рабочих скоростей трактора с автоматической КПП — Lamborghini R6.120.; проведены расчёты производительности трактора в составе агрегата на различных технологических операциях по обработке почвы.

Объектом исследования является технологический процесс обработки почвы тракторами с различными видами трансмиссий.

Материалы и методы исследования. Материалом для исследования явились результаты полевых исследований во время проведения весенне-полевых и уборочных работ 2023 года в учебно-опытном хозяйстве Уральского ГАУ, результаты более ранних исследований авторов [1-4]. В процессе исследования были использованы методы сравнительного анализа, наблюдения, расчётный, сравнения и др.

Результаты исследований и их обсуждение. В отечественном сельхозмашиностроении (тракторостроении) были попытки производства тракторов с гидротрансформатором (ДТ-175С), устанавливаемым между муфтой сцепления и механической коробкой перемены передач. В 1965 году на заводе им. Кирова (Кировский завод) в г. Ленинград был выпущен трактор К-700 с КПП с механическим переключением режимов и гидравлическим переключением передач в пределах каждого режима. Данная КПП с незначительными усовершенствованиями устанавливалась на тракторы К-700А и К-701, а затем и на тракторы, выпускаемые Петербургским тракторным заводом (ПТЗ) в настоящее время — серии К-5 и К-7. Практически аналогичная КПП применялась на тракторах, выпускаемых Харьковским тракторным заводом — Т-150К, Т-150, затем ХТЗ-17221.

Коробка перемены передач у тракторов семейства К-5 и К-7М может считаться полностью автоматизированной, в отличие от КПП тракторов семейства К-744 и К-424, т.к. режимы переключения пневмоцилиндрами, передачи переключаются гидравлическим управлением, в зависимости от загрузки трактора и оборотов двигателя. Инструкцией по эксплуатации тракторов семейства К-7М предусмотрена эксплуатация трактора, при выполнении технологических операций, при оборотах двигателя от 1400 до 1900 об/мин [5 с. 24]. Отличительные особенности тяговых свойств тракторов К-730 (семейство К-7М), при использовании II диапазона, и К-744Р1 представим на рис. 1, 2.

Из информации, представленной на рис. 1, видно, что тяговое усилие и рабочие скорости в КПП трактора К-730, во II диапазоне, пересекаются (имеют равные значения) в 3-х случаях:

- первая и вторая передача в интервале от 7,4 км/ч до 8,6 км/ч;
- вторая и третья передача в интервале от 9,2 км/ч до 10,3 км/ч;
- третья и четвёртая передача в интервале от 10,9 км/ч до 12 км/ч.

Автоматика переключения режимов и передач позволяет эксплуатировать трактор, при выполнении любых технологических операций по обработке пашни, при транспортных операциях, без разрыва потока мощности на всех диапазонах. Кроме того, при снижении нагрузки, т.е. тягового сопротивления сельскохозяйственного орудия или тракторного прицепа, КПП трактора К-730 позволяет, до определённого предела, снизить обороты двигателя, тем самым снизить удельный расход топлива.

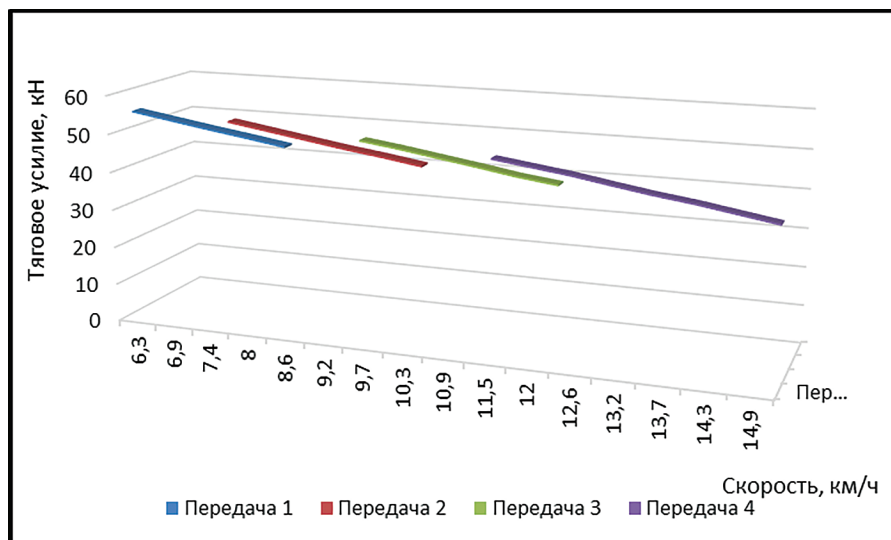


Рисунок 1. Диапазон тяговых усилий, рабочие скорости трактора К-730
Figure 1. Range of traction forces, operating speeds of the K-730 tractor

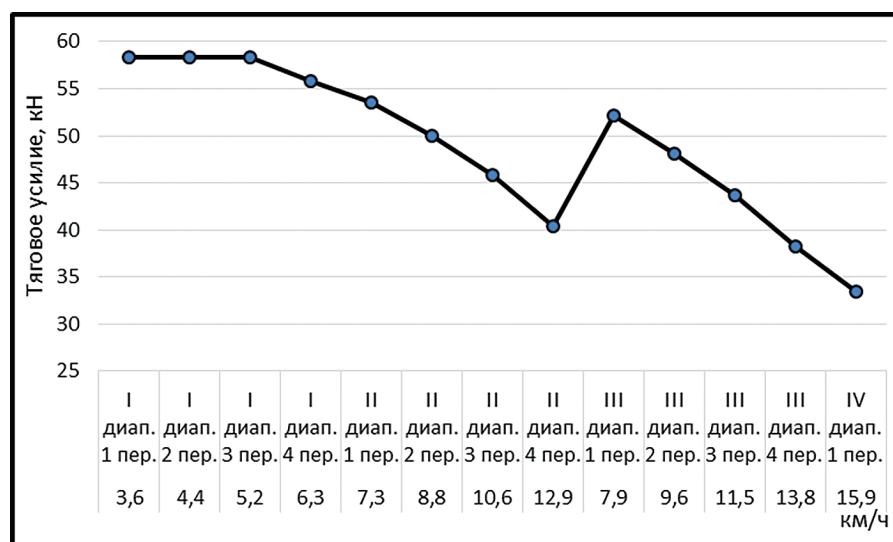


Рисунок 2. Диапазон тяговых усилий, рабочие скорости трактора К-744Р1
Figure 2. Range of traction forces, operating speeds of the K-744R1 tractor

С эксплуатационной точки зрения, при комплектовании машинно-тракторных агрегатов, трактор К-730 способен реализовать тяговое сопротивление со 100%-м использованием тягового усилия. Для тракторов с механической КПП (Quadshift) и в какой-то мере для тракторов с гидромеханической трансмиссией более ранних выпусков (К-700А, К-701, ХТЗ-17221) необходимо учитывать запас тягового усилия трактора для преодоления каких-либо временных сопротивлений, допустим, при вспашке, преодоление транспортного колеи на поле после уборки кукурузы на силос, движение тракторного транспортного агрегата на подъём. В научных источниках, в справочной литературе запас тягового усилия (через загрузку двигателя) рекомендуют использовать в пределах от 5% до 15%. В практической деятельности, в результате и на базе ранее проведённых исследований авторы для расчётов принимают коэффициент запаса тягового усилия равным 7,5%.

На основании рис. 2 видно, что при использовании передачи II4 (второй диапазон, 4 передача), при скорости 12,9 км/ч трактором К-744Р1 можно агрегатировать сельскохозяйственную машину с тяговым сопротивлением

37,4 кН, или иначе придётся переключиться на передачу II3 (второй диапазон, 3 передача) с тяговым усилием 45,8 кН, превышающим необходимое на 22,5%, а это уже повышенный расход топлива.

На основании рис. 1, 2 и анализа исходных данных на этих рисунках можно сделать первый теоретический вывод об эффективности автоматических коробок перемены передач.

На большинстве сельскохозяйственных тракторов зарубежных производителей устанавливаются многоступенчатые автоматы PowerShift и бесступенчатые CVT/VARIO. Анализ эффективности использования тракторов с автоматической и механической коробками передач, при выполнении различных технологических операций, проведём по исследованиям работы тракторов Lamborghini R6.120 с коробкой PowerShift и Беларус 1221 с механической коробкой. Сравнительный анализ технико-экономических показателей тракторов представлен в табл. 1.

Тракторы имеют практически равные технико-экономические показатели.

Диапазон тяговых усилий, рабочие скорости трактора Lamborghini R6.120 на 3-й передаче представим на рис. 3.



Таблица 1. Технико-экономические показатели тракторов
Table 1. Technical and economic indicators of tractors

Показатели	Lamborghini R6.120	Беларус 1221
Эксплуатационная масса, кН	50,3	52,0
Мощность двигателя, л.с./кВт	126/93	130/96
Диапазон скоростей, км/ч	1,7-50	1,51-34,38
Номинальное тяговое усилие, кН	19,7	21,2
Удельный расход топлива, г/кВт.ч	210	226
Размер задних шин	480/70R38	480/80R38
передних шин	360/70R28	420/70R24

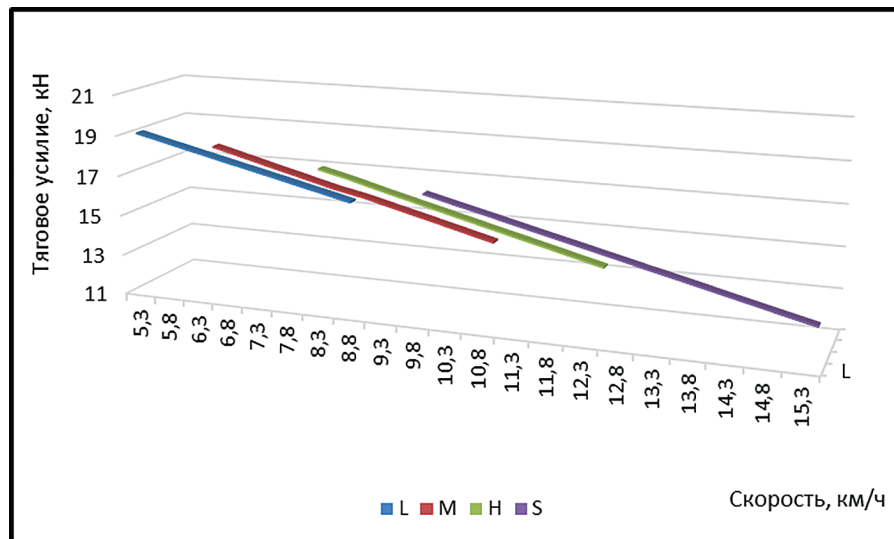


Рисунок 3. Диапазон тяговых усилий, рабочие скорости трактора Lamborghini R6.120
Figure 3. Range of traction forces, operating speeds of the Lamborghini R6.120 tractor

Тяговое усилие и рабочие скорости в КПП трактора Lamborghini R6.120, на 3-й передаче, имеют равные значения в нескольких случаях:

- в диапазонах LMH от 7,8 км/ч до 8,8 км/ч;
- в диапазонах MHS от 9,3 км/ч до 10,8 км/ч;
- в диапазонах LM от 6,3 км/ч до 8,8 км/ч;
- в диапазонах MH от 7,8 км/ч до 10,8 км/ч;
- в диапазонах HS от 9,3 км/ч до 12,3 км/ч.

Этим самым увеличивается возможность автоматического регулирования изменения тягового усилия, рабочих скоростей в зависимости от тягового сопротивления сельскохозяйственного орудия.

Оценку эффективности использования тракторов проанализируем при выполнении следующих технологических операций: вспашка, культивация, предпосевное боронование, посев, прикатывание. В данном исследовании представим расчёты по вспашке агрегатом в составе с трактором Lamborghini R6.120, по культивации — агрегатом в составе с трактором Беларус 1221. Данные расчётов по другим технологическим операциям представим в табл. 2.

Вспашка. Агрегат в составе трактор Lamborghini R6.120 + плуг ПЛН-4-35. Исходные данные для расчётов: удельное сопротивление — 40 кН/м², рабочую скорость 12-14 км/ч, глубина обработки — 22 см. При расчётах необходимо выбирать возможно более высокие скорости, в соответствии с агротехническими требованиями.

Тяговое сопротивление одного корпуса плуга: $R_{1к} = abk$;

$$R_{1к} = 0,35 \times 0,22 \times 40 = 3,08 \text{ кН}$$

Тяговое сопротивление плуга: $R = 4 \times 3,08 = 12,32 \text{ кН}$, соответствует тяговому усилию тра-

тора на 3-й передаче диапазона S при скорости 14,08 км/ч. В случае снижения тяговой нагрузки автоматическая коробка перемены передач увеличит скорость до 14,1 км/ч и более, в случае увеличения нагрузки скорость снизится до 14,04 км/ч и менее.

Часовую производительность определим по формуле:

$$W_q = eB_pV_p = e \xi_b \xi_v \tau B_o V_T$$

где e — коэффициент, учитывающий единицы измерения скорости движения агрегата. $e = 0,1$.

B_p — рабочая ширина захвата агрегата, м; $B_p = \xi_b B_o$, где ξ_b — коэффициент использования ширины захвата учитывает отличие рабочей ширины захвата от конструктивной: $\xi_b = B_p/B_o$. При вспашке $\xi_b = 1-1,1$.

V_p — рабочая скорость движения агрегата; $V_p = \xi_v V_T$, где ξ_v — коэффициент использования скорости: $\xi_v = V_p/V_T$. $\xi_v = 0,77$ для тракторов кл. 1,4-2 тс;

τ — коэффициент использования времени смены: $\tau = T_p/T_{см}$. При хорошей организации труда и нормальных условиях эксплуатации $\tau = 0,7-0,8$.

$$W_q = 0,1 \times 1,05 \times 1,4 \times 0,77 \times 14,08 \times 0,75 = 1,19 \text{ га/ч}$$

Агрегат в составе трактор Беларус 1221 + плуг ПЛН-4-35.

Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию трактора на передаче 1IV 14 кН, с запасом тягового усилия 7,5%, при скорости 13,05 км/ч.

$$W_q = 0,1 \times 1,05 \times 1,4 \times 0,77 \times 13,05 \times 0,75 = 1,11 \text{ га/ч}$$

Культивация. Агрегат в составе трактор Lamborghini R6.120 + культиватор КПС-6.

Исходными данными для расчётов, при выполнении технологической операции культивация, являются: удельное сопротивление — 1,7 кН/м, коэффициент сопротивления перекачиванию — 0,15; рабочая скорость до 15 км/ч.

Тяговое сопротивление агрегата определяется по формуле:

$$R_a = R_m + R_f$$

где R_m — тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины, кН;

R_f — сопротивление перекачиванию сельскохозяйственной машины, кН.

$R_m = B_p k$, где B_p — ширина захвата сельскохозяйственной машины, м; k — удельное сопротивление, кН/м.

$R_f = f m_э$, где f — сопротивление перекачиванию сельскохозяйственной машины; $m_э$ — эксплуатационная масса, кН.

Для культиватора КПС-6 $R_a = 6 \times 1,7 + 0,15 \times 13,6 = 10,2 + 2,04 = 12,24 \text{ кН}$.

Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию трактора на 3-й передаче диапазона S при скорости 14,19 км/ч. В случае снижения тяговой нагрузки автоматическая коробка перемены передач увеличит скорость до 14,22 км/ч и более, в случае увеличения нагрузки скорость снизится до 14,16 км/ч и менее.

При поверхностной обработке $\xi_b = 0,95-0,96$.

$$W_q = 0,1 \times 0,955 \times 6 \times 0,77 \times 14,19 \times 0,75 = 4,7 \text{ га/ч}$$

Агрегат в составе трактор Беларус 1221 + культиватор КПС-6.

Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию трактора на передаче 1IV 14 кН, с запасом тягового усилия 7,5%, при скорости 13,05 км/ч.

$$W_q = 0,1 \times 0,955 \times 6 \times 0,77 \times 13,05 \times 0,75 = 4,32 \text{ га/ч}$$

Предпосевное боронование. Агрегат в составе трактор Lamborghini R6.120 + борона зубовая БЗПГ «Радуга-15».

Удельное сопротивление почвы 0,45 кН/м, рабочую скорость выполнения операции — до 12 км/ч.

$$R_a = 0,45 \times 15 + 0,15 \times 49 = 6,75 + 7,35 = 14,1 \text{ кН}$$

Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию трактора на 3-й передаче диапазона S при скорости 11,77 км/ч. В случае снижения тяговой нагрузки автоматическая коробка перемены передач увеличит скорость до 11,8 км/ч и более, в случае увеличения нагрузки скорость снизится до 11,74 км/ч и менее.

$$W_q = 0,1 \times 0,955 \times 15 \times 0,77 \times 11,77 \times 0,75 = 9,74 \text{ га/ч}$$

Агрегат в составе трактор Беларус 1221 + борона зубовая БЗПГ «Радуга-15».

Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию трактора на передаче 3III 15,7 кН, с запасом тягового усилия 7,5%, при скорости 11,08 км/ч.

$$W_q = 0,1 \times 0,955 \times 15 \times 0,77 \times 11,08 \times 0,75 = 9,17 \text{ га/ч}$$

Посев. Агрегат в составе трактор Lamborghini R6.120 + CP-11 + 2CЗП-3,6.

Удельное сопротивление — 1,3 кН/м.



Основные технические характеристики:

- сеялки СЗП-3,6: масса эксплуатационная — 1472 кг; ёмкость ящика под семена — 680 л; ящика под удобрения — 387 л.
- сцепки СП-11: масса эксплуатационная — 725 кг.
- объёмная масса зерна — 0,756 т/м³, объёмная масса удобрения — 0,95 т/м³.

Вес сеялки в полностью снаряжённом состоянии (с полностью заправленными ящиками под семена и удобрения) — $1472 + 756 \times 0,68 + 950 \times 0,387 = 1472 + 514,08 + 367,65 = 2353,73$ кг или 23,08 кН. При опорожнённых на 50% ящиках под семена и удобрения вес сеялки — 18,76 кН.

Тяговое сопротивление агрегата определяется по формуле:

$$R_a = R_w + R_f$$

$$R_f = fG_c + fG_{cl}$$

где G_c — масса эксплуатационная сеялки, кН; G_{cl} — масса эксплуатационная сцепки, кН.

Для полностью загруженной сеялки.

$$R_w = 1,3 \times 7,2 = 9,36 \text{ кН}$$

$$R_f = 0,15 \times 23,08 + 0,15 \times 7,11 = 3,46 + 1,07 = 4,53 \text{ кН}$$

$$R_a = 9,36 + 4,53 = 13,89 \text{ кН}$$

Для опорожнённой на 50% сеялке.

$$R_f = 0,15 \times 18,76 + 0,15 \times 7,11 = 2,81 + 1,07 = 3,88 \text{ кН}$$

$$R_a = 9,36 + 3,88 = 13,24 \text{ кН}$$

Для сеялки с 10% семян и удобрений в ящиках.

$$R_f = 0,15 \times 15,29 + 0,15 \times 7,11 = 2,29 + 1,07 = 3,36 \text{ кН}$$

$$R_a = 9,36 + 3,36 = 12,72 \text{ кН}$$

Использование трактора с автоматической КПП наиболее эффективно как раз при посеве сельскохозяйственных культур, т.к. в процессе выполнения технологической операции происходит уменьшение объёма семян и удобрений вследствие их высевы в почву. Автоматическая КПП позволяет увеличить рабочую скорость движения агрегата из-за снижения тягового сопротивления (что подтверждают наши расчёты).

Тяговое сопротивление полностью заправленного агрегата соответствует тяговому усилию трактора на 3-й передаче, диапазонах H и S при скорости 12,03 км/ч. При опорожнённой на 50% сеялке тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию трактора на 3-й передаче диапазона S при скорости 12,89 км/ч. При оптимальном количестве семян и удобрений, перед заправкой, тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию трактора на 3-й передаче диапазона S при скорости 13,56 км/ч.

Для сравнительного анализа представим расчёты по производительности МТА с опорожнённой на 50% сеялкой.

$$W_q = 0,1 \times 0,955 \times 7,2 \times 0,77 \times 12,89 \times 0,75 = 5,12 \text{ га/ч}$$

Агрегат в составе трактор Беларус 1221 + СП-11 + ЗСЗП-3,6.

Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию трактора на передаче 3III 15,7 кН, с запасом тягового усилия 7,5%, при скорости 11,08 км/ч.

$$W_q = 0,1 \times 0,955 \times 7,2 \times 0,77 \times 11,08 \times 0,75 = 4,4 \text{ га/ч}$$

Таблица 2. Сравнительный анализ часовой производительности тракторов с автоматической и механической КПП

Table 2. Comparative analysis of the hourly productivity of tractors with automatic and manual transmission

Показатели		Тракторы		Прирост производительности, %
Технологическая операция	Тяговое сопротивление агрегата, кН	Lamborghini R6.120	Беларус 1221	
Вспашка	12,32	1,19	1,11	7,2
Культивация	12,24	4,7	4,32	8,8
Предпосевное боронование	14,1	9,74	9,17	6,2
Посев	13,24	5,12	4,4	16,4
Прикатывание	12,31	7,15	6,62	8,0

Прикатывание посевов. Агрегат в составе трактор Lamborghini R6.120 + КЗК-9,2У-03.

Исходные данные для расчётов: удельное сопротивление 0,65 кН/м. Масса эксплуатационная КЗК-9,2У-03 — 4300 кг.

$$R_w = 0,65 \times 9,2 = 5,98 \text{ кН}$$

$$R_f = 0,15 \times 42,2 = 6,33 \text{ кН}$$

$$R_a = 5,98 + 6,33 = 12,31 \text{ кН}$$

Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию трактора на 3-й передаче диапазона S при скорости 14,09 км/ч. В случае снижения тяговой нагрузки автоматическая коробка перемены передач увеличит скорость до 14,12 км/ч и более, в случае увеличения нагрузки скорость снизится до 14,06 км/ч и менее.

$$W_q = 0,1 \times 0,955 \times 9,2 \times 0,77 \times 14,09 \times 0,75 = 7,15 \text{ га/ч}$$

Агрегат в составе трактор Беларус 1221 + КЗК-9,2У-03.

Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию трактора на передаче 1IV 14 кН, с запасом тягового усилия 7,5%, при скорости 13,05 км/ч.

$$W_q = 0,1 \times 0,955 \times 9,2 \times 0,77 \times 13,05 \times 0,75 = 6,62 \text{ га/ч}$$

Для наглядности результаты расчётов по всем технологическим операциям представим в табл. 2.

Как и предполагалось, наиболее эффективен трактор с автоматической КПП на технологической операции — посев, затем на наиболее трудоёмкой операции — культивация. Наименьший прирост часовой производительности наблюдается на технологической операции — предпосевное боронование.

В данном исследовании подробно рассмотрен вопрос производительности эксплуатации тракторов с различными трансмиссиями. Исследованиями в этом направлении занимаются и другие учёные, которые рассматривают следующие направления:

- рассматривают теоретические предпосылки создания и описывают математические модели эксплуатационных качеств почвообрабатывающих агрегатов, определяют структуру системы формирования типоразмерного ряда тракторов для технологий почвообработки [6-8];
- анализируют возможности современных сельскохозяйственных тракторов [9-11];
- рассматривают вопросы рационального использования тракторов, разрабатывают структуру и состав машинно-технологических агрегатов [12-13].

Но немаловажен вопрос и технической эксплуатации тракторов, надёжность автоматиче-

ских и бесступенчатых трансмиссий, наработка на отказ, ремонтпригодность и др. показатели, характеризующие работоспособность машин.

Этот вопрос важен по той причине, что доля тракторов с автоматическими и бесступенчатыми трансмиссиями в общем парке машин составляют 27-28% (на примере Свердловской области). Из этих тракторов 21,9% это тракторы зарубежных производителей, таких как Case IH, Doutz Fahr, New Holland и др. Данные по надёжности зарубежных тракторов, исследования в этом направлении за последние годы просто отсутствуют (последние доступные исследования датируются 2009 годом [14]). Поэтому для полного раскрытия заявленной темы исследования необходимо рассмотреть вопросы, связанные с технической эксплуатацией данных тракторов, т.е. проанализировать годовую наработку тракторов, затраты на поддержание технической готовности, затраты на топливо-смазочные материалы, проанализировать основные отказы узлов и агрегатов, причины их появления, трудоёмкость устранения и т.д. Но эти вопросы будут раскрыты и проанализированы в дальнейших исследованиях.

Закключение (выводы). Одним из направлений повышения эксплуатационных свойств сельскохозяйственных тракторов является совершенствование, улучшение конструкции коробки перемены передач с целью максимального и эффективного использования мощности двигателя, повышения тяговых свойств трактора. В отечественном сельхозмашиностроении (тракторостроении) в основном используются гидромеханические КПП, которые также постоянно модернизируются, совершенствуются. Последней версией данных КПП являются коробки перемены передач, устанавливаемые на тракторы семейства К-5 и К-7М. В тракторах зарубежных производителей, в т.ч. и китайских, в энергонасыщенных тракторах применяются многоступенчатые автоматы PowerShift и бесступенчатые CVT.

Сравнительный анализ использования тракторов с равными технико-экономическими показателями, но с разными типами КПП, показал, что эффективность использования трактора с КПП PowerShift выше чем у трактора с механической КПП, по отдельным технологическим операциям, от 6,2% до 16,4%. В данном исследовании рассматривался только один из показателей, характеризующий эксплуатационные свойства трактора, это производительность, показатель расхода топлива в данном случае рассматривать не совсем корректно, т.к. у тракторов разные конструкции двигателей, агрегатов топливной аппаратуры. В результате удельный расход топлива у Lamborghini R6.120 (трактор с КПП PowerShift) ниже чем у Беларус 1221 на 7,1%.





Различны также показатели амортизационных отчислений на единицу выполненной работы, т.к. стоимость Lamborghini R6.120 значительно превышает стоимость Беларус 1221. Тем не менее, использование тракторов с гидромеханическими трансмиссиями, многоступенчатыми автоматами PowerShift и бесступенчатыми трансмиссиями позволяет более эффективно выполнять все технологические операции по производству сельскохозяйственной продукции.

Список источников

1. Иовлев Г.А., Голдина И.И. Оценка технико-экономических показателей использования сельскохозяйственной техники // Дискуссия. 2023. № 2 (117). С. 62-75.
2. Иовлев Г.А. Эксплуатационные свойства сельскохозяйственных тракторов — выбор за Вами // Агропродовольственная политика России. 2023. № 1. С. 2-10.
3. Иовлев Г.А., Голдина И.И. Исследование эксплуатационных свойств тракторов отечественного и китайского производства // Экономика сельского хозяйства России. 2022. № 10. С. 93-100.
4. Иовлев Г.А., Голдина И.И. Методика комплектования машинно-тракторных агрегатов и парков машин // Теория и практика мировой науки. № 2. С. 46-50.
5. ТРАКТОРЫ «КИРОВЕТС» ТИПА К-7М. Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию 7М-00.00.010 ИЭ. [Электронный ресурс]. URL: [http://autobis.by/doc/doc/Instrukciya_K-7M_NOVAYA_REDAKCIYA_01.09.2021_\(isp%2012.11.21\)-compressed.pdf](http://autobis.by/doc/doc/Instrukciya_K-7M_NOVAYA_REDAKCIYA_01.09.2021_(isp%2012.11.21)-compressed.pdf)
6. Хафизов К.А., Хафизов Р.Н., Нурмиев А.А., Галиев И.Г. Теоретические предпосылки создания математической модели тягового кпд трактора // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 3 (54). С. 116-121.
7. Джаббаров Н.И., Семёнова Г.А. Математические модели эксплуатационных качеств почвообрабатывающих агрегатов с динамичными рабочими органами // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2018. № 96. С. 93-104.
8. Селиванов Н.И., Седаков Д.А. Структура системы формирования типоразмерного ряда тракторов для зональных технологий почвообработки // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 9 (191). С. 109-115.
9. Старостин И.А., Давыдова С.А., Ещин А.В., Голтыпин В.Я. Современные сельскохозяйственные тракторы тягового класса 8 // Техника и оборудование для села. 2023. № 6 (312). С. 2-7.

10. Володько А.С., Быченин А.П., Крючин Н.П. Улучшение динамики разгона трактора типа К-7 применением гидроаккумулятора постоянного давления и рабочей жидкости, легированной реметализантом // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 2 (94). С. 138-143.

11. Журавлёв С.Ю. Сравнительная оценка параметров тяговой характеристики современных колёсных 4К4 тракторов // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2021. № 2 (42). С. 90-101.

12. Селиванов Н.И., Седаков Д.А. Рациональное использование трактора Versatile 2375 в технологиях почвообработки // Вестник КрасГАУ. 2019. № 1 (142). С. 138-143.

13. Кормильцев Ю.Г. Структура и состав машинно-технологических агрегатов на основе мобильных энергосредств пятого поколения // Вестник аграрной науки Дона. 2018. № 1 (41). С. 70-86.

14. Мониторинг надёжности тракторов высокой мощности для села. [Электронный ресурс]. URL: <http://os1.ru/article/4969-monitoring-nadezhnosti-tractorov-vysokoy-moshchnosti-dlya-sela?ysclid=lqeo3kl8pn223822795> (Дата обращения 22.12.2023).

References

1. Iovlev G.A., Goldina I.I. (2023). Otsenka tekhniko-ekonomicheskikh pokazateley ispol'zovaniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Assessment of technical and economic indicators of the use of agricultural machinery]. Discussion, no. 2 (117), pp. 62-75.
2. Iovlev G.A. (2023). Eksploatatsionnyye svoystva sel'skokhozyaystvennykh traktorov — vybor za Vami [Operational properties of agricultural tractors — the choice is yours]. Agricultural policy of Russia, no. 1, pp. 2-10.
3. Iovlev G.A., Goldina I.I. (2022). Issledovaniye eksploatatsionnykh svoystv traktorov otechestvennogo i kitayskogo proizvodstva [Study of the operational properties of tractors of domestic and Chinese production]. Russian Agricultural Economics, no. 10, pp. 93-100.
4. Iovlev G.A., Goldina I.I. (2023). Metodika komplektovaniya mashinno-traktornykh agregatov i parkov mashin [Methodology for completing machine and tractor units and vehicle parks]. Theory and practice of world science. no. 2. pp. 46-50.
5. ТРАКТОРЫ «КИРОВЕТС» ТИПА К-7М. Instruktsiya po eksploatatsii i tekhnicheskoy obsluzhivaniyu 7М-00.00.010 ИЭ [TRACTORS "KIROVETS" TYPE K-7M. Operating and maintenance instructions 7М-00.00.010 ИЭ] [Electronic resource]. URL: [http://autobis.by/doc/doc/Instrukciya_K7M_NOVAYA_REDAKCIYA_01.09.2021_\(isp%2012.11.21\)-compressed.pdf](http://autobis.by/doc/doc/Instrukciya_K7M_NOVAYA_REDAKCIYA_01.09.2021_(isp%2012.11.21)-compressed.pdf) (Access date 17.12.2023).
6. Khafizov K.A., Khafizov R.N., Nurmiev A.A., Galiev I.G. (2019). Teoreticheskiye predposylki sozdaniya matematicheskoy modeli tyagovogo kpd traktora [Theoretical prerequisites for creating a mathematical model of tractor traction efficiency]. Bulletin of the Kazan State Agrarian University, vol. 14, no. 3 (54), pp. 116-121.
7. Dzhabbarov N.I., Semonova G.A. (2018). Matematicheskiye modeli eksploatatsionnykh kachestv pochvoobrabatyvayushchikh agregatov s dinamichnymi rabochimi organami [Mathematical models of the operational qualities of soil-cultivating units with dynamic working bodies]. Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products, no. 96, pp. 93-104.
8. Selivanov N.I., Sedakov D.A. (2020). Struktura sistemy formirovaniya tiporazmernogo ryada traktorov dlya zonal'nykh tekhnologiy pochvoobrabotki [Structure of the system for forming a standard-size range of tractors for zonal tillage technologies]. Bulletin of the Altai State Agrarian University, no. 9 (191), pp. 109-115.
9. Starostin I.A., Davydova S.A., Yeshchin A.V., Gol'tyapin V.Ya. (2023). Sovremennyye sel'skokhozyaystvennyye traktory tyagovogo klassa 8 [Modern agricultural tractors of traction class 8]. Machinery and equipment for rural areas, no. 6 (312), pp. 2-7.
10. Volod'ko A.S., Bychenin A.P., Kryuchin N.P. (2022). Uluchsheniye dinamiki razgona traktora tipa K-7 primeneniym gidroakkumulyatora postoyannogo davleniya i rabochey zhidkosti, legirovannoy remetalizantom [Improving the acceleration dynamics of a K-7 type tractor using a constant-pressure hydraulic accumulator and working fluid alloyed with remetalizant]. News of the Orenburg State Agrarian University, no. 2 (94), pp. 138-143.
11. Zhuravlov S.YU. (2021). Sravnitel'naya otsenka parametrov tyagovoy kharakteristiki sovremennykh kolosnykh 4K4 traktorov [Comparative assessment of the parameters of the traction characteristics of modern wheeled 4K4 tractors]. Bulletin of the Omsk State Agrarian University, no. 2 (42), pp. 90-101.
12. Selivanov N.I., Sedakov D.A. (2019). Ratsional'noye ispol'zovaniye traktora Versatile 2375 v tekhnologiyakh pochvoobrabotki [Rational use of the Versatile 2375 tractor in soil cultivation technologies]. Bulletin of KrasGAU, no. 1 (142), pp. 138-143.
13. Kormil'tsev YU.G. (2018). Struktura i sostav mashinno-tekhnologicheskikh agregatov na osnove mobil'nykh energosredstv pyatogo pokoleniya [Structure and composition of machine-technological units based on fifth-generation mobile energy equipment]. Bulletin of Agrarian Science of the Don, no. 1 (41), pp. 70-86.
14. Monitoring nadezhnosti traktorov vysokoy moshchnosti dlya sela [Monitoring the reliability of high-power tractors for rural areas]. [Electronic resource]. URL: <http://os1.ru/article/4969-monitoring-nadezhnosti-tractorov-vysokoy-moshchnosti-dlya-sela?ysclid=lqeo3kl8pn223822795> (Access date 22.12.2023).

Информация об авторах:

Иовлев Григорий Александрович, кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой Сервис транспортных и технологических машин и оборудования в АПК, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1837-3222>, SPIN-код: 4258-7289, Author ID: 332034, Scopus Author ID: 57203821332.

Побединский Владимир Викторович, доктор технических наук, профессор кафедры Сервис транспортных и технологических машин и оборудования в АПК, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6318-3447>, SPIN-код: 7968-3990, Author ID: 648495, Scopus Author ID: 57210947239.

Голдина Ирина Игоревна, старший преподаватель кафедры Сервис транспортных и технологических машин и оборудования в АПК, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1837-3222>, SPIN-код: 8420-1348, AuthorID 654680, Scopus Author ID: 57221334414.

Зорков Владимир Сергеевич, кандидат экономических наук, доцент кафедры Сервис транспортных и технологических машин и оборудования в АПК, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7589-1096>, SPIN-код: 8933-3981, AuthorID 328048, Scopus Author ID: 57221337038.

Несговоров Анатолий Георгиевич, старший преподаватель кафедры Сервис транспортных и технологических машин и оборудования в АПК, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2909-9206>, SPIN-код: 4232-8970, AuthorID 923294, Scopus Author ID: 57432802200.

Information about the authors:

Grigory A. Iovlev, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Service of Transport and Technological Machinery and Equipment in the Agro-Industrial Complex, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1837-3222>, SPIN code: 4258-7289, Author ID: 332034, Scopus Author ID: 57203821332.

Vladimir V. Pobedinsky, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Service of Transport and Technological Machinery and Equipment in the Agro-Industrial Complex, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6318-3447>, SPIN code: 7968-3990, Author ID: 648495, Scopus Author ID: 57210947239.

Irina I. Goldina, senior lecturer of the department of Service of transport and technological machines and equipment in the agro-industrial complex, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1837-3222>, SPIN code: 8420-1348, AuthorID 654680, Scopus Author ID: 57221334414.

Vladimir S. Zorkov, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Service of Transport and Technological Machinery and Equipment in the Agro-Industrial Complex, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7589-1096>, SPIN code: 8933-3981, AuthorID 328048, Scopus Author ID: 57221337038.

Anatoly G. Nesgovorov, senior lecturer of the department of Service of transport and technological machines and equipment in the agro-industrial complex, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2909-9206>, SPIN code: 4232-8970, AuthorID 923294, Scopus Author ID: 57432802200.