

DOI 10.46320/2077-7639-2023-2-117-62-75

# Оценка технико-экономических показателей использования сельскохозяйственной техники

Иовлев Г.А., Голдина И.И.

Актуальность исследования определяется тем, что с российского рынка сельскохозяйственной техники ушли европейские и американские производители, на рынок стали поступать тракторы китайского, индийского производства и др. азиатских производителей. В результате поставки тракторов для сельского хозяйства из Китая, в диапазоне мощности двигателя свыше 40 л.с., за последние три года увеличились в 5,1 раза, при одновременном резком снижении «параллельного импорта» через Китай тракторов производства ведущих зарубежных фирм. В тоже время доля китайского импорта на рынке сельскохозяйственных тракторов в 2022 году составила всего 14,4%. На российском рынке появились тракторы марки Zoomlion, затем УТО, Lovol и в 2023 году - AGROAPOLLO и Ensign. Представленные тракторы, в равных диапазонах мощности двигателя, имеют практически равные технико-экономические показатели, отличаются друг от друга разной эксплуатационной массой, разным количеством и распределением балластных грузов, разным удельным расходом топлива. Выбор трактора можно сделать по его эксплуатационным свойствам. В данной статье предложено оценить эксплуатационные свойства по производительности машинно-тракторного агрегата и по удельному расходу топлива при выполнении технологической операции культивации.

Для определения эксплуатационных свойств предложены варианты балластирования, для увеличения тягового усилия трактора, с учётом энергонасыщенности трактора. По оптимальной загрузке, с учётом коэффициента запаса тягового усилия, выбраны рабочие скорости, обеспечивающие максимальную производительность и минимальный расход топлива на один га обработанной площади. Для тракторов с мощностью двигателя 90 л.с. наилучшие эксплуатационные свойства у AGROAPOLLO CFG904B, что выше по производительности до 40%, по удельному расходу топлива ниже до 20% других тракторов китайского производства. Для тракторов в диапазоне 100 л.с., 120 л.с., 200-230 л.с. сравнительный анализ сделан для тракторов китайского производства и тракторов Беларус соответствующего тягового класса.

Для цитирования

ГОСТ 7.1-2003

Иовлев Г.А., Голдина И.И. Оценка технико-экономических показателей использования сельскохозяйственной техники // Дискуссия. – 2023. – Вып. 117. – С. 62–75.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Рынок, импорт, производство тракторов, балластные грузы, энергонасыщенность, тяговое усилие, тяговое сопротивление, варианты догрузки, производительность, расход топлива.

JEL: O130, P320, Q120, Q13, Q160

DOI 10.46320/2077-7639-2023-2-117-62-75

# Assessment of technical and economic indicators of agricultural machinery utilization

Iovlev G.A., Goldina I.I.

The relevance of the study is determined by the fact that European and American manufacturers left the Russian market of agricultural machinery, tractors of Chinese, Indian production, and other Asian manufacturers began to enter the market. As a result, deliveries of tractors for agriculture from China (the engine power range over 40 hp) have increased by 5.1 times over the past three years, while at the same time a sharp decrease in “parallel imports” of tractors manufactured by leading foreign companies through China occurred. The share of Chinese imports in the agricultural tractor market in 2022 was only 14.4%. Zoomlion, Lovol, YTO, AGROAPOLLO and Ensign tractors appeared on the Russian market. The presented tractors, in equal ranges of engine power, have almost equal technical and economic indicators, differ in operating weights, amounts and distribution of ballast weights, specific fuel consumption. The choice of a tractor can be made according to its operational properties. In this article, it is proposed to evaluate the performance properties according to the machine-tractor unit capacity and according to the specific fuel consumption during the cultivation technological operation.

To determine the operational properties, ballasting options are proposed to increase the tractive effort of the tractor, taking into account the energy saturation of the tractor. According to the optimal load, taking into account the traction force reserve factor, the operating speeds were selected to ensure maximum productivity and minimum fuel consumption per hectare of the cultivated area. AGROAPOLLO CFG904B tractor (an engine power of 90 hp) has the best operational properties, which is up to 40% higher in productivity, up to 20% lower in specific fuel consumption than other Chinese tractors. We carried out a comparative analysis of Chinese and Belarus tractors in the range of 100, 120, 200-230 hp of the corresponding traction class.

#### FOR CITATION

Iovlev G.A., Goldina I.I. Assessment of technical and economic indicators of agricultural machinery utilization. *Diskussiya [Discussion]*, 117, 62–75

#### APA

#### KEYWORDS

Market, import, tractor production, ballast weights, energy saturation, tractive effort, traction resistance, additional loading options, productivity, fuel consumption.

JEL: O130, P320, Q120, Q13, Q160

## ВВЕДЕНИЕ (INTRODUCTION).

В силу сложившейся внешнеполитической ситуации в России, основные производители и поставщики сельскохозяйственных тракторов, представляющие европейские и американские корпорации, ушли с российского рынка. Тракторы данных фирм-производителей производились и поставлялись на рынок России с широким диапазоном мощности – от 40 л.с. до 500 л.с. и более. Но рынок не терпит «пустоты», для ведения эффективного сельскохозяйственного производства нужны сельхозтоваропроизводителю тракторы, зерно- и кормоуборочный комбайны. По итогам 2022 года в сельскохозяйственных организациях России осталось менее 200 тыс. тракторов из которых более 60% старше 10 лет. Поэтому на российский рынок стали активно пробиваться азиатские производители: китайские, индийские. Незначительную часть рынка закрывает так называемый «параллельный импорт», реализуемый через «третьи» страны.

Сельскохозяйственные тракторы китайских производителей представлены различными марками разных фирм. Производством сельскохозяйственной техники в Китае занимаются мощные государственные корпорации и частные организации, которые производят десятки моделей и марок тракторов, зерно- и кормоуборочных комбайнов, прицепной сельскохозяйственной техники. Техника имеет самые различные технико-экономические показатели, показатели надёжности, работоспособности. В силу того, что на российском рынке в последние десятилетия были представлены тракторы европейских и американских фирм-производителей, для российского сельхозтоваропроизводителя китайская сельскохозяйственная техника оказалась неизвестной, малоизученной. Немаловажным ещё является и тот фактор, что в результате сложившихся национальных особенностей, в китайском сельском хозяйстве используются тракторы с небольшой мощностью двигателя, производством энергонасыщенных тракторов занимаются немногие фирмы, в небольших объёмах. Серьёзным конкурентом китайским тракторам являются тракторы белорусского производства, которые десятилетиями эксплуатируются в сельском хозяйстве России. Для российского сельхозтоваропроизводителя актуальным является вопрос правильного выбора среди тракторов китайского производства или трактора белорусского производства. Поэтому, ответ на этот вопрос является целью данного исследования.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Материалом для исследований послужили статистические данные по формированию рынка сельскохозяйственных тракторов по наличию тракторов в сельскохозяйственном производстве России, данные ведущих фирм-производителей сельскохозяйственной техники Китая, технические характеристики тракторов белорусско-российского и китайского производства, ранее проведённые исследования по определению эксплуатационных свойств тракторов. Методы: статистический, расчётный, сравнения, программно-целевой, экономико-математического моделирования и др.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ (RESULTS).

Доля китайского импорта на рынке сельскохозяйственных тракторов в 2022 году составила всего 14,4%, динамику развития импорта поставок тракторов китайского производства и «параллельного импорта» тракторов европейских и американских брендов представим на рис. 1 [1].

«Параллельный импорт» представлен тракторами марок: Case IH, Deutz Fahr, John Deer, Massey Ferguson.

На данном рисунке представлен импорт тракторов с мощностью двигателя от 40 л.с. и выше. Необходимо отметить, что доля тракторов данного диапазона мощности двигателя составляет 2,4% от общих поставок всех видов тракторов в Россию. Поставки тракторов китайского производства за три года увеличились в 5,1 раза, «параллельный импорт» через Китай при этом снизился в 2,6 раза.

На российском рынке представлены тракторы следующих фирм: Foton Lovol International Heavy Industry (Lovol Heavy Industry Co., Ltd); Changzhou Dongfeng Agricultural Machinery Group Co., Ltd.; YTO Group Corporation; Zoomlion Agriculture Machinery Co., Ltd.; Shifeng Group Co., Ltd.; Weichai Power Co. Ltd.

Производство тракторов всех диапазонов мощности в Китае за последние годы представлено на рис. 2 [2].

Из представленной информации на рис. 2, видно, что среднегодовое увеличение производства за последние пять лет составило 7,6%.

На российском рынке представлены тракторы следующих фирм: Foton Lovol International Heavy Industry (Lovol Heavy Industry Co., Ltd); Changzhou Dongfeng Agricultural Machinery Group Co., Ltd.; YTO Group Corporation; Zoomlion Agriculture Machinery Co., Ltd.; Shifeng Group Co., Ltd.; Weichai Power Co. Ltd.

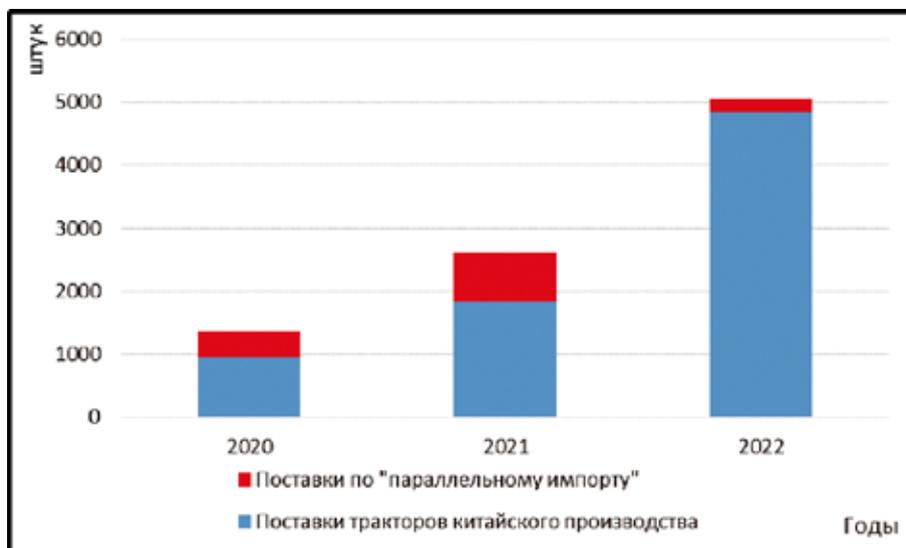


Рисунок 1. Поставки тракторов сельскохозяйственного назначения из Китая<sup>1</sup>.

1 Источник: составлено автором по данным: Китайский захват. Что ждёт российский рынок тракторов в 2023 году. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/opinion/article/39990-kitayskiy-zakhvat-cto-zhdyet-rossiyskiy-rynok-traktorov-v-2023-godu>.

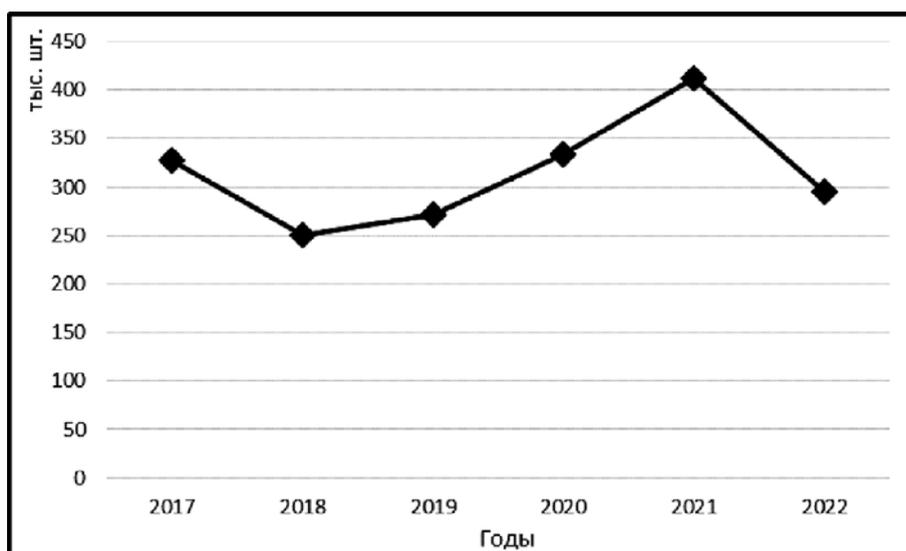


Рисунок 2. Производство тракторов в Китае<sup>2</sup>.

2 Источник: составлено автором по данным: Экспорт китайских тракторов в Россию составил около 5 млн. долл. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://marketing.rbc.ru/articles/13698/>

Первыми на российском рынке (в Свердловской области) в 2022 году на выставке-продаже сельскохозяйственной техники «Урал-Агро-2022» (Б-Истокская РТПС) были представлены тракторы марки Zoomlion, на выставке «Агропром Урал» (МВЦ «Екатеринбург-ЭКСПО») – тракторы марки УТО, затем ООО Агро Проф были представлены тракторы марки Lovol. В 2023 году на выставке «Урал-Агро-2023» были представлены тракторы марки AGROAPOLLO и Ensign. На выставке был

также представлен трактор индийского производства Solis 90.

Для ознакомления с техническими характеристиками тракторов, кратко представим основные из них в табл. 1.

Из информации, представленной в табл. 1, видно, что тракторы имеют двигатели разных фирм, но имеют одинаковую мощность, имеют разные рабочие объёмы двигателя, в результате имеют разные показатели съёма мощности с од-

Таблица 1<sup>3</sup>

## Технические характеристики тракторов с мощностью двигателя 90 л.с.

Двигатель	Марка	Номинальная мощность, л.с./кВт	Объём двигателя, л	Удельный расход топлива, г/кВт. ч.
Zoomlion RN904	Yuchai	90/66,2	4,837	230
YTO-X904	LR4M5-23	90/66,2	5,61	235
LOVOL TD904	Huafeng 4R	90/66,2	4,67	250
AGROAPOLLO CFG904B	Changfa YC4A105-T310	90/66,2	4,32	235
КПП	Количество передач		Диапазон передач	
Zoomlion RN904	16R		1,58-33,69	
YTO-X904	12R		1,65-37,5	
LOVOL TD904	8R/16R		2,2-33,3/1,5-32,2	
AGROAPOLLO CFG904B	12R		2,67-36,01	
Шины	Передние		Задние	
Zoomlion RN904	12,4-26		16,9-34	
YTO-X904	13,6-24		16,9-34	
LOVOL TD904	11,2-24		16,9-34	
AGROAPOLLO CFG904B	12,6-28		16,9-34	
Балластные грузы, кг	Передние		Задние	
Zoomlion RN904	11×20		До 4-х ×40 на колесо	
YTO-X904	6×40 + держатель 130 кг		До 4-х ×50 на колесо	
LOVOL TD904	11×28 + держатель 47 кг		До 6-ти ×40 на колесо	
AGROAPOLLO CFG904B	10×40		До 4-х ×50 на колесо	
Эксплуатационная масса, кг				
Zoomlion RN904	4350			
YTO-X904	3920			
LOVOL TD904	4155			
AGROAPOLLO CFG904B	4130			

3 Источник: составлено автором по данным: Lovol Heavy Industry Group Co., Ltd. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://en.weichai.com/>; China Machinery Industry Group Co., Ltd. (SINOMACH). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.sinomach.com.cn/>; Shifeng Group. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.shifeng.com.cn>; China Yituo Group Co., Ltd. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.yituo.com.cn>; Zoomlion Heavy Industry Science & Technology Co., Ltd. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://en.zoomlion.com/>; YTO Group. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ytocorp.com/>

ного литра рабочего объёма (от 16 до 20,8 л.с./л), что в свою очередь сказывается на удельном расходе топлива (от 230 до 250 г/кВт. ч.). Тракторы укомплектованы шинами задними одного размера, передние шины имеют разную размерность, что предопределяет распределение эксплуатационной массы на переднюю ось, так у трактора LOVOL TD904 с передними шинами 11,2-24 на переднюю ось приходится 37,7%, у AGROAPOLLO CFG904B с шинами 12,6-28 – 45,4%.

У тракторов разная доля балластных грузов от эксплуатационной массы, составляет от 12,4% (Zoomlion RN904) до 20,1% (LOVOL TD904). Критерием для определения оптимальной массы балластных грузов является энергонасыщенность трактора. Максимальная энергонасыщенность у YTO-X904 (1,72 кВт/кН), минимальная у Zoomlion RN904 (1,55 кВт/кН). Приняв за минимальный по-

казатель энергонасыщенности, для «тягово-энергетической» концепции трактора, равный 1,3 кВт/кН [3], можно сделать заключение о том, что при использовании балластных грузов наименьший показатель у трактора LOVOL TD904 (1,35 кВт/кН), т.е. у трактора, при его эксплуатационной массе, практически оптимальное количество балластных грузов. Для других тракторов, для повышения тяговых свойств, можно увеличивать заводской комплект балластных грузов: для AGROAPOLLO CFG904B до 12 передних грузов, для Zoomlion RN904 до 16 передних грузов, для YTO-X904 до 8 передних грузов, до 6 грузов на задние колёса.

Все представленные тракторы имеют КПП с 12-ю или 16-ю основными передачами, с диапазоном от 1,5 км/ч до 36,01 км/ч. Трактор LOVOL TD904 может быть представлен в комплектации с КПП на 8 передач и на 16 передач. Большее коли-

чество передач предполагает более эффективное использование тяговых свойств трактора.

Для ознакомления с тракторами AGROAPOLLO, в табл. 2 представим их основные технические характеристики.

Для определения эксплуатационных свойств и сравнительного анализа с тракторами других китайских производителей, предложим варианты догрузки трактора балластными грузами с учётом распределения веса между осями.

Для AGROAPOLLO CFG904B.

Варианты догрузки: 1 вариант – без догрузки; 2 вариант – по 2 задних груза по 45 кг на колесо; 3 вариант – 2 передних груза по 40 кг + 2 задних груза по 45 кг на колесо; 4 вариант – 4 передних груза по 40 кг + 2 задних груза по 45 кг на колесо;

5 вариант – 4 передних груза по 40 кг + 4 задних груза по 45 кг на колесо; 6 вариант – 6 передних грузов по 40 кг + 4 задних груза по 45 кг на колесо; 7 вариант – 8 передних грузов по 40 кг + 4 задних груза по 45 кг на колесо; 8 вариант – 8 передних грузов по 40 кг + 6 задних грузов по 45 кг на колесо; 9 вариант – 10 передних грузов по 40 кг + 6 задних грузов по 45 кг на колесо.

Результаты расчётов по определению эксплуатационного веса, энергонасыщенности, номинального тягового усилия представим в табл. 3.

Используя номинальные тяговые усилия, полученные при разных вариантах догрузки, определим тяговые усилия на различных рабочих передачах, результаты расчётов представим в табл. 4.

Таблица 2<sup>4</sup>.

Технические характеристики тракторов AGROAPOLLO

Марка трактора	Технические характеристики			
	Эксплуатационная масса, кг	Номинальная мощность двигателя, кВт	Энергонасыщенность, кВт/кН	Балластные грузы, кг
AGROAPOLLO CFG904B	4130	66,2	1,64	П. 10×40, З. до 6×45 на колесо
AGROAPOLLO CFG1004B	4130	73,3	1,82	П. 12×40, З. до 6×45 на колесо
AGROAPOLLO CFG1204B	4400	88,3	2,04	П. 12×40, З. до 6×50 на колесо
AGROAPOLLO CFJ2004B	6100	147,1	2,46	П. 20×40, З. до 6×50 на колесо
AGROAPOLLO CFJ2204B	6400	161,8	2,58	П. 20×40, З. до 6×50 на колесо

<sup>4</sup> Источник: составлено автором по данным: Трактор CFG 904B (4х4, 90 л.с.). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tsam38.ru/magazin/product/cfg-904b-4h4-90-l-s>; Трактор CFG 1004-B (4х4, 100 л.с.). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tsam38.ru/magazin/product/cfg-1004b-4h4-100-l-s>; Трактор CFG 1204-B (4х4, 120 л.с.). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tsam38.ru/magazin/product/cfg-1204-b-4h4-120-l-s>; Трактор CFJ 2004 (4х4, 200 л.с.). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tsam38.ru/magazin/product/cfj-2004-4h4-220-l-s>; Трактор CFJ 2204 (4х4, 220 л.с.). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tsam38.ru/magazin/product/cfj-2204-4h4-220-l-s>.

Таблица 3.

Результаты расчётов показателей для трактора AGROAPOLLO CFG904B в соответствии с вариантами балластирования

№ варианта	Передняя ось, кг		Задняя ось, кг		Эксплуатационный вес, кг	Энергонасыщенность, кВт/кН	Номинальное тяговое усилие, кН
	Значение	%	Значение	%			
1	1875	45,4	2255	54,6	4130	1,64	15,9
2	1875	43,5	2435	56,5	4310	1,56	16,6
3	1955	44,5	2435	55,5	4390	1,54	16,9
4	2035	45,5	2435	54,5	4470	1,52	17,2
5	2035	43,8	2615	56,2	4650	1,45	17,9
6	2115	44,7	2615	55,3	4730	1,43	18,2
7	2195	45,6	2615	54,4	4810	1,4	18,5
8	2195	44,0	2795	56,0	4990	1,35	19,2
9	2275	44,9	2795	55,1	5070	1,33	19,5

Источник: составлено автором.

Таблица 4.

Тяговые усилия трактора AGROAPOLLO CFG904B на различных передачах при различных вариантах догрузки.

Рабочая скорость, км/ч	Тяговое усилие, кН								
	І3 4,18	15,9	16,6	16,9	17,2	17,9	18,2	18,5	19,2
І4 5,23	15,1	15,8	16,1	16,3	17,0	17,3	17,4	18,2	18,5
ІІ1 6,75	14,0	14,6	14,8	15,1	15,7	16,0	16,3	16,9	17,1
ІІ2 8,47	12,7	13,2	13,5	13,7	14,2	14,5	14,8	15,3	15,5
ІІ3 10,58	11,1	11,6	11,8	12,0	12,5	12,7	12,9	13,4	13,6
ІІ4 13,24	9,09	9,49	9,66	9,83	10,2	10,4	10,6	11,0	11,1

Источник: составлено автором.

Для оценки влияния балластирования на эксплуатационные свойства, т.е. на производительность машинно-тракторного агрегата (МТА), на расход топлива произведём расчёты по формированию МТА для выполнения технологической операции культивация.

Исходные данные для расчётов: удельное сопротивление – 1,7 кН/м, коэффициент сопротивления перекачиванию – 0,15, запас тягового усилия 7,5%. При расчётах 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:

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

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:  $\xi_V = \frac{V_p}{V_T}$ .  $\xi_V = 0,77$  для тракторов кл. 1,4-2 тс;  $\xi_V = 0,81$  для тракторов кл. 3 тс.

$\tau$  – коэффициент использования времени смены:  $\tau = \frac{t_p}{t_{см}}$ . При хорошей организации труда и нормальных условиях эксплуатации  $\tau = 0,7-0,8$ .

Расчёт 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 вы-

полнении 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 расчётным путём через удельный расход топлива на 1 эф. л.с. и степень загрузки двигателя.

Для культиватора КПС-4  $R_a = 4 \times 1,7 + 0,15 \times 7,96 = 6,8 + 1,19 = 7,99$  кН.

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

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

### 1 вариант.

Культиватор **КПС-4**. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию на передаче ІІ4 (13,24 км/ч) с тяговым усилием 9,09 кН с запасом тягового усилия.

$$W_{ч} = 0,1 \times 0,955 \times 4 \times 0,77 \times 13,24 \times 0,75 = 2,92 \text{ га/ч}$$

$$g_{ГА} = \frac{9,23 \times 0,75 + 5,02 \times 0,25}{2,92} = \frac{6,92 + 1,25}{2,92} = 2,8 \text{ кг/га}$$

### 2 вариант.

Культиватор **КПС-5**. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию на передаче ІІ3 (10,58 км/ч) с тяговым усилием 11,6 кН с запасом тягового усилия.

$$W_{ч} = 0,1 \times 0,955 \times 5 \times 0,77 \times 10,58 \times 0,75 = 2,92 \text{ га/ч}$$

$$g_{ГА} = \frac{9,63 \times 0,75 + 5,24 \times 0,25}{2,92} = \frac{7,22 + 1,31}{2,92} = 2,92 \text{ кг/га}$$

### 3 вариант.

Культиватор **КПС-5**. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию на передаче ІІ3 (10,58 км/ч) с тяговым усилием 11,8 кН с запасом тягового усилия.

$$W_{ч} = 0,1 \times 0,955 \times 5 \times 0,77 \times 10,58 \times 0,75 = 2,92 \text{ га/ч}$$

$$g_{ГА} = \frac{9,81 \times 0,75 + 5,34 \times 0,25}{2,92} = \frac{7,36 + 1,33}{2,92} = 2,98 \text{ кг/га}$$

#### 4 вариант.

Культиватор **КПС-5**. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию на передаче ПЗ (10,58 км/ч) с тяговым усилием 12 кН с запасом тягового усилия.

$$W_{\text{ч}} = 0,1 \times 0,955 \times 5 \times 0,77 \times 10,58 \times 0,75 = 2,92 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{9,99 \times 0,75 + 5,43 \times 0,25}{2,92} = \frac{7,49 + 1,36}{2,92} = 3,03 \text{ кг/га}$$

#### 5 вариант.

Культиватор **КПС-5**. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию на передаче ПЗ (10,58 км/ч) с тяговым усилием 12,5 кН с запасом тягового усилия.

$$W_{\text{ч}} = 0,1 \times 0,955 \times 5 \times 0,77 \times 10,58 \times 0,75 = 2,92 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{10,4 \times 0,75 + 5,65 \times 0,25}{2,92} = \frac{7,8 + 1,41}{2,92} = 3,15 \text{ кг/га}$$

#### 6 вариант.

Культиватор **КПС-5**. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию на передаче ПЗ (10,58 км/ч) с тяговым усилием 12,7 кН с запасом тягового усилия.

$$W_{\text{ч}} = 0,1 \times 0,955 \times 5 \times 0,77 \times 10,58 \times 0,75 = 2,92 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{10,6 \times 0,75 + 5,75 \times 0,25}{2,92} = \frac{7,95 + 1,44}{2,92} = 3,22 \text{ кг/га}$$

#### 7 вариант.

Культиватор **КПС-5**. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию на передаче ПЗ (10,58 км/ч) с тяговым усилием 12,9 кН с запасом тягового усилия.

$$W_{\text{ч}} = 0,1 \times 0,955 \times 5 \times 0,77 \times 10,58 \times 0,75 = 2,92 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{10,7 \times 0,75 + 5,85 \times 0,25}{2,92} = \frac{8,02 + 1,46}{2,92} = 3,24 \text{ кг/га}$$

#### 8 вариант.

Культиватор **КПС-6**. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию на передаче ПЗ

(10,58 км/ч) с тяговым усилием 13,4 кН с запасом тягового усилия.

$$W_{\text{ч}} = 0,1 \times 0,955 \times 6 \times 0,77 \times 10,58 \times 0,75 = 4,55 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{11,1 \times 0,75 + 6,06 \times 0,25}{4,55} = \frac{8,32 + 1,51}{4,55} = 2,16 \text{ кг/га}$$

#### 9 вариант.

Культиватор **КПС-6**. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию на передаче ПЗ (10,58 км/ч) с тяговым усилием 13,6 кН с запасом тягового усилия.

$$W_{\text{ч}} = 0,1 \times 0,955 \times 6 \times 0,77 \times 10,58 \times 0,75 = 4,55 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{11,3 \times 0,75 + 6,16 \times 0,25}{4,55} = \frac{8,47 + 1,54}{4,55} = 2,2 \text{ кг/га}$$

Результаты расчётов влияния балластирования на производительность машинно-тракторного агрегата (МТА), на расход топлива представим в табл. 5.

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

1-й вариант – 1 + 1 = 2 балла; 2-й вариант – 1 + 0,96 = 1,96 балла; 3-й вариант – 1 + 0,94 = 1,94 балла; 4-й вариант – 1 + 0,92 = 1,92 балла; 5-й вариант – 1 + 0,89 = 1,89 балла; 6-й вариант – 1 + 0,87 = 1,87 балла; 7-й вариант – 1 + 0,86 = 1,86 балла; **8-й вариант – 1,56 + 1,3 = 2,86 балла**; 9-й вариант – 1,56 + 1,27 = 2,83 балла.

Оптимальным вариантом догрузки, обеспечивающим лучшие эксплуатационные показатели, является 8-й вариант.

Сравнительный анализ эксплуатационных свойств тракторов китайского производства с мощностью двигателя 90 л.с. (66,2 кВт) по выполненным ранее исследованиям [4], [5], [6] представлен в табл. 6.

Используя индексный метод имеем следующее: Zoomlion RN 904 – 1 + 1 = 2 балла; УТО-Х904 –

Таблица 5.

Влияние балластирования на производительность МТА, на расход топлива у агрегата в составе с трактором AGROAPOLLO CFG904B

№ варианта	Марка СХМ	Часовая производительность, га/ч	Удельный расход топлива, кг/га
1	КПС-4	2,92	2,8
2	КПС-5	2,92	2,92
3	КПС-5	2,92	2,98
4	КПС-5	2,92	3,03
5	КПС-5	2,92	3,15
6	КПС-5	2,92	3,22
7	КПС-5	2,92	3,24
8	КПС-6	4,55	2,16
9	КПС-6	4,55	2,2

Источник: составлено автором.

Таблица 6.

## Сравнительный анализ эксплуатационных свойств тракторов

Марка трактора	Показатели		
	Марка культиватора	Производительность агрегата, га/ч	Удельный расход топлива, кг/га
Zoomlion RN 904	КПС-6	3,41	2,6
УТО-Х904	КПС-6	3,33	2,74
LOVOL TD904 (16F)	КПС-5	3,09	2,87
	КПС-6	3,18	2,95
LOVOL TD904 (8F)	КПС-4	3,29	2,61
AGROAPOLLO CFG904B	КПС-6	4,55	2,16

Источник: составлено автором.

0,98 + 0,95 = 1,93 балла; LOVOL TD904 (16F) с культиватором КПС-5 – 0,91 + 0,91 = 1,82 балла; LOVOL TD904 (16F) с культиватором КПС-6 – 0,93 + 0,88 = 1,81 балла; LOVOL TD904 (8F) – 0,96 + 1 = 1,96 балла; AGROAPOLLO CFG904B – 1,33 + 1,2 = 2,53 балла.

Для AGROAPOLLO CFG1004B.

Варианты догрузки: от варианта «без догрузки», до варианта – 12 передних грузов по 40 кг + 6 задних грузов по 45 кг на колесо. Всего 10 вариантов догрузки. В силу того, что тракторы AGROAPOLLO CFG904B и AGROAPOLLO CFG1004B отличаются мощностью двигателя и составом комплекта балластных грузов, то расчёт по определению эксплуатационного веса, энергонасыщенности, номинального тягового усилия необходимо представить для варианта балластирования №10: эксплуатационный вес – 5150 кг, энергонасыщенность – 1,45 кВт/кН, номинальное тяговое усилие – 19,8 кН.

### 10 вариант.

Культиватор **КПС-6**. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию на передаче II3 (10,58 км/ч) с тяговым усилием 13,8 кН с запасом тягового усилия.

$$W_{\text{ч}} = 0,1 \times 0,955 \times 6 \times 0,77 \times 10,58 \times 0,75 = 4,55 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{га}} = \frac{12,76 \times 0,75 + 6,93 \times 0,25}{4,55} = \frac{9,57 + 1,73}{4,55} = 2,48 \text{ кг/га}$$

В результате для трактора AGROAPOLLO CFG1004B оптимальным вариантом будет агрегат в составе с культиватором КПС-6, с часовой производительностью 4,55 га/ч, с удельным расходом топлива 2,41 кг/га.

Так как у китайских производителей отсутствует трактор с мощностью двигателя 100 л.с., сравнительный анализ проведём с трактором Беларус 1025 [7], данные представим в табл. 7.

Для AGROAPOLLO CFG1204B.

Варианты догрузки: от варианта «без догрузки», до варианта – 12 передних грузов по 40 кг + 6 задних грузов по 50 кг на колесо.

Для трактора AGROAPOLLO CFG1204B оптимальным вариантом будет агрегат в составе с культиватором КПС-5, с часовой производительностью 3,88 га/ч, с удельным расходом топлива 3,27 кг/га.

Так как у китайских производителей отсутствует трактор с мощностью двигателя 120 л.с., сравнительный анализ проведём с трактором Беларус 1221 [8], данные представим в табл. 8.

Таблица 7.

## Сравнительный анализ эксплуатационных свойств тракторов

Марка трактора	Показатели		
	Марка культиватора	Производительность агрегата, га/ч	Удельный расход топлива, кг/га
Беларус 1025	КНС-6,3	3,27	3,42
AGROAPOLLO CFG1004B	КПС-6	4,55	2,16

Источник: составлено автором.

Таблица 8.

## Сравнительный анализ эксплуатационных свойств тракторов

Марка трактора	Показатели		
	Марка культиватора	Производительность агрегата, га/ч	Удельный расход топлива, кг/га
Беларус 1221	КНС-6,3	4,53	3,5
AGROAPOLLO CFG1204B	КПС-5	3,88	3,27

Источник: составлено автором.

Для AGROAPOLLO CFJ2004B, AGROAPOLLO CFJ2204B.

Варианты догрузки: от варианта «без догрузки», до варианта – 20 передних грузов по 40 кг + 6 задних грузов по 50 кг на колесо.

Для трактора AGROAPOLLO CFJ2004B оптимальным вариантом будет агрегат в составе с культиватором КПМ-8, с часовой производительностью 5,56 га/ч, с удельным расходом топлива 3,84 кг/га. Необходимо отметить, что для снижения нагрузки на переднюю ось, для вариантов догрузки № 9 и № 10, было предусмотрено использование культиватора с большей шириной захвата, поэтому предусмотрено использование КПМ-10, с шириной захвата 10 м. Поэтому в соответствии с тяговым усилием, на передаче III2, с рабочей скоростью 7,88 км/ч – 23,8 кН, производительность машинно-тракторного агрегата составила 4,57 га/ч с удельным расходом топлива 4,78-4,89 кг/га.

Для трактора AGROAPOLLO CFJ2204B оптимальным вариантом будет агрегат в составе с культиватором КПМ-8, с часовой производитель-

ностью 5,89 га/ч, с удельным расходом топлива 3,97 кг/га. При вариантах догрузки № 9 и № 10 более оптимальными являются агрегаты в составе AGROAPOLLO CFJ2204B + КПК-7 (9 вариант) и AGROAPOLLO CFJ2204B + КПК-7,2 (10 вариант), но для снижения нагрузки на переднюю ось необходимо использовать культиваторы с большей шириной захвата, поэтому эксплуатационные свойства рассмотрены для агрегатов в составе с культиватором КПМ-8.

Сравнительный анализ эксплуатационных свойств проведём для тракторов Беларус 2122.6, Zoomlion PL2304 и тракторов AGROAPOLLO с мощностью двигателя 200-220 л.с. Результаты представим в табл. 9.

Результаты сравнительного анализа тракторов семейства Беларус и тракторов различных китайских производителей различных диапазонов мощности (тяговых классов) представлены на рис. 3.

#### ОБСУЖДЕНИЕ.

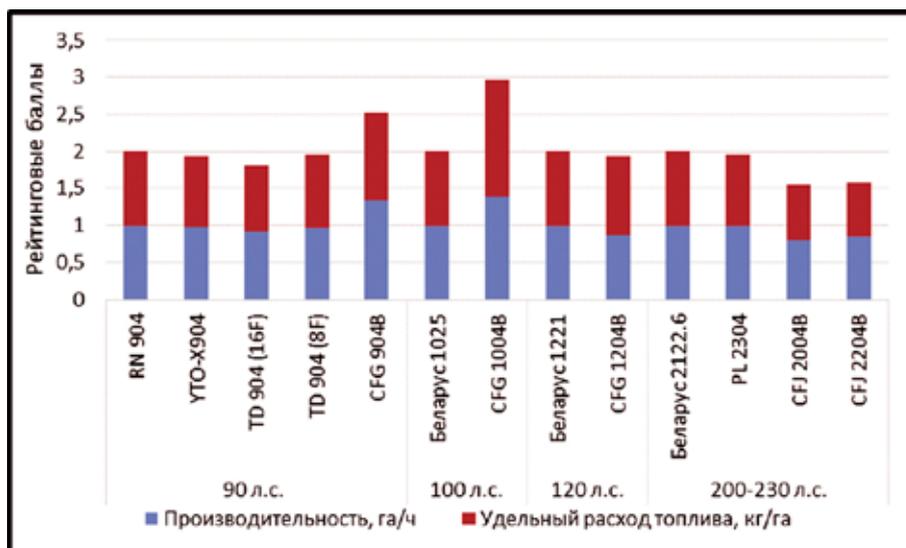
Вопросами изучения, улучшения эксплуатационных свойств сельскохозяйственных тракто-

Таблица 9.

Сравнительный анализ эксплуатационных свойств тракторов

Марка трактора	Показатели		
	Марка культиватора	Производительность агрегата, га/ч	Удельный расход топлива, кг/га
Беларус 2122.6	КПМ-8	6,91	2,9
Zoomlion PL2304	КПМ-8	6,91	3,01
AGROAPOLLO CFJ2004B	КПМ-8	5,56	3,84
AGROAPOLLO CFJ2204B	КПМ-8	5,89	3,97

Источник: составлено автором.



Источник: составлено автором.

Рисунок 3. Рейтинг эксплуатационных свойств тракторов китайского и белорусского производства

ров занимаются многие отечественные учёные: Бойков В.М. и др. [9] делают сравнительный анализ эксплуатационных свойств тракторов зарубежного производства в составе пахотных агрегатов. Тракторы представлены практически в одном диапазоне мощности двигателя. Авторами представлены инженерные расчёты по определению производительности и удельного расхода топлива для тракторных пахотных агрегатов. Исходя из названия статьи, подготовленной по результатам исследований, в тексте не представлены параметры и методика оценки эксплуатационных показателей, какие были рассмотрены способы изменения и оценки эксплуатационных свойств. В исследовании единственное что было оговорено, что «задние колеса спаренные», что является также приёмом увеличения тягового усилия трактора и снижения доли нагрузки на переднюю ось. Но эксплуатация трактора со спаренными, даже только задними колёсами, предъявляет более жёсткие требования к ходовой части трактора, начиная со статического радиуса колеса и заканчивая давлением во внутренней и наружной шинах. Поэтому установка спаренных колёс необходима только в случаях, когда трактор не способен реализовать всю мощность двигателя с заводским комплектом балластных грузов или слишком низкая несущая способность почвы. Некорректным, на наш взгляд, является вывод авторов о коэффициенте полезного действия пахотных агрегатов. Данные представлены для скорости движения 2,2 м/с (7,92 км/ч). Такие тракторы как Claas Axion 930 способны выполнять технологическую операцию – вспашка на более высоких рабочих скоростях, тем самым более эффективно загружать двигатель. Не совсем корректным является утверждение авторов «Все агрегаты ... обеспечивают равную производительность 4,4–5,0 га/ч ...». Данные показатели часовой производительности нельзя назвать равными, 0,6 га/ч при 10-часовом рабочем дне выливаются в 6 га вспаханной пашни.

Ниткин А.А., Коцарь Ю.А., Кочегарова О.С. [10] как раз рассматривают эксплуатацию сельскохозяйственных тракторов на сдвоенных шинах. Авторы указывают на недостаток научно обоснованных и методических рекомендаций по использованию сдвоенных шин. Ошибки при эксплуатации приводят к разному давлению на почву внутреннего и наружного колеса, снижению тяги на крюке и повышению расхода ГМС. В своём исследовании авторы рассмотрели влияние давления в шинах на рабочую скорость, величину буксования, расход топлива, глубину

колеи по следу внутреннего и наружного колес. В заключении авторы делают интересные и полезные для практического применения выводы о влиянии давления воздуха в шинах на расход топлива. Это происходит в результате изменения силы сопротивления качению колеса.

Ворохобин А.В. [11] констатирует, что «Одним из широко применяемых способов повышения тягово-сцепных свойств колёсных тракторов является балластирование», а также «Установка балластных грузов оказывает влияние на распределение вертикальных нагрузок по осям, а, следовательно, на устойчивость движения трактора». Автор делает вывод что, «... это распределение является нерегулируемым, что снижает эффективность применения балласта». Далее автор отмечает, что возможна и применяется ручная корректировка количества балластных грузов в зависимости от способа агрегатирования (навесной или прицепной вариант) СХМ. Для повышения эффективности применения балласта автор предлагает использовать «возможность регулирования положения балластного груза в продольном направлении», что позволяет уменьшить количество используемых балластных грузов, в конечном итоге эксплуатационной массы трактора, что в свою очередь позволит улучшить эксплуатационные свойства трактора через снижение «потерь на перекачивание трактора». В исследовании рассмотрены варианты движения колёсного трактора с навесной сельскохозяйственной машиной *на подъём и поперёк склона*. На наш взгляд, автору необходимо было уточнить, что поперечное регулирование «положения балластного груза» возможно только для передних балластных грузов, исходя из конструкции тракторов «с колёсной схемой 4К4а» и рисунка 4 [11].

Некоторые авторы [12], [13] рассматривают улучшение эксплуатационных свойств тракторов через улучшение эксплуатационных показателей двигателей (Журавлев С.Ю.), через форсирование двигателя, для формирования тяговых качеств трактора (Астапенко И.М.).

Tarandeep S., Verma A., Singh M. [14] Разработали и установили на тракторе мощностью 28,3 кВт высокоточную и компактную цифровую измерительную установку на основе Интернета вещей для измерения, отображения и записи различных параметров производительности трактора и системы «орудие». Установка способна осуществлять непрерывный мониторинг и беспроводную передачу параметров производительности трактор-орудие, таких как частота вращения дви-

гателя, расход топлива, тяга, скорость движения вперед, проскальзывание колеса, географическое расположение трактора и др.

Н. Mohieddinne и др. [15] определили компромисс между агрономическими и энергетическими характеристиками во время посева ярового ячменя (*Hordeum vulgare*), варьируя регулируемые параметры (контролируемые факторы) в системе трактор-шина-орудие (т.е. скорость трактора, распределение нагрузки на ось, давление накачки и глубина обработки почвы). Используемая система трактор-шина-инструмент состояла из полноприводного трактора (мощностью 140 л.с.), сцепленного с пневматической сеялкой. Агрономические показатели оцениваются по сохранению почв, их физических свойств и через качество посевных работ, энергетические показатели оцениваются с помощью оптимизации энергопотребления, потребление энергии оценивалось по расходу топлива на гектар. По результатам исследования выявлено, что расход топлива значительно снизился при равномерном распределении нагрузки и увеличился исключительно со скоростью трактора и глубиной обработки почвы. Компромиссное решение, сочетающее агрономические и энергетические показатели достигнуто при следующих значениях – работа трактора на рабочих скоростях при 14 км/ч, обработка почвы на глубину 10 см и накачивая шины давлением 140 или 80 кПа.

Md-Tahirab H. и др. [16] в своём исследовании делают вывод, что обработка почвы является одной из основных энергоёмких сельскохозяйственных операций в сельскохозяйственном производстве, для которой требуются тракторы большей мощности, увеличение размеров и веса колесных тракторов стало тенденцией. Оптимизация соотношения мощности к массе приведёт по повышению эффективности тягового усилия, снижению расхода топлива. Максимально допустимое тяговое усилие зависит от площади контакта трактора с почвой. Для достижения лучшего сцепления с почвой за счет увеличения площади контакта при использовании обычных шин исследователи рекомендовали различные методы балластирования, сдвоенные колеса, более низкое давление накачки и использование гусениц вместо колес. Авторы в то же время отмечают, что гусеницы и многоколесные конструкции технически и экономически не подходят для тракторов малой и средней мощности. Использование для этих тракторов, с более высоким соотношением мощности к массе, механических догрузателей (балластных грузов) позволит более эффективно

их использовать. Авторы для улучшения тягового усилия и повышения общей эффективности обработки почвы предложили новое тяговое оборудование «Колесо с жестким приводом (RLW)».

Janulevičiusa A., Damanauskas V. [17] обращают внимание на то, что текущие тенденции в сельском хозяйстве свидетельствуют об увеличении мощности трактора, мощность двигателя сельскохозяйственных тракторов постоянно растет, поэтому сельскохозяйственным тракторам, особенно средней и высокой мощности, важно иметь возможность должным образом выполнять тяговые операции. Опубликованные исследования показывают, что около 20-55 % доступной мощности на оси трактора расходуется впустую на границе раздела шины и почвы, т.е. из-за сопротивления качению шин и проскальзывания ведущих колес. Авторы отмечают – проскальзывание не должно превышать 15-17 %, в противном случае мощность двигателя используется неэффективно. Современные сельскохозяйственные тракторы используют несколько мер для снижения проскальзывания до рационального уровня, включая использование системы контроля тяги, использование *дополнительных балластных грузов* и шин низкого давления, а также корректируют давление накачки шин. От проскальзывания зависит производительность трактора.

Shafaei S.M., Loghavi M., Kamgar S. [18] также рассмотрели «проскальзывание» ведущих колёс и их влияние на силу тяги, пришли к выводу, что энергоэффективность трактора при обработке почвы были бы достигнуты при одинаковом проскальзывании в соответствии с одинаковым общим тяговым усилием передних и задних колес. Авторы также отмечают, что также выгодно регулировать давление накачки шин с последующим применением балластного груза.

#### **ВЫВОДЫ.**

Поставки тракторов китайского производства на российский рынок за последние три года увеличились в 5 раз, и будут увеличиваться, «параллельный импорт», в силу увеличивающегося санкционного давления со стороны «коллективного запада» на Россию и страны, осуществляющие «параллельный импорт», видимо прекратится. Поэтому, для отечественного сельхозтоваропроизводителя очень важно сделать правильный выбор сельскохозяйственного трактора с высокими эксплуатационными свойствами и надёжностью. В данном исследовании эксплуатационные свойства рассмотрены через производительность МТА и удельный расход топлива.

Для тракторов с мощностью двигателя 90 л.с., AGROAPOLLO CFG904B имеет более предпочтительные эксплуатационные свойства по сравнению с тракторами других китайских производителей и трактором Беларус 923.3. Если тракторы китайского производства значительно уступают по производительности (до 40%), по расходу топлива (до 20%), то Беларус 923.3 практически не уступает AGROAPOLLO по производительности (соответственно 4,33 га/ч и 4,55 га/ч), но уступает по расходу топлива.

Тракторы с мощностью двигателя 100 л.с. представлены двумя марками – Беларус 1025 и AGROAPOLLO CFG1004B. Трактор китайского производства имеет более высокие эксплуата-

ционные свойства. В диапазоне двигателей 120 л.с., при сравнении двух тракторов, лучшие эксплуатационные свойства у трактора Беларус 1221 в силу более высокой эксплуатационной массы и более широкого диапазона рабочих передач (у Беларус 1221 – 10 передач, у AGROAPOLLO CFG1204B – 6 передач). У тракторов с диапазоном мощности двигателя от 200 л.с. до 230 л.с. наилучшие эксплуатационные свойства у Беларус 2021.6 и ZOOMLION PL2304, тракторы AGROAPOLLO CFJ2004B (CFJ2204B) значительно уступают Беларус 2021.6 и ZOOMLION PL2304. Более низкие эксплуатационные свойства у тракторов AGROAPOLLO в результате более низкой эксплуатационной массы.

## Список литературы

1. *Китайский захват*. Что ждёт российский рынок тракторов в 2023 году. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/opinion/article/39990-kitayskiy-zakhat-cto-zhdyet-rossiyskiy-rynok-traktorov-v-2023-godu/> (дата обращения: 30.04.2023).
2. *Экспорт китайских тракторов в Россию составил около 5 млн. долл.* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://marketing.rbc.ru/articles/13698/> (дата обращения: 30.04.2023).
3. *Кутков Г.М.* Развитие технической концепции трактора // Тракторы и сельхозмашины. 2019. № 1. С. 27-35.
4. *Иовлев Г.А., Голдина И.И.* Эксплуатационные свойства тракторов белорусского и китайского производства на примере: БЕЛАРУС 923.3 и ZOOMLION RN904 // Научно-технический вестник: Технические системы в АПК. 2022. № 1 (13). С. 25-35.
5. *Иовлев Г.А., Голдина И.И.* Исследование эксплуатационных свойств тракторов отечественного и китайского производства // Экономика сельского хозяйства России. 2022. № 10. С. 93-100.
6. *Иовлев Г.А., Побединский В.В., Голдина И.И.* Сравнение эксплуатационных свойств китайских тракторов ZOOMLION и УТО // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2022. Т. 16. № 4. С. 74-82.
7. *Иовлев Г.А., Голдина И.И.* Сравнительный анализ эксплуатационных свойств тракторов белорусско-российского и китайского производства. Системы. Методы. Технологии // 2022. № 3 (55). С. 16-24.
8. *Иовлев Г.А.* Эксплуатационные свойства сельскохозяйственных тракторов - выбор за Вами // Агропродовольственная политика России. 2023. № 1. С. 2-10.
9. *Бойков В.М., Старцев С.В., Павлов А.В., Нестеров Е.С.* Результаты исследований эксплуатационных показателей импортных тракторов с прицепным лемешно-отвальным плугом // Аграрный научный журнал. 2022. № 8. С. 72-75.
10. *Ниткин А.А., Коцарь Ю.А., Кочегарова О.С.* Повышение эффективности эксплуатации сельскохозяйственных тракторов на сдвоенных шинах // Аграрный научный журнал. 2021. № 3. С. 78-81.
11. *Вороховин А.В.* Повышение устойчивости движения колёсного трактора корректированием вертикальных нагрузок на колёса // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2020. Т. 13. № 4 (67). С. 63-72.
12. *Журавлев С.Ю.* Эксплуатационные показатели дизеля трактора на операциях почвообработки // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2020. № 2 (38). С. 158-168.
13. *Астапенко И.М.* Способы повышения тягово-скоростных показателей сельскохозяйственных тракторов // Конструирование, использование и надёжность машин сельскохозяйственного назначения. 2021. № 1 (20). С. 185-191.
14. *Tarandeep S., Verma A., Singh M.* Development and implementation of an IOT based instrumentation system for computing performance of a tractor-implement system // Journal of Terramechanics. 2021. Vol. 97. P. 105-118. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2021.07.002>.
15. *Mohieddinne H., Yatskul A., Ugarte C., Thibaut J., Guidet J., Ritz S.* Trade-off between agronomical and energetical performances during barley sowing varying adjustable parameters in a tractor-tire-tool system // Soil and Tillage Research. 2023. Volume 226. 105582. <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105582>.
16. *Md-Tahirab H., Zhangab J., Xiaab J., Zhangab C., Zhouab H., Zhuab Yi.* Rigid lugged wheel for conventional agricultural wheeled tractors – Optimising traction performance and wheel-soil interaction in field operations // Biosystems Engineering. 2019. December. Vol. 188. P. 14-23. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.10.001>
17. *Janulevičiūsa A., Damanauskas V.* Prediction of tractor drive tire slippage under different inflation pressures // Journal of Terramechanics. 2022. June. Vol. 101. P. 23-31. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2022.03.001>
18. *Shafaei S.M., Loghavi M., Kamgar S.* Fundamental realization of longitudinal slip efficiency of tractor wheels in a tillage practice // Soil and Tillage Research. 2021. January. Vol. 205. Article 104765. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104765>.

## References

1. *Chinese capture*. What awaits the Russian tractor market in 2023. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.agroinvestor.ru/opinion/article/39990-kitayskiy-zakhat-cto-zhdyet-rossiyskiy-rynok-traktorov-v-2023-godu/> (accessed: 30.04.2023).
2. *The export of Chinese tractors to Russia amounted to about \$ 5 million.* [Electronic resource]. Access mode: <https://marketing.rbc.ru/articles/13698/> / (date of reference: 30.04.2023).

3. *Kutkov G.M.* Development of the technical concept of the tractor // Tractors and agricultural machinery. 2019. № 1. P. 27-35.
4. *Iovlev G.A., Goldina I.I.* Operational properties of tractors of Belarusian and Chinese production by example: BELARUS 923.3 AND ZOOMLION RN904 // Scientific and Technical Bulletin: Technical systems in the agro-industrial complex. 2022. № 1 (13). P. 25-35.
5. *Iovlev G.A., Goldina I.I.* Research of operational properties of tractors of domestic and Chinese production // The economics of agriculture in Russia. 2022. № 10. P. 93-100.
6. *Iovlev G.A., Pobedinsky V.V., Goldina I.I.* Comparison of operational properties of Chinese ZOOMLION and YTO tractors // Agricultural machines and technologies. 2022. Vol. 16. № 4. P. 74-82.
7. *Iovlev G.A., Goldina I.I.* Comparative analysis of operational properties of tractors of Belarusian-Russian and Chinese production. The system. Methods. Technologies // 2022. № 3 (55). P. 16-24.
8. *Iovlev G.A.* Operational properties of agricultural tractors - the choice is yours // Agro-food policy of Russia. 2023. № 1. P. 2-10.
9. *Boikov V.M., Startsev S.V., Pavlov A.V., Nesterov E.S.* Results of studies of performance indicators of imported tractors with a trailed ploughshare // Agrarian Scientific Journal. 2022. № 8. P. 72-75.
10. *Nitkin A.A., Kotsar Yu.A., Kochegarova O.S.* Improving the efficiency of operation of agricultural tractors on double tires // Agrarian Scientific Journal. 2021. № 3. P. 78-81.
11. *Vorokhobin A.V.* Increasing the stability of the movement of a wheeled tractor by correcting vertical loads on the wheels // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. 2020. Vol. 13. № 4 (67). P. 63-72.
12. *Zhuravlev S.Yu.* Performance indicators of tractor diesel in tillage operations // Bulletin of Omsk State Agrarian University. 2020. № 2 (38). P. 158-168.
13. *Astapenko I.M.* Methods of increasing traction-speed indicators of agricultural tractors // Design, use and reliability of agricultural machinery. 2021. № 1 (20). P. 185-191.
14. *Tarandeep S., Verma A., Singh M.* Development and implementation of an IOT based instrumentation system for computing performance of a tractor-implement system // Journal of Terramechanics. 2021. Vol. 97. P. 105-118. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2021.07.002>.
15. *Mohieddinne H., Yatskul A., Ugarte C., Thibaut J., Guidet J., Ritz S.* Trade-off between agronomical and energetical performances during barley sowing varying adjustable parameters in a tractor-tire-tool system // Soil and Tillage Research. 2023. Volume 226. 105582. <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105582>.
16. *Ma-Tahirab H., Zhangab J., Xiaab J., Zhangab C., Zhouab H., Zhuab Yi.* Rigid lugged wheel for conventional agricultural wheeled tractors – Optimising traction performance and wheel-soil interaction in field operations // Biosystems Engineering. 2019. December. Vol. 188. P. 14-23. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.10.001>
17. *Janulevičiūsa A., Damanauskas V.* Prediction of tractor drive tire slippage under different inflation pressures // Journal of Terramechanics. 2022. June. Vol. 101. P. 23-31. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2022.03.001>
18. *Shafaei S.M., Loghavi M., Kamgar S.* Fundamental realization of longitudinal slip efficiency of tractor wheels in a tillage practice // Soil and Tillage Research. 2021. January. Vol. 205. Article 104765. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104765>.

## Информация об авторе

**Иовлев Г.А.**, кандидат экономических наук, заведующий кафедрой «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования в АПК», факультет инженерных технологий, ФГБОУ ВО Уральский государственный аграрный университет (г. Екатеринбург, 620075, Россия). Почта для связи с автором: [gri-iovlev@yandex.ru](mailto:gri-iovlev@yandex.ru).

**Голдина И.И.**, старший преподаватель, кафедра «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования в АПК», факультет инженерных технологий, ФГБОУ ВО Уральский государственный аграрный университет (г. Екатеринбург, 620075, Россия). Почта для связи с автором: [ir.goldina@mail.ru](mailto:ir.goldina@mail.ru).

## Information about the author

**Iovlev G.A.**, Ph.D. in Economics, Associate Professor, Head of the Department of Transport and Technological Machinery and Equipment Service in the Agroindustrial Complex, Faculty of Engineering Technologies, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, 620075, Russia). Corresponding author: [gri-iovlev@yandex.ru](mailto:gri-iovlev@yandex.ru).

**Goldina I.I.**, senior lecturer, Department «Service of transport and technological machines and equipment in the agro-industrial complex», Faculty of Engineering Technologies, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, 620075, Russia). Corresponding author: [ir.goldina@mail.ru](mailto:ir.goldina@mail.ru).

## Информация о статье

Дата получения статьи: 14.03.2023  
Дата принятия к публикации: 18.04.2023

## Article Info

Received for publication: 14.03.2023  
Accepted for publication: 18.04.2023

© Иовлев Г.А., Голдина И.И., 2023.

© Iovlev G.A., Goldina I.I., 2023.