

## Сравнительный анализ эксплуатационных свойств тракторов белорусско-российского и китайского производства

Г.А. Иовлев<sup>a</sup>, И.И. Голдина<sup>b</sup>

Уральский государственный аграрный университет, ул. К. Либкнехта, 42, Екатеринбург, Россия

<sup>a</sup> gri-iovlev@yandex.ru, <sup>b</sup> ir.goldina@mail.ru

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1837-3222>, <sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1837-3222>

Статья поступила 06.09.2022, принята 19.09.2022

*На российском рынке сельскохозяйственных тракторов в последние годы стали появляться тракторы, производимые в Юго-Восточной Азии, в т.ч. и китайских производителей. Эти тракторы составляют прямую конкуренцию тракторам белорусского производства аналогичного тягового класса. Поэтому перед российскими сельскохозяйственными товаропроизводителями встаёт вопрос о выборе трактора того или иного производителя. Целью исследования является сравнение эксплуатационных свойств тракторов, равных или близких по технико-экономическим показателям. Эксплуатационные свойства рассмотрены через использование балластных грузов и их влияние на тяговые свойства тракторов. Исследование основано на использовании методов сравнения, анализа, измерения, описания, статистико-экономического. По результатам исследования выявлено, что тракторы китайского производства имеют более оптимальное сочетание балластных грузов (передних и балластных грузов на задние колёса), удовлетворяющее показателям энергонасыщенности трактора. По принятым вариантам балластирования и их влиянию на эксплуатационные свойства тракторов, выявлено, что для данного тягового класса, более высокие эксплуатационные свойства у китайского трактора Zoomlion RN1104. Белорусским производителям рекомендовано пересмотреть комплектование тракторов балластными грузами, с учётом мощности двигателя и соблюдения требований по энергонасыщенности.*

**Ключевые слова:** рынок; трактор; эксплуатационные свойства; энергонасыщенность; балластирование; тяговое усилие; рабочие скорости.

## Comparative analysis of the performance properties of whiterussian-russian and chinese tractors

G.A. Iovlev<sup>a</sup>, I.I. Goldina<sup>b</sup>

Ural State Agrarian University; 42, K. Libnekht St., Ekaterinburg, Russia

<sup>a</sup> gri-iovlev@yandex.ru, <sup>b</sup> ir.goldina@mail.ru

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1837-3222>, <sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1837-3222>

Received 06.09.2022, accepted 19.09.2022

*In recent years, tractors manufactured in Southeast Asia have begun to appear on the Russian market of agricultural tractors, incl. and Chinese manufacturers. These tractors are in direct competition with Belarusian-made tractors of the same traction class. Therefore, Russian agricultural producers are faced with the question of choosing a tractor of one or another manufacturer. The purpose of the study is to compare the operational properties of tractors that are equal or close in terms of technical and economic indicators. The operational properties are considered through the use of ballast weights and their influence on the traction properties of tractors. The study is based on the use of methods of comparison, analysis, measurement, description, statistical and economic. According to the results of the study, it was revealed that Chinese-made tractors have a more optimal combination of ballast weights (front and ballast weights on the rear wheels), which satisfies the energy saturation of the tractor. According to the accepted ballasting options and their influence on the performance properties of tractors, it was found that for this traction class, the Chinese Zoomlion RN1104 tractor has higher performance properties. Belarusian manufacturers are recommended to revise the equipment of tractors with ballast weights, taking into account engine power and compliance with energy saturation requirements.*

**Keywords:** market; tractor; operational properties; energy saturation; ballasting; tractive effort; operating speeds.

**Введение.** Наличие тракторов в сельскохозяйственном производстве России в последние десятилетия значительно сокращается, так, с 2010 г. по настоящее время количество тракторов в сельскохозяйственных ор-

ганизациях снизилось в 1,5 раза (310,3 тыс. шт. — 2010 г., 203,6 тыс. шт. — 2020 г.). По сравнению с 2000 г. снизилось производство тракторов практически в 3 раза (производство тракторов в 2020 г. по сравнению с

2010 г. увеличилось на 4,3 % и достигло 7,2 тыс. шт.) [1]. На рынке тракторов доля импорта за последние годы составляет от 67,9 (2016) до 81,2 % (2020), основ-

ную долю занимает импорт тракторов из Китая — 61,9 % [2]. Структура импорта тракторов в Россию представлена в табл. 1.

**Таблица 1.** Импорт тракторов в Россию в 2020 г.

Страна (регион) –импортер	Доля от общего объема импорта, %
Белоруссия	25,62
Европейский союз (ЕС)	8,08
США, Канада, Бразилия	1,06
Юго-Восточная Азия (Япония, Индия, Корея)	3,3
Китай	61,9

Самыми значительными игроками на рынке являются Китайская Народная Республика (КНР) и Республика Беларусь, но основную долю импорта этих госу-

дарств составляют мотоблоки и мотокультиваторы (данные представлены в табл. 2) [3; 4].

**Таблица 2.** Структура импорта тракторов в Россию в 2020 г.

Диапазон мощности, кВт	Китай		Белоруссия	
	Количество, шт.	%	Количество, шт.	%
Мотоблоки, мотокультиваторы	63 800	91,5	15 250	53,0
до 18	4 740	6,79	273	0,95
18–37	354	0,51	582	2,02
37–75	220	0,32	9 390	32,6
75–130	570	0,82	1 999	6,9
свыше 130	70	0,1	1 289	4,49

Из данных, представленных в табл. 2, видно, что основную долю импорта из Китая составляют мотоблоки, мотокультиваторы и тракторы с мощностью двигателя до 18 кВт (24,5 л.с.) — 98,3 %, свыше 18 кВт (24,5 л.с.) — 1,7 %. Импорт из Республики Беларусь разделен примерно пополам, тракторы, которые активно используются в механизированном сельскохозяйственном производстве с мощностью двигателя свыше 18 кВт, составляют 46,1 %, мотоблоки, мотокультиваторы и тракторы с мощностью двигателя до 18 кВт — 53,9 %.

Для раскрытия темы исследования проанализируем импорт тракторов с мощностью двигателя свыше 37 кВт (50 л.с.). Импорт белорусских тракторов данного диапазона мощности превышает импорт китайских тракторов в 14,7 раза. Отличается также структура поставок. Если у китайских тракторов основная доля приходится на тракторы с мощностью двигателя 75–130 кВт — 66,3 % (570 шт.), то у белорусских тракторов основная доля приходится на тракторы с мощностью двигателя 37–75 кВт — 74 % (9 390 шт.).

Для ведения сельскохозяйственного производства по прежним «технологическим укладам» необходим трактор с мощностью двигателя 37–75 кВт (50–102 л.с.), но для ведения высокоинтенсивного сельскохозяйственного производства с использованием широкозахватных комбинированных сельскохозяйственных

машин необходим более мощный трактор с двигателем свыше 75 кВт (102 л.с.), поэтому китайские тракторы могут быть востребованы на российском рынке, но структура поставок должна быть пересмотрена в сторону более энергонасыщенных тракторов. На вопрос, какой трактор будет наиболее востребован на российском рынке (китайский или белорусский), мы постараемся ответить в данном исследовании.

Для реализации цели исследования необходимо решить следующие задачи:

- разработать варианты балластирования тракторов, имеющимся заводским комплектом балластных грузов;
- рассчитать номинальные тяговые усилия при различных вариантах догрузки;
- рассчитать тяговые усилия на различных передачах при различных вариантах догрузки;
- рассчитать производительность, удельный расход топлива машинно-тракторного агрегата при различных вариантах догрузки балластными грузами;
- определить оптимальный вариант догрузки;
- произвести сравнительный анализ эксплуатационных свойств китайского и белорусского тракторов.

**Анализ эксплуатационных свойств тракторов белорусско-российского и китайского производства.** На российском рынке сельскохозяйственных тракторов в последние годы появились тракторы китайских произ-

водителей. Из противоречивых данных, представленных в сми, можно сделать вывод о том, что доля китайских тракторов в российском импорте составляет от 12,1 в 2015 до 61,9 % в 2020 гг., в разные годы доля импорта китайских тракторов доходила до 48–65 %. Основную долю в импорте составляют тракторы с мощностью двигателя до 18 кВт (24,5 л.с.) — 98,3 %, в разные годы этот показатель составлял 55–68 %. По данным [5], доля китайских тракторов с мощностью двигателя до 49 л.с. (36 кВт) составляет около 60 % российского рынка, доля на рынке тракторов с мощностью двигателя от 50 до 450 л.с. (36,8–331 кВт) составляет всего 1,5 %. Доля в российском импорте китайских тракторов с мощностью двигателя свыше 50 л.с. (36,8 кВт) в 2020 г. составила 1,24 % от общего импорта тракторов из Китая.

Основными производителями тракторов в Китае являются YTO Group Corporation, Dongfeng, Foton Lovol, CHERY, XINGTAI, Zoomlion и др. Объемы производства сельскохозяйственных тракторов составляют 420–510 тыс. ед. в год [6–8].

На ежегодной выставке-продаже сельскохозяйственной техники «Урал-Агро-2022», проходившей 5–7 апреля 2022 г. в АО «Б-Истокское РТПС» Свердловской области, ООО «Центр технического оборудования» представил китайские тракторы фирмы Zoomlion. На выставке были представлены тракторы различных тяговых

классов, с различной мощностью двигателя: RD254R, RK504C, RC804, RN904, RN1104, RS1304, RS1604.

Данные модели представили определенный интерес для сельхозтоваропроизводителей, они практически соответствовали модельному ряду тракторов «Беларус», которые также были представлены на данной выставке. Тракторы были близки по эксплуатационной массе, мощности двигателя, размеру шин и др. показателям. Значительные различия были в комплектации тракторов балластными грузами, предназначенными для улучшения тяговых свойств. Исследованием изменения тяговых свойств занимаются многие отечественные и зарубежные ученые [9–14].

Для ответа, какой трактор лучше, чьи эксплуатационные свойства выше, на кафедре «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования в АПК» ФГБОУ ВО «Уральский ГАУ», Екатеринбург, были проведены исследования по влиянию балластирования (установки балластных грузов на переднюю ось, на задние колеса) на эксплуатационные свойства тракторов (производительность МТА, удельный расход топлива). Для сравнения были взяты следующие тракторы: Zoomlion RN1104 и «Беларус 1025». Технические характеристики указанных тракторов представлены в табл. 3.

**Таблица 3.** Технические характеристики тракторов Zoomlion и «Беларус»

Марка трактора	Технические характеристики			
	Эксплуатационная масса, кг	Номинальная мощность двигателя, л.с.	Суммарное количество балластных грузов, кг	Диапазон скоростей, км/ч
Zoomlion RN1104	4655	110	760	1,58–33,69
«Беларус 1025»	4780	107,4	430	2,3–35,7

Из данных, представленных в табл. 3, видно, что энергонасыщенность китайского трактора составляет 1,77 кВт/кН, белорусского трактора — 1,68 кВт/кН, китайский трактор по данному показателю превосходит белорусский. Количество балластных грузов (они влияют на тяговые свойства тракторов) составляет соответственно 16,3 % от эксплуатационной массы трактора у китайских, 9 % — у белорусских тракторов. Показатели энергонасыщенности тракторов — это отношение мощности двигателя к эксплуатационной массе трактора, позволяют использовать большее количество балластных грузов.

При исследовании влияния балластирования на эксплуатационные свойства тракторов, т. е. на производительность МТА, удельный расход топлива, были рассмотрены варианты балластирования тракторов имеющимся заводским комплектом балластных грузов, рассчитаны тяговые усилия тракторов в соответствии с вариантом балластирования, производительность машинно-тракторного агрегата, удельный расход топлива. С

использованием индексного метода определен оптимальный вариант догрузки трактора балластными грузами [15–17].

Расчеты тягового усилия произведены по формуле:

$$P_{кр.н} = \dots I,$$

где  $m_3$  — эксплуатационная масса, кг. Для тракторов с четырьмя ведущими колесами с эксплуатационной массой свыше 2600 кг

$$A = \dots,$$

$g$  — ускорение свободного падения.

Рассмотрим расчеты для трактора Zoomlion RN 1104.

Для балластирования можно использовать передние противовесы — 220 кг (опция до 440 кг), 11 грузов по 20 кг, колесные противовесы — до 4-х противовесов на заднее колесо по 40 кг.

Предложено 13 вариантов догрузки балластными грузами. По вариантам балластирования рассчитаны номинальные тяговые усилия, представленные в табл. 4.

**Таблица 4.** Номинальные тяговые усилия трактора Zoomlion RN 1104 при различных вариантах догрузки

№ варианта	Передняя ось		Задняя ось		Эксплуатационный вес, кг	Энергонасыщенность, кВт/кН	Номинальное тяговое усилие, кН
	Значение	%	Значение	%			
1	1746	37,5	2909	62,5	4655	1,77	17,9
2	1806	38,3	2909	61,7	4715	1,75	18,1
3	1846	38,8	2909	61,2	4755	1,74	18,3
4	1886	39,3	2909	60,7	4795	1,72	18,4
5	1886	38,1	3069	61,9	4955	1,67	19,0
6	1926	38,6	3069	61,4	4995	1,65	19,2
7	1966	39,0	3069	61,0	5035	1,64	19,4
8	1966	37,8	3229	62,2	5195	1,59	20,0
9	2006	38,3	3229	61,7	5235	1,58	20,1
10	2046	38,8	3229	61,2	5275	1,57	20,3
<b>11</b>	<b>2086</b>	<b>39,2</b>	<b>3229</b>	<b>60,8</b>	<b>5315</b>	<b>1,55</b>	<b>20,4</b>
12	2126	39,7	3229	60,3	5355	1,54	20,6
13	2 86	40,4	3229	59,6	5415	1,52	20,8

Используя диапазон рабочих передач, рассчитаем тяговые усилия на различных передачах с учетом варианта балластирования, данные расчетов представим в табл. 5, 6.

**Таблица 5.** Тяговые усилия трактора Zoomlion RN1104 на различных передачах при различных вариантах догрузки (варианты 1–7)

Рабочая скорость, км/ч	Номинальное тяговое усилие, кН						
	1	2	3	4	5	6	7
5,31	16,8	17,0	17,2	17,3	17,9	18,1	18,3
2,34	17,9	18,1	18,3	18,4	19,0	19,2	19,4
3,12	17,9	18,1	18,3	18,4	19,0	19,2	19,4
4,04	17,9	18,1	18,3	18,4	19,0	19,2	19,4
7,86	14,7	14,9	15,1	15,2	15,7	15,8	16,0
6,78	15,6	15,8	16,0	16,1	16,6	16,8	17,0
9,02	13,8	13,9	14,1	14,2	14,7	14,8	15,0
11,7	11,6	11,7	11,9	11,9	12,3	12,4	12,6
22,76	2,42	2,42	2,62	2,51	2,71	2,71	2,71
10,03	12,9	13,1	13,3	13,3	13,8	13,9	14,1
13,35	10,2	10,3	10,5	10,5	10,9	11,0	11,1

**Таблица 6.** Тяговые усилия трактора Zoomlion RN 1104 на различных передачах при различных вариантах догрузки (варианты 8–13)

Рабочая скорость, км/ч	Номинальное тяговое усилие, кН					
	8	9	10	11	12	13
5,31	18,8	18,9	19,1	19,2	19,4	19,6
2,34	20,0	20,1	20,3	20,4	20,6	20,8
3,12	20,0	20,1	20,3	20,4	20,6	20,8
4,04	20,0	20,1	20,3	20,4	20,6	20,8
7,86	16,5	16,6	16,7	16,8	17,0	17,1

6,78	17,5	17,6	17,7	17,8	18,0	18,2
9,02	15,4	15,5	15,6	15,7	15,9	16,0
11,7	12,9	13,0	13,1	13,2	13,4	13,5
22,76	2,71	2,81	2,81	2,91	2,9	2,9
10,03	14,5	14,6	14,7	14,8	14,9	15,1
13,35	11,4	11,5	11,6	11,7	11,8	11,9

Для оценки влияния балластирования на производительность машинно-тракторного агрегата (МТА), на расход топлива произведем расчеты по формированию МТА для выполнения технологической операции «культивация».

Исходные данные для расчетов: удельное сопротивление — 1,7 кН/м, коэффициент сопротивления перекачиванию — 0,15, запас тягового усилия 7,5 %. При расчетах необходимо выбирать возможно более высокие скорости в соответствии с агротехническими требованиями.

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.

Часовую производительность определим по формуле:

$$W_{ч} = eB_pV_p = e \xi_B \xi_V \tau B_a V_T, \quad (1)$$

где  $e$  — коэффициент, учитывающий единицы измерения скорости движения агрегата,  $e = 0,1$ ;  $B_p$  — рабочая ширина захвата агрегата, м;  $B_p = \xi_B B_a$ , где  $\xi_B$  — коэффициент использования ширины захвата, учитывает отличие рабочей ширины захвата от конструктивной:  $\xi_B = \frac{B_p}{B_a}$ . При поверхностной обработке  $\xi_B = 0,95-0,96$ ,  $V_p$  — рабочая скорость движения агрегата;  $V_p = \xi_V V_T$ , где  $\xi_V$  — коэффициент использования скорости:  $\xi_V = \frac{V_p}{V_T} \cdot \xi_V = 0,77$  для тракторов кл. 1,4–2 л.с.,  $\tau$  — коэффициент использования времени смены:  $\tau = \frac{T_p}{T_{см}}$ . При хорошей

организации труда и нормальных условиях эксплуатации  $\tau = 0,7-0,8$ .

Расчет расхода топлива:

$$g_{ГА} = \frac{G_{Т.Р} + G_{Т.П} + G_{Т.ПЕР} + G_{Т.ХД}}{W_{ч}}, \quad (2)$$

где  $G_{Т.Р}$ ,  $G_{Т.П}$ ,  $G_{Т.ПЕР}$ ,  $G_{Т.ХД}$  — средние часовые расходы топлива в течение смены, кг/ч, при выполнении основной (чистой) работы, холостых ходов на поворотах, переездах и во время холостой работы двигателя (во время остановок агрегата с работающим двигателем). Средние часовые расходы топлива принимаются по справочным данным или расчетным путем через удельный расход топлива на 1 эф. л.с. и степень загрузки двигателя.

Для культиватора КПС-5  $R_a = 5 \times 1,7 + 0,15 \times 12,6 = 8,5 + 1,89 = 10,39$  кН.

По представленным формулам произведены расчёты производительности и удельного расхода топлива по 13 вариантам балластирования. Расчёты представим на примере «1 варианта», результаты расчётов по остальным вариантам представлены в табл. 7.

**1 вариант.** Культиватор КПС-5. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию на передаче III (11,7 км/ч) с тяговым усилием 11,6 кН с запасом тягового усилия.

$$W_{ч} = 0,1 \times 0,955 \times 5 \times 0,77 \times 11,7 \times 0,75 = 3,23 \text{ га/ч}$$

$$g_{ГА} = \frac{11,29 \times 0,75 + 6,14 \times 0,25}{3,23} = \frac{8,47 + 1,53}{3,23} = 3,1 \text{ кг/га}$$

Результаты расчетов влияния балластирования на производительность машинно-тракторного агрегата (МТА) на расход топлива представим в табл. 7.

**Таблица 7.** Влияние балластирования на производительность МТА, на расход топлива у агрегата в составе с трактором Zoomlion RN 1104

№ варианта	Марка СХМ	Часовая производительность, га/ч	Удельный расход топлива, кг/га
1	КПС-5	3,23	3,1
2	КПС-5	3,23	3,13
3	КПС-5	3,23	3,16
4	КПС-5	3,23	3,19
5	КПС-5	3,23	3,29
6	КПС-5	3,23	3,32
7	КПС-5	3,23	3,35
8	КПС-5	3,23	3,45
9	КПС-5	3,23	3,48
10	КПС-5	3,23	3,51

<b>11</b>	<b>КПС-6</b>	<b>3,87</b>	<b>2,95</b>
12	КПС-6	3,87	2,97
13	КПС-6	3,87	3,0

Используя индексный метод, взяв за базисный 1-й вариант догрузки, определим оптимальный вариант догрузки балластными грузами трактора Zoomlion RN 1104.

*1-й вариант* —  $1 + 1 = 2$  балла; *2-й вариант* —  $1 + 0,99 = 1,99$  балла; *3-й вариант* —  $1 + 0,98 = 1,98$  балла; *4-й вариант* —  $1 + 0,97 = 1,97$  балла; *5-й вариант* —  $1 + 0,94 = 1,94$  балла; *6-й вариант* —  $1 + 0,93 = 1,93$  балла; *7-й вариант* —  $1 + 0,92 = 1,92$  балла; *8-й вариант* —  $1 + 0,9 = 1,9$  балла; *9-й вариант* —  $1 + 0,89 = 1,89$  балла; *10-й вариант* —  $1 + 0,88 = 1,88$  балла; ***11-й вариант* — 1,2**

**+ 1,05 = 2,25 балла**; *12-й вариант* —  $1,2 + 1,04 = 2,24$  балла; *13-й вариант* —  $1,2 + 1,03 = 2,23$  балла.

Оптимальным вариантом догрузки является 11-й вариант.

Для трактора «Беларус 1025» [18].

Для балластирования можно использовать передние грузы, 10 шт. по 20 кг каждый + 10 шт. по 45 кг каждый.

Предложено 7 вариантов догрузки балластными грузами. По вариантам балластирования рассчитаны номинальные тяговые усилия, представленные в табл. 8.

**Таблица 8.** Номинальные тяговые усилия трактора «Беларус 1025» при различных вариантах догрузки

№ варианта	Передняя ось		Задняя ось		Эксплуатационная масса, кг	Энергонасыщенность, кВт/кН	Номинальное тяговое усилие, кН
	Значение	%	Значение	%			
1	1 792	37,5	2 988	62,5	4 780	1,72	18,4
2	1 872	38,5	2 988	61,5	4 860	1,7	18,7
3	1 952	39,7	2 988	60,3	4 920	1,68	18,9
4	1 992	40,2	2 988	59,8	4 960	1,66	19,0
<b>5</b>	<b>2 062</b>	<b>41,0*</b>	<b>2 988</b>	<b>59,0*</b>	<b>5 030</b>	<b>1,64</b>	<b>19,3</b>
6	2 152	42,0*	2 988	58,0*	5 120	1,61	19,7
7	2 242	43,0*	2 988	57,0*	5 210	1,58	20,0

\* Для вариантов догрузки № 5–7 необходимо использовать навесную СХМ с увеличенной эксплуатационной массой для снижения нагрузки на переднюю ось.

Используя диапазон рабочих передач, рассчитаем тяговые усилия на различных передачах с учетом вари-

анта балластирования, данные расчетов представим в табл. 9.

**Таблица 9.** Тяговые усилия трактора «Беларус 1025» на различных передачах при различных вариантах догрузки

Рабочая скорость, км/ч	Номинальное тяговое усилие, кН						
	18,4	18,7	18,9	19,0	19,3	19,7	20,0
4,1	18,4	18,7	18,9	19,0	19,3	19,7	20,0
5,2	17,4	17,7	17,9	18,0	18,3	18,7	18,9
6,4	16,4	16,6	16,8	16,9	17,1	17,5	17,8
7,8	15,1	15,4	15,5	15,6	15,8	16,2	16,4
9,4	13,7	13,9	14,1	14,2	14,4	14,7	14,9
8,7	14,3	14,6	14,7	14,8	15,0	15,4	15,5
10,7	12,5	12,8	12,9	13,0	13,1	13,5	13,6
13,0	10,5	10,7	10,8	10,9	11,0	11,3	11,4

Для трактора Беларус 1025 расчёты представим на примере «2 варианта», расчёты по остальным вариантам представим в табл. 10.

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

Для культиватора КНС-6,3  $R_a = 6,3 \times 1,7 + 0,15 \times 15,4 = 10,71 + 2,31 = 13,02$  кн.

**2 вариант.** Культиватор КПС-6. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию на передаче II

(9,4 км/ч) с тяговым усилием 13,9 кН с запасом тягового усилия.

$$W_{\text{ч}} = 0,1 \times 0,955 \times 6 \times 0,77 \times 9,4 \times 0,75 = 3,11 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{га}} = \frac{12,2 \times 0,75 + 6,71 \times 0,25}{3,11} = \frac{9,15 + 1,68}{3,11} = 3,48 \text{ кг/га}$$

Результаты расчетов влияния балластирования на производительность машинно-тракторного агрегата (МТА) на расход топлива представим в табл. 10.

**Таблица 10.** Влияние балластирования на производительность МТА, на расход топлива у агрегата в составе с трактором «Беларус 1025»

№ варианта	Марка СХМ	Часовая производительность, га/ч	Удельный расход топлива, кг/га
1	КПС-6	3,11	3,42
2	КПС-6	3,11	3,48
3	КПС-6	3,11	3,52
4	КПС-6	3,11	3,55
<b>5</b>	<b>КПС-6.3</b>	<b>3,27</b>	<b>3,42</b>
6	КПС-6,3	3,27	3,49
7	КПС-6.3	3,27	3,55

Определим оптимальный вариант догрузки балластными грузами трактора «Беларус 1025»: *1-й вариант* —  $1 + 1 = 2$  балла; *2-й вариант* —  $1 + 0,98 = 1,98$  балла; *3-й вариант* —  $1 + 0,97 = 1,97$  балла; *4-й вариант* —  $1 + 0,96 = 1,96$  балла; *5-й вариант* —  $1,05 + 1 = 2,05$  балла; *6-й вариант* —  $1,05 + 0,98 = 2,03$  балла; *7-й вариант* —  $1,05 + 0,96 = 2,01$  балла;

Оптимальным является *5-й вариант* догрузки.

Результаты расчетов, сравнительного анализа эксплуатационных свойств тракторов Zoomlion RN 1104, «Беларус 1025» представим в табл. 11.

**Таблица 11.** Сравнительный анализ эксплуатационных свойств тракторов

Марка трактора	Показатели				
	Эксплуатационная масса, кг	Мощность двигателя, кВт	Марка культиватора	Производительность агрегата, га/ч	Удельный расход топлива, кг/га
Zoomlion RN 1104	4655	81	КПС-6	3,87	2,95
Беларус 1025	4780	79	КПС-6.3	3,27	3,42

**Заключение.** Произведенные расчеты, анализ говорят о том, что тракторы с эксплуатационной массой 4 655 — 4 780 кг, мощностью двигателя 107,4 — 110 л.с. имеют практически одинаковую энергонасыщенность, соответственно, 1,52–1,77 кВт/кН — Zoomlion RN1104,  $\Theta = 1,58$ –1,72 кВт/кН — «Беларус 1025» [19–21]. Но из-за отсутствия колесных балластных грузов у трактора «Беларус 1025» при 5–7-м вариантах догрузки возникает необходимость использования навесной СХМ с увеличенной эксплуатационной массой для снижения нагрузки на переднюю ось. У Zoomlion RN1104, в силу наличия колесных балластных грузов такой проблемы нет. Используя индексный метод и взяв за базисный вариант эксплуатационные свойства трактора Zoomlion RN1104, мы имеем: Zoomlion RN904 — 2 балла, «Беларус 1025» —  $0,84 + 0,86 = 1,7$  балла. Т. е. трактор

#### Литература

1. Сельское хозяйство в России. 2021: стат. сб. / Росстат. М., 2021. 100 с.
2. Импорт тракторов в Россию [Электронный ресурс]. URL: <https://statimex.ru/statistic/8701/import/def/world/RU/> (дата обращения: 06.05.2022).
3. Импорт тракторов из Китая в Россию [Электронный ресурс]. URL: <https://statimex.ru/statistic/8701/import/def/CN/RU/> (дата обращения: 06.05.2022).
4. Импорт тракторов из Беларуси в Россию [Электронный ресурс]. URL:

Zoomlion RN 1104 имеет более высокие эксплуатационные свойства по сравнению с «Беларус 1025».

Заводам-изготовителям белорусских тракторов рекомендуем дополнить комплект балластных грузов колесными балластными грузами в соответствии с эксплуатационной массой трактора по аналогии с китайскими тракторами фирмы Zoomlion, европейскими и американскими аналогами.

Очень важное значение для эксплуатационных свойств тракторов имеет удельный расход топлива, так, для трактора «Беларус 1025» он составляет 234–249 г/кВт.ч. для трактора китайского производства — 220–225 г/кВт.ч.

<https://statimex.ru/statistic/8701/import/def/BY/RU/> (дата обращения: 06.05.2022).

5. Китайские тракторы: есть ли у техники будущее на российском рынке? (часть 1) [Электронный ресурс]. URL: <https://glavpahar.ru/articles/kitayskie-traktory-est-li-u-tehniki-budushchee-na-rossiyskom-rynke-chast-1> (дата обращения: 20.04.2022).
6. Китай стал лидером по производству сельхозтехники [Электронный ресурс]. URL: <https://chinalogist.ru/book/news/za-rubezhom/kitay-stal-liderom-po-proizvodstvu-selhoztehniki> (дата обращения: 21.04.2022).

7. Миллионы тракторов - мировые лидеры [Электронный ресурс]. URL: <https://zen.yandex.ru/media/tractor/milliony-traktorov-mirovye-lidery-5b4e28746a5ab500ab997a6e> (дата обращения: 21.04.2022).
8. Азия увеличивает свою долю в мировом объеме производства сельхозтехники [Электронный ресурс]. URL: <https://www.apk-inform.com/ru/exclusive/topic/1031731> (дата обращения: 21.04.2022).
9. Chervet A., Sturny W.G. Gut and others. Maximum allowable wheel load - a useful characteristic variable for practice // Swiss Agricultural Research. 2016. № 7-8. P. 330-337.
10. Messmer A. Tractor - the history of technology, damned head, four-wheel drive and electronics - the brain // GeraMond, 2011. 144 p.
11. Bauer F., Sedlak P. Influence of the load on the drive wheel on traction properties: tractor // Res. agr. English. 2000. № 1. P. 11-15.
12. Bulinski J., Sergiel L. Effect of wheel passage number and type inflation pressure on soil compaction in the wheel track // Annals of Warsaw Agr. Univ. Agriculture. Warsaw. 2013. № 62. P. 5-15.
13. Sergiel L., Bulinski J. Soil compaction changes in the area of wheel passage at different type pressure values // Annals of Warsaw Agr. Univ. Agriculture. Warsaw. 2016. № 67. P. 19-28.
14. Gapich D.S., Kosulnikov R.A., Vorobyeva N.S. Forecasting of towing indicators of tractors with 4k4 wheel arrangements // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2016. № 11 (11). P. 6801-6806.
15. Иовлев Г.А., Голдина И.И. Эксплуатационные свойства, балластирование, производительность машинно-тракторных агрегатов // Теория и практика мировой науки. 2022. № 3. С. 50-55.
16. Иовлев Г.А., Голдина И.И. Балластирование как способ повышения эксплуатационных свойств трактора // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2022. № 1 (46). С. 44-54.
17. Голдина И.И., Иовлев Г.А. Балластирование и эксплуатационные свойства тракторов // Науч.-технический вестник: технические системы в АПК. 2021. № 4 (12). С. 4-10.
18. БЕЛАРУС 1025 / 1025.2 / 1025.3. 1025-000010 РЭ. Руководство по эксплуатации. ОАО «МТЗ», 2008. 207 с.
19. Кутьков Г.М. Развитие технической концепции трактора // Тракторы и сельхозмашины. 2019. № 1. С. 27-35.
20. Кутьков Г.М. К вопросу развития теории трактора // Тракторы и сельхозмашины. 2021. № 3. С. 6-19.
21. Сиркин А.С., Жуков Д.В., Клубничкин В.Е. Некоторые вопросы энергонасыщенности сельскохозяйственных тракторов // Символ науки: междунар. науч. журнал. 2018. № 1-2. С. 33-39.
4. Import of tractors from Belarus to Russia [Elektronnyj resurs]. URL: <https://statimex.ru/statistic/8701/import/def/BY/RU/> (data obrashcheniya: 06.05.2022).
5. Chinese tractors: does the equipment have a future in the Russian market? (part 1) [Elektronnyj resurs]. URL: <https://glavpahar.ru/articles/kitayskie-traktory-est-li-u-tehniki-budushchee-na-rossijskom-rynke-chast-1> (data obrashcheniya: 20.04.2022).
6. China has become a leader in the production of agricultural machinery [Elektronnyj resurs]. URL: <https://chinalogist.ru/book/news/za-rubezhom/kitay-stal-liderom-po-proizvodstvu-selhoztehniki> (data obrashcheniya: 21.04.2022).
7. Millions of tractors - world leaders [Elektronnyj resurs]. URL: <https://zen.yandex.ru/media/tractor/milliony-traktorov-mirovye-lidery-5b4e28746a5ab500ab997a6e> (data obrashcheniya: 21.04.2022).
8. Asia increases its share in the global production of agricultural machinery [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.apk-inform.com/ru/exclusive/topic/1031731> (data obrashcheniya: 21.04.2022).
9. Chervet A., Sturny W.G. Gut and others. Maximum allowable wheel load - a useful characteristic variable for practice // Swiss Agricultural Research. 2016. № 7-8. P. 330-337.
10. Messmer A. Tractor - the history of technology, damned head, four-wheel drive and electronics - the brain // GeraMond, 2011. 144 p.
11. Bauer F., Sedlak P. Influence of the load on the drive wheel on traction properties: tractor // Res. agr. English. 2000. № 1. P. 11-15.
12. Bulinski J., Sergiel L. Effect of wheel passage number and type inflation pressure on soil compaction in the wheel track // Annals of Warsaw Agr. Univ. Agriculture. Warsaw. 2013. № 62. P. 5-15.
13. Sergiel L., Bulinski J. Soil compaction changes in the area of wheel passage at different type pressure values // Annals of Warsaw Agr. Univ. Agriculture. Warsaw. 2016. № 67. P. 19-28.
14. Gapich D.S., Kosulnikov R.A., Vorobyeva N.S. Forecasting of towing indicators of tractors with 4k4 wheel arrangements // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2016. № 11 (11). P. 6801-6806.
15. Iovlev G.A., Goldina I.I. Operational properties, ballasting, productivity of machine-tractor units // Theory and practice of the world science. 2022. № 3. P. 50-55.
16. Iovlev G.A., Goldina I.I. Ballasting as a way to improve the operational properties of the tractor // Elektrotehnologii i elektrooborudovanie v APK. 2022. № 1 (46). P. 44-54.
17. Goldina I.I., Iovlev G.A. Ballasting and operational properties of tractors // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. № 4 (12). P. 4-10.
18. БЕЛАРУС 1025 / 1025.2 / 1025.3. 1025-000010 RE. Instruction Manual. ОАО «МТЗ», 2008. 207 p.
19. Kut'kov G.M. Tractors and agricultural machines // Tractors and Agricultural Machinery. 2019. № 1. P. 27-35.
20. Kut'kov G.M. On the development of the theory of the tractor // Tractors and Agricultural Machinery. 2021. № 3. P. 6-19.
21. Sirkin A.S., Zhukov D.V., Klubnichkin V.E. Some questions of energy saturation of agricultural tractors // Symbol of science: international scientific journal. 2018. № 1-2. P. 33-39.

#### References

1. Agriculture in Russia. 2021: stat. sb. / Rosstat. M., 2021. 100 p.
2. Import of tractors to Russia [Elektronnyj resurs]. URL: <https://statimex.ru/statistic/8701/import/def/world/RU/> (data obrashcheniya: 06.05.2022).
3. Import of tractors from China to Russia [Elektronnyj resurs]. URL: <https://statimex.ru/statistic/8701/import/def/CN/RU/> (data obrashcheniya: 06.05.2022).