

### Оценка загруженности сельскохозяйственных тракторов на пахотных работах

Василий Михайлович Бойков, Сергей Викторович Старцев, Андрей Владимирович Павлов, Евгений Сергеевич Нестеров  
Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия  
e-mail: kingofscience@yandex.ru

**Аннотация.** Рассмотрено изменение мощности двигателя сельскохозяйственных тракторов и тенденция роста ширины захвата лемешно-отвальных плугов отечественного и зарубежного производства в период с 1930 по 2020 г. Рассчитан КПД пахотных агрегатов в зависимости от эффективной мощности трактора, скорости движения, сопротивления и глубины обработки почвы. Установлено, что за исследуемый период мощность тракторов увеличилась с 20 до 500 кВт, ширина захвата агрегируемых лемешно-отвальных плугов общего назначения с 1,4 до 7,2 м. Коэффициент полезного действия пахотных агрегатов снизился в среднем с 0,8 до 0,5.

**Ключевые слова:** трактор; плуг; мощность; ширина захвата; скорость; КПД пахотного агрегата.

**Для цитирования:** Бойков В. М., Старцев С. В., Павлов А. В., Нестеров Е. С. Оценка загруженности сельскохозяйственных тракторов на пахотных работах // Аграрный научный журнал. 2022. № 5. С. 74–76. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i5pp74-76>.

#### AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

### Assessment of the workload of agricultural tractors in arable work

Vasily M. Boykov, Sergey V. Startsev, Andrey V. Pavlov, Evgeniy S. Nesterov  
Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia  
e-mail: kingofscience@yandex.ru

**Abstract.** The article considers the change in the engine power of agricultural tractors and the tendency of the increase in the width of the ploughshare ploughs of domestic and foreign production from 1930 to 2020. The efficiency of arable units is calculated depending on the effective power of the tractor, the speed of movement, resistance and depth of tillage. It was found that during the study period, the power of tractors increased from 20 to 500 kW, the width of the grip of aggregated general-purpose ploughshares from 1.4 to 7.2 m. The efficiency of arable aggregates decreased on average from 0.8 to 0.5.

**Keywords:** tractor; plow; power; width; speed; efficiency of the arable unit.

**For citation:** Boykov V. M., Startsev S. V., Pavlov A. V., Nesterov E. S. Assessment of the workload of agricultural tractors in arable work // Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(5):74–76 (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i5pp74-76>.

**Введение.** При производстве сельскохозяйственных культур главной технологической операцией остается основная обработка почвы с оборотом пласта, которая также является и самой энергоемкой операцией в растениеводстве [1]. Стремление достичь высокой производительности агрегатов на пахотных работах с каждым годом обуславливает наращивание мощности сельскохозяйственных тракторов. В настоящее время отечественные и зарубежные производители агротехники предлагают использовать тракторы с мощностью от 100 до 500 кВт. Эти энергетические средства агрегируют загонные и оборотные, навесные и прицепные лемешно-отвальные плуги общего назначения различной ширины захвата. Насколько рационально загружены современные энергонасыщенные тракторы в составе пахотных агрегатов, выполним оценку путем расчета их эксплуатационных показателей.

Цель исследований – проанализировать тенденцию роста мощности сельскохозяйственных тракторов и тенденцию роста ширины захвата лемешно-отвальных плугов общего назначения, используемых на пахотных работах. Расчет эксплуатационно-технологических показателей пахотных агрегатов отечественного и импортного производства определить загруженность современных тракторов.

**Методика исследований.** Исследования проводили на основе технических характеристик, расчета параметров и показателей работы почвообрабатывающих машин с применением законов эксплуатации машинно-тракторного парка.

**Результаты исследований.** Динамика развития тракторостроения (рис. 1) отражает постоянное наращивание мощности энергетических средств различных тяговых классов. Начиная с 30-х гг. прошлого столетия показатели мощности тракторов непрерывно возрастали. Особенно это характерно с 70-х гг., в этот период отечественная промышленность поставила на производство тракторы тягового класса 1,4 – МТЗ-80, МТЗ-82, тягового класса 3... 4 – ДТ-75М, Т-4, Т-150, Т-150К [2]. Выпускается колесный трактор К-700 тягового класса 5. Мощность сельскохозяйственных тракторов возросла в пять раз: с 22,1 до 110 кВт. К 2000 годам мощность тракторов стала особенно интенсивно наращиваться. Российский трактор К-744Р2 стал развивать мощность 257 кВт, что выше К-700А на 100 кВт. Мощность тракторов тягового класса 3 возросла до 130 кВт, тракторов тяговых классов 1,4–2 увеличилась почти на 40 %, если сравнивать МТЗ-80 и МТЗ-1221 [2, 3]. С началом нового столетия на российском рынке также появляются тракторы иностранных производителей John Deere, Case IH, New Holland, Challenger, Claas, Fendt, Valtra и др. [3]. Начата отечественная сборка трактора Buhler Versatile мощностью более 270 кВт. За прошедшее десятилетие мощность тракторов, применяемых на основной обработке почвы, доведена до 500 кВт.

Для агрегирования тракторов выпускались лемешно-отвальные плуги различного конструктивного исполнения, рабочий орган плуга выполнялся в виде стойки с башмаком, к которому крепились лемех, отвал и полевая доска. Ширина захвата такого корпуса плуга составляла 35–40 см.



При постановке на производство тракторов «Кировец» К-700 количество корпусов отвальных плугов возросло до 8 шт. в навесном варианте комплектования – ПН-8-35 и до 9 шт. в прицепном – ПТК-9-35 (рис. 2) [2, 4]. Такое сочетание трактора и плуга позволило увеличить ширину захвата агрегатов до 3 м. До начала распада союзного государства основным производителем плугов общего назначения являлся завод ПО «Одессапочвомаш» [5]. Предприятие выпускало орудия с корпусами от 3 до 8 шт. для тракторов основных тяговых классов. Необходимо отметить, что классическое исполнение рабочего органа плуга – лемех, отвал и полевая доска при последовательном ступенчатом расположении корпусов на несущем бруске рамы не претерпело больших изменений вплоть до конца XX столетия.

С 2000 г. и по настоящее время на полях страны появляются энергетические средства нового поколения, перспективное использование которых, прежде всего, на вспашке направлено на повышение производительности труда. Для этой цели разработаны и прошли государственные испытания скоростные лемешно-отвальные плуги нового поколения серии ПБК, НПО и ПБС [6, 7]. Полевая доска корпуса плуга заменена на лемех, что позволило увеличить ширину захвата корпуса до 60 см. В то же время широко внедряются оборотные отвальные плуги в основном импортного изготовления, таких фирм как Lemken, Kverneland, Kuhn, Greguar Besson, John Deere и др. [3]. В полунавесном исполнении ширина захвата плуга при 14 корпусах доведена до 7 м. Ширина захвата прицепного скоростного плуга ПБС-12П составила 7,2 м [7]. В таблице приведены эксплуатационные показатели пахотных агрегатов. Сопrotивление плуга рассчитали при удельном сопротивлении почвы 50 кН/м<sup>2</sup> и глубине обработки почвы 0,3 м.

Рабочая ширина захвата  $B_{пл}$  плуга:

$$B_{пл} = B_k n_k \beta, \quad (1)$$

где  $B_k$  – ширина захвата корпуса, м;  $n_k$  – количество корпусов в плуге, шт.;  $\beta$  – коэффициент использования ширины захвата.

Сопrotивление плуга:

$$R_{пл} = k_n a B_k n_k, \quad (2)$$

где  $k_n$  – удельное сопротивление почвы, кН/м<sup>2</sup>;  $a$  – глубина пахоты, м.

Затраты мощности двигателя трактора на тягу плуга:

$$N_{пл} = R_{пл} v_p, \quad (3)$$

где  $v_p$  – рабочая скорость движения плуга, м/с.

Отношением мощности, затрачиваемой на тягу плуга, к полной мощности двигателя  $N_e$  трактора, определили КПД пахотного агрегата:  $\zeta_{арп} = N_{пл} / N_e$ . (4). Изменение коэффициента полезного действия пахотных агрегатов за рассматриваемый период времени представлено на рис. 3.

Наибольшая величина КПД  $\zeta_{арп} = 0,84$  получена у агрегата ДТ-54+ПН-4-35. С ростом мощности сельскохозяйственных тракторов КПД снижается. При изменении ширины захвата лемешно-отвальных плугов с 1,4 до 2,1 м и мощности тракторов с 39,7 до 125,1 кВт коэффициент полезного действия агрегатов снизился в среднем до 0,55, или на 34 %. За полувековой период, начиная с трактора К-700 и по настоящее время, мощность тракторов увеличилась с 169,3 до 508,6 кВт (John Deere 9R640), или на 66,7 %. КПД пахотных агрегатов осталось на уровне 0,5–0,6. Таким образом, комплектование современных тракторов известными лемешно-отвальными плугами не дает возможности эффективно загружать их на пахотных операциях.

**Заключение.** Анализ изменения мощности сельскохозяйственных тракторов показал, что за период с 1930 г. по настоящее время мощность тракторов увеличилась с 20 до 500 кВт. Ширина захвата агрегируемых лемешно-отвальных плугов общего назначения выросла с 1,4 до 7,2 м. При выполнении пахотных работ на скоростях 1,4–2,2 м/с на глубину 0,3 м коэффициент полезного действия агрегатов снизился в среднем с 0,8 до 0,5. Конструкция рабочего органа плуга не претерпела изменений, состоит из лемеха, отвала и полевой доски. С целью загрузки современных

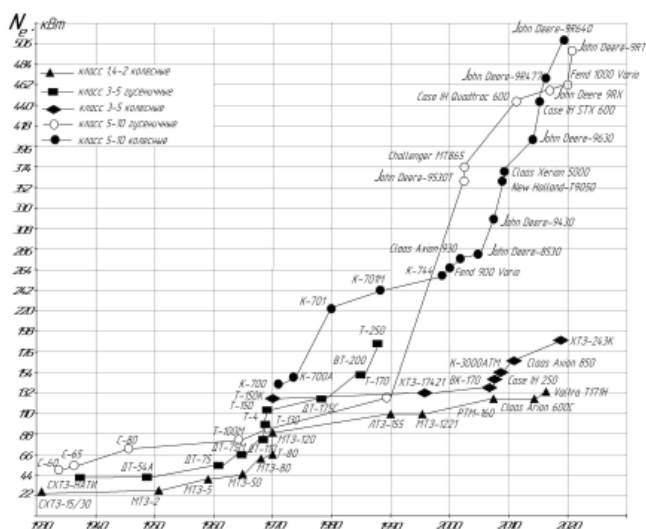


Рис. 1. Динамика мощности сельскохозяйственных тракторов

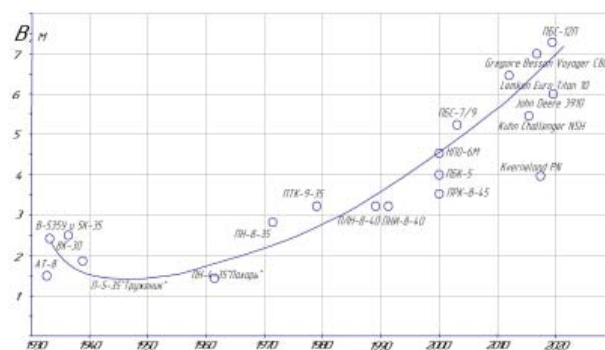


Рис. 2. Тенденция роста ширины захвата лемешно-отвальных плугов



№ п/п	Марка трактора	Мощность трактора, л.с./кВт	Марка плуга	Ширина захвата, м	Скорость, м/с	Сопротивление плуга, кН	Мощность плуга, кВт	КПД агрегата
1	ДТ-54	54/39,7	ПН-4-35	1,4	1,6	21	33,6	0,84
2	ДТ-75	75/55,2	ПЛН-4-35	1,4	2,0	21	42,0	0,76
3	ДТ-75М	90/66,2	ПЛН-4-35	1,4	2,2	21	46,2	0,7
4	Т-4А	135/99,4	ПЛН-5-35	1,75	2,2	26,3	57,8	0,58
5	Т-150К	165/121,4	ПЛН-5-35	1,75	2,2	26,3	57,8	0,48
6	ДТ-175С	170/125,1	ПЛП-6-35	2,1	2,2	31,5	69,3	0,55
7	К-700	230/169,3	ПН-8-35	2,8	2,2	42,0	92,4	0,55
8	К-701	300/221	ПНЛ-8-40	3,2	2,2	48,0	105,6	0,63
9	К-744РЗ	390/287	ПНЛ-8-40	3,2	2,2	48,0	105,6	0,37
10	John Deere 8530	320/236	Greguar Besson Voyager S70	4,5	2,2	67,5	148,5	0,63
11	К-744Р4	428/315	ПБС-8М	4,8	2,2	72,0	158,4	0,5
12	John Deere 9630	530/390	John Deere 3910	6,0	2,2	90,0	198,0	0,51
13	John Deere 9RX	517/381	John Deere 3910	6,0	2,2	90,0	198,0	0,52
14	Case IH STX 600	608/447	Greguar Besson Voyager C80	7,1	2,2	106,5	234,3	0,52
15	John Deere 9R640	691/508,6	Greguar Besson Voyager C80	7,1	2,2	106,5	234,3	0,46
16	New Holland T9050	485/357	ПБС-12П	7,2	2,2	108,0	238,0	0,66

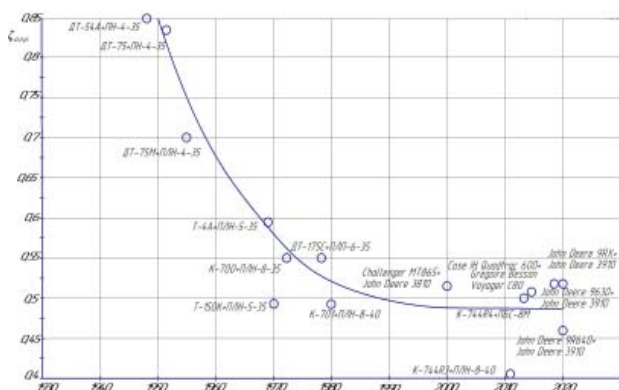


Рис. 3. Тенденция изменения КПД пахотных агрегатов

результатам испытаний на машиноиспытательных станциях. Солнечногорск, 2014. 75 с.

7. Протокол № 08-141-2011 (4010142) приемочных испытаний плуга ПБС-12П. Кинель, 2011. 41 с.

тракторов большой мощности необходимо разработать новую технологию отвальной обработки почвы и плуги для её реализации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Панов И. М., Орлов Н. М. Основные пути снижения энергозатрат при обработке почвы // Тракторы и сельхозмашины. 1987. № 8. С. 27–30.
2. Бойков В. М., Старцев С. В., Павлов А. В. Состояние и перспективы развития пахотных агрегатов. Саратов, 2011. 176 с.
3. Сельхозтехника. Национальный аграрный каталог. Вып. 24. 2021. 48 с. URL: www.selhoz-katalog.ru.
4. Лобачевский Я. П. Состояние и тенденции развития конструкций отвальных плугов общего назначения. М., 1999. 27 с.
5. Одесский завод сельскохозяйственного машиностроения. URL: https://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/115654/Одесский.
6. Сравнительный анализ технического уровня плугов по

REFERENCES

1. Panov I. M., Orlov N. M. The main ways to reduce energy consumption during soil cultivation. *Tractors and agricultural machines*. 1987; 8: 27–30. (In Russ.).
2. Boikov V. M., Startsev S. V., Pavlov A. V. State and prospects for the development of arable units. *Saratov*, 2011. 176 p. (In Russ.).
3. Agricultural machinery. National agricultural catalog. 2021; 24: 48. URL: www.selhoz-katalog.ru. (In Russ.).
4. Lobachevsky Ya. P. State and trends in the development of general-purpose moldboard plow designs. *Moscow*, 1999. 27 p. (In Russ.).
5. Odessa plant of agricultural engineering. URL: https://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/115654/Odessa. (In Russ.).
6. Comparative analysis of the technical level of plows based on test results at machine test stations. *Solnechnogorsk*, 2014. 75 p. (In Russ.).
7. Protocol No. 08-141-2011 (4010142) of acceptance testing of the PBS-12P plow. *Kinzel*, 2011. 41 p. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 24.01.2022; одобрена после рецензирования 12.02.2022; принята к публикации 12.02.2022.

The article was submitted 24.01.2022; approved after reviewing 12.02.2022; accepted for publication 12.02.2022.

