

АГРОИНЖЕНЕРИЯ

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

Научная статья

УДК 631.31 (470.44)

doi: 10.28983/asj.y2024i11pp113-119

Разработка лемешно-отвальных плугов для тракторов тягового класса 5

Василий Михайлович Бойков, Сергей Викторович Старцев

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова,
г. Саратов, Россия

e-mail: kingofscience@yandex.ru

Аннотация. Повышение производительности пахотных агрегатов достигается путем увеличения скорости движения и изменения ширины захвата плуга. Рост первого параметра ограничен допустимым диапазоном скорости движения, а рост ширины захвата ограничен тягово-сцепными свойствами трактора и габаритами плуга. Следовательно, повысить производительность можно принципиальным улучшением технологии основной обработки почвы за счет новых процессов взаимодействия рабочих органов почвообрабатывающих орудий с пластом почвы. Анализ полученных теоретических зависимостей позволяет трактору К-701 работать с плугами с более широким захватом относительно плуга ПНЛ-8-40. Разработанные плуги марок ПБС-(8+1)Л, ПБС-8У, ПБС-8М, ПБС-9, ПБС-16-38Л с рабочей шириной захвата 3,6–6,0 м позволяют проводить отвальную технологию основной обработки почвы на глубину 0,15–0,30 м с производительностью 2,3–3,8 га/ч и расходом топлива 13–15 кг/га при выполнении установленных агротехнических требований. Представлено описание конструктивных особенностей лемешно-отвальных плугов общего назначения для агрегатирования с тракторами тягового класса 5.

Ключевые слова: производительность; расход топлива; скорость движения; ширина захвата; глубина обработки почвы; лемешно-отвальный плуг; трактор; агрегат

Для цитирования: Бойков В. М., Старцев С. В. Разработка лемешно-отвальных плугов для тракторов тягового класса 5 // Аграрный научный журнал. 2024. № 11. С. 113–119. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i11pp113-119>.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

Development of ploughshares for tractors of drawbar category 5

Vasiliy M. Boykov, Sergey V. Startsev

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov, Russia
e-mail: kingofscience@yandex.ru

Abstract: An increase in the productivity of plowing units is achieved by increasing the speed and changing the width of the plow. The growth of the first parameter is limited by the permissible range of movement speed, and the increase in the width of the plow is limited by the traction properties of the tractor and the dimensions of the plow. Consequently, it is possible to increase productivity if the procedure of basic tillage is fundamentally improved due to new processes of interaction of the working bodies of tillage implements with the soil layer. The analysis of the obtained theoretical dependencies allows the K-701 tractor to operate with wide-cut plows relative to the PNL-8-40 plow. Ploughs of the brands PBS-(8+1)L, PBS-8U, PBS-8M, PBS-9, PBS-16-38L with a plow width 3.6–6.0 m allow the turning procedure of basic tillage to a depth of 0.15–0.30 m with a capacity of 2.3–3.8 ha/h and fuel consumption of 13–15 kg/ha, when meeting the established agrotechnical requirements. A description of the design features of general-purpose ploughshares for aggregation with tractors of drawbar category 5 is presented.

Keywords: productivity; fuel consumption; speed of movement; width of plow; depth of tillage; ploughshare; tractor; unit

For citation: Boykov V. M., Startsev S. V. Development of ploughshares for tractors of drawbar category 5. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2024;(11):113–119. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i11pp113-119>.



Введение. При выполнении операций основной отвальной обработки почвы широкое распространение в сельскохозяйственном производстве получили тракторы К-701, К-744Р, К-525 и их иностранные аналоги, относящиеся по российской классификации к тяговому классу 5 [1, 10]. При комплектовании пахотных агрегатов такими средствами мощностью 220–235 кВт используются загонные навесные ПНЛ-8-40 и оборотные прицепные ППО-8 лемешно-отвальные плуги общего назначения [3, 9–11]. Корпус плуга состоит из стойки с башмаком, лемеха, отвала и полевой доски. В настоящий период такие почвообрабатывающие орудия изготавливаются множеством отечественных и иностранных предприятий [11].

Способ обработки почвы с оборотом пласта создает лучшие условия для физического развития культурных растений. Вся органическая часть убранных растений и семена сорняков перемещаются в глубокие слои пашни, повышаются водно-воздушные свойства почвы. Однако высокое потребление топлива и одновременно низкая производительность пахотных агрегатов отражаются на себестоимости конечной продукции.

Производительность $W_{\text{ч}}$ пахотного агрегата [3] определяется по формуле:

$$W_{\text{ч}} = 0,36B_{\text{п}} v_{\text{а}}, \quad (1)$$

где $B_{\text{п}}$ – ширина захвата плуга, м; $v_{\text{а}}$ – скорость движения агрегата, м/с.

Из формулы (1) следует, что производительность пахотных агрегатов находится в прямой зависимости от каждого параметра. Увеличение скорости $v_{\text{а}}$ ограничено допустимой скоростью движения по требованиям агротехники [3]. Увеличить ширину захвата плуга $B_{\text{п}}$ возможно увеличением количества лемешно-отвальных корпусов, но такое конструктивное изменение ограничивается тягово-сцепными свойствами трактора [1] и габаритами плуга. Повысить производительность можно только изменением способа воздействия рыхлителя на монолит грунта, для чего необходимы почвообрабатывающие орудия новых конструкций. В ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ» разработаны такие лемешно-отвальные плуги общего назначения серии ПБС, агрегируемые с тракторами тягового класса 5.

Цель работы – повышение производительности агрегатов на пахотных работах путем разработки лемешно-отвальных плугов общего назначения для агрегирования с тракторами тягового класса 5, принципиально отличающихся от плугов серии ПНЛ.

Материалы и методы. При разработке технических средств применяли теоретические основы эксплуатации машинно-тракторных агрегатов с использованием законов механики обработки грунтов. Экспериментальные исследования и производственное внедрение новых лемешно-отвальных плугов проводили как на полях Левобережья и Правобережья Саратовской области, так и в различных почвенно-климатических условиях других регионов Российской Федерации (Волгоградская область, Оренбургская область, Ростовская область, Самарская область, Воронежская область, Тамбовская область, Тюменская область, Республика Башкирия, Краснодарский край и Ставропольский край).

Результаты исследований. Среди отечественных тракторов тягового класса 5 для основной обработки почвы чаще всего используют трактор К-701. Для определения зависимости силы тяги трактора от скорости движения используют тяговую характеристику К-701, полученную по результатам испытаний на стерневом фоне [12]. Путем аппроксимации данных методом наименьших квадратов с величиной доверительности 0,99 получена эмпирическая зависимость:

$$P_{\text{T}} = -3,3462v_{\text{T}}^2 - 2,2374v_{\text{T}} + 83,292, \quad (2)$$

где P_{T} – тяговое усилие трактора, кН; v_{T} – скорость движения трактора, м/с.

Расчеты тягового сопротивления плуга ПБС выполнили по рациональной формуле академика В. П. Горячкина [4] с учетом полученных закономерностей

$$R_{\text{п}} = 0,8G_{\text{п}} + 31,5aB + 1,58aBv_{\text{п}}^2, \quad (3)$$

где $G_{\text{п}}$ – вес плуга, кН; a – глубина, м; B – ширина плуга, м; $v_{\text{п}}$ – скорость плуга, м/с.



Совместив обе расчетные зависимости на одном графике рисунка 1, получили пересечения кривых тягового сопротивления плуга ПБС с шириной захвата плуга от 4 до 7 м и постоянной глубиной 0,25 м, с кривой тягового усилия трактора на разной скорости. Основываясь на рекомендуемом диапазоне скорости выполнения технологии отвальной вспашки [3] от 1,5 до 2,5 м/с и согласно полученным значениям, возможно увеличить ширину захвата лемешно-отвального плуга до 6 м.

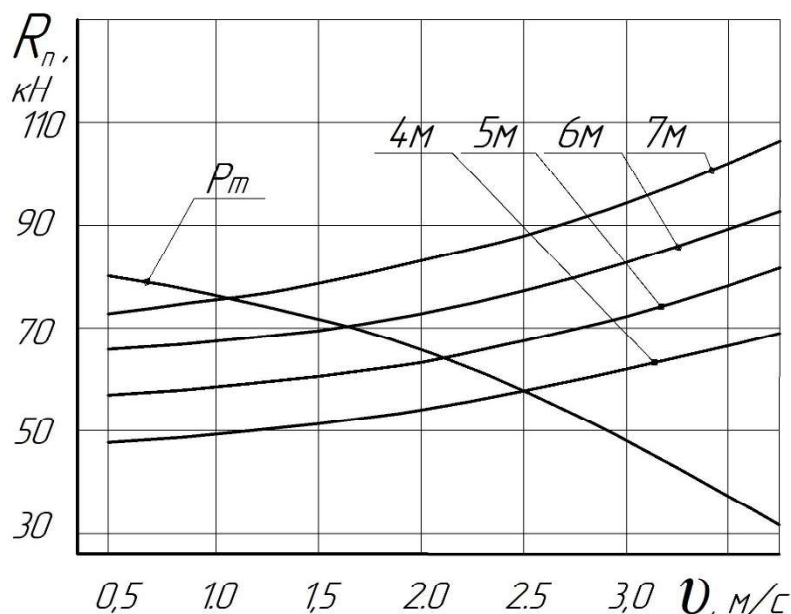


Рисунок 1 – Зависимости тягового усилия трактора К-701 P_m и тягового сопротивления плуга R_n от скорости движения тракторов v_m и плуга v_n при глубине обработки почвы 0,25 м и ширине захвата плуга

Figure 1 – The dependence of the traction force of the tractor K-701 F_t and the tensile resistance of the plow R_p on the speed of movement of the tractors v_t and the plow v_p at a depth of tillage of 0.25 m and the width of the plow

Разработан навесной лемешно-отвальный плуг общего назначения ПБС-(8+1)Л [5], отличающийся от известных аналогов некоторыми конструктивно-технологическими параметрами и элементами (рисунок 2).



Рисунок 2 – Пахотный агрегат с плугом ПБС-(8+1)Л

Figure 2 – Plowing unit with PBS-(8+1)L plow

Рабочий орган состоит из криволинейной стойки, в нижней части которой расположены серийный лемех ПНЧС-702, полевая доска и отвал. За счет формы стоек повышена проходимость неизмельченной соломы и высокостебельных растительных остатков. Это дает возможность обрабатывать заброшенные поля с высокой растительностью и поля с большим содержанием пожнивных остатков. Отвал имеет технологическое окно, улучшающее распределение пожнивных остатков по глубине пахотного слоя. Кроме этого, при обработке влажной почвы наличие окна предотвращает залипание отвала. Полевая доска также унифицирована, имеет свою носовую





часть, служащую плотным подпором с тыльной стороны носка лемеха. Такое конструктивное исполнение исключает излом носка лемеха при столкновении с камнями, плитняком и другими препятствиями, а также при вспашке твердых и пересушенных почв. При рабочей ширине захвата 3,6 м производительность агрегата составляет 2,5–3,6 га/ч.

На раме разработанного плуга ПБС-8У (рисунок 3) устанавливаются корпуса, принципиально отличающиеся по конструкции рабочих органов от известных лемешно-отвальных плугов общего назначения ПЛН [6]. На стойке в нижней части установлен башмак, к которому крепятся три ножа и отвал. Полевая доска на корпусе отсутствует. В восьмикорпусном исполнении рабочая ширина захвата плуга составляет 4,8 м. Производительность при скорости движения 2,1–2,6 м/с составляет 3,0–3,6 га/ч.



Рисунок 3 – Пахотный агрегат с плугом ПБС-8У

Figure 3 – Plowing unit with PBS-8U plow

Плуг ПБС-8М (рисунок 4) разработан путем модернизации плуга ПБС-8У [8]. Корпус плуга оснащен доработанными серийными лемехами ПЛЖ-31.702. С бороздной стороны на башмаке корпуса на четырех отверстиях устанавливается правый лемех, образующий рабочую ширину захвата 40 см. Со стороны необработанного поля на башмаке корпуса на двух отверстиях устанавливается левый лемех, образующий рабочую ширину захвата 20 см. Суммарная ширина захвата одного корпуса составляет 60 см, рабочая ширина захвата плуга ПБС-8М – 4,8 м. Производительность агрегата с новым плугом не снизилась в сравнении с плугом ПБС-8У.



Рисунок 4 – Пахотный агрегат с плугом ПБС-8М

Figure 3 – Plowing unit with PBS-8M plow

Для улучшения эксплуатационных показателей лемешно-отвальных плугов на вспашке полей с высокостебельными растительными и пожнивными остатками разработан новый плуг ПБС-9 [7]. Изменена конструкция корпуса в удлинении отвала, принципе установки левого и правого лемехов (рисунок 5). Рабочая ширина захвата плуга составила 5,4 м. Производительность такого агрегата увеличилась до 4,0 га/ч.

Разработан навесной секционный лемешно-отвальный плуг общего назначения ПБС-16-38Л [2]. Каждая секция состоит из четырех корпусов, закрепленных на раме плуга



Рисунок 5 – Пахотный агрегат с плугом ПБС-9

Figure 5 – Plowing unit with PBS-9 plow

в четыре параллельных ряда. Корпус включает стойку, к которой крепится отвал, в нижней части установлен башмак с асимметричной стрелчатой лапой. Стрелчатая лапа состоит из правого и левого лемеха, расположенных относительно горизонта со смещением режущих кромок. Ширина захвата одного корпуса составляет 40 см. В задней части рамы закрепляется устройство для крошения комьев почвы, перемешивания почвы с пожнивными остатками и дополнительного выравнивания поверхности пашни (рисунок 6). Рабочая ширина захвата секционного плуга составляет 6 м.



Рисунок 6 – Пахотный агрегат с плугом ПБС-16-38Л

Figure 5 – Plowing unit with PBS-16-38L plow

В результате совершенствования почвообрабатывающих орудий для технологии пахоты ширина захвата составила от 3,6 до 6,0 м, при этом ширина захвата серийного плуга ПЛН-8-40 составляет 3,2 м. Сравнение производительности пахотных агрегатов с новыми лемешно-отвальными плугами с плугом ПНЛ-8-40 представлено на диаграмме рисунка 7.

Экспериментальные исследования применения разработанных лемешно-отвальных плугов показали практически двукратное увеличение производительности агрегатов на пахотных работах в сравнении с агрегатом К-701+ПЛН-8-40. Движение агрегатов в загоне осуществлялось чередованием способов всвал и вразвал, средний коэффициент использования рабочего времени составил 0,8. В диапазоне рабочих скоростей движения 2,0–2,2 м/с производительность агрегатов составила от 2,3 до 3,8 га/ч. Глубина обработки почвы устанавливалась от 0,15 до 0,3 м. Расход топлива у всех агрегатов варьировал в среднем от 13 до 15 кг/га. По агротехническим показателям работа агрегатов больше всего отличалась по показателю заделки стерни. У плуга ПБС-(8+1)Л более 95 % стерни запаханы и находились ближе к дну борозды. Показатель у плугов ПБС-8У, ПБС-8М и ПБС-16х38Л составил от 80 до 86 %, причем пожнивные остатки располагались по всей глубине пашни. В целом качество работы плугов удовлетворяло требованиям агротехники, предъявляемым к лемешно-отвальным плугам общего назначения [3].

Заключение. В результате выполнения многолетних опытно-конструкторских работ и экспериментальных исследований пахотных агрегатов в составе тракторов тягового класса 5



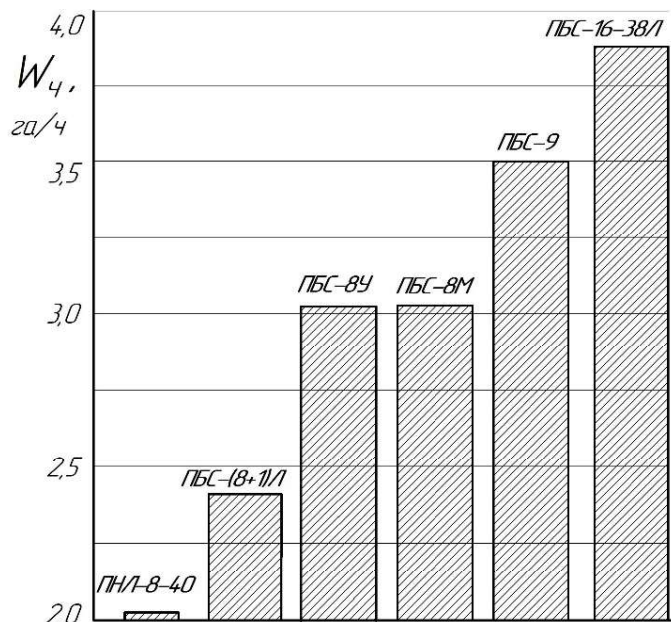


Рисунок 7 – Диаграмма производительности лемешно-отвальных плугов

Figure 7 – Diagram of the productivity of ploughshares

были разработаны и внедрены в хозяйствах лемешно-отвальные плуги общего назначения следующих модификаций: ПБС-(8+1)Л, ПБС-8У, ПБС-8М, ПБС-9, ПБС-16-38Л. При вспашке полей с почвами различного физико-механического состава по стерне зерновых и технических культур установлено, что увеличение производительности агрегатов обеспечивается изменением ширины захвата плугов с корпусами, принципиально отличающимися от известных плугов конструктивно-технологическими параметрами. Плуги с рабочей шириной захвата 3,6–6,0 м позволяют проводить отвальную технологию основной обработки почвы на глубину 15–30 см с производительностью 2,3–3,8 га/ч и расходом топлива 13–15 кг/га при выполнении установленных агротехнических требований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ 27021-86 (СТ СЭВ 628-85). Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Тяговые классы. М.: Издательство стандартов, 1986. 6 с.
- Комбинированное почвообрабатывающее орудие: Патент № 2715035 РФ: МПК А01В 49/02 / В. М. Бойков [и др.]; заявл. 06.05.2019; опубл. 21.02.2020.
- Машины и орудия для глубокой обработки почвы. Методы оценки функциональных показателей: стандарт организации СТО АИСТ 4.1-2010: взамен ОСТ 10 4.1-2004: введен 15.04.2011. М., 2011 36 с.
- Медведев А. А. Оптимизация эксплуатационных показателей пахотных агрегатов на базе современных энергонасыщенных тракторов: на примере пахотного агрегата К-744Р1+ПБС-7/9 в условиях Самарской области: дис. ... канд. техн. наук. Саратов, 2005. 120 с.
- Почвообрабатывающее орудие: Патент № 182753 РФ: МПК А01В 15/00 / В. М. Бойков [и др.]; заявл. 27.04.2018; опубл. 30.08.2018.
- Почвообрабатывающее орудие: Патент № 2379864 РФ: МПК А01В 15/00, А01В 3/00 / В. М. Бойков [и др.]; заявл. 02.07.2008; опубл. 27.01.2010.
- Рабочий орган почвообрабатывающего орудия: Патент № 2216139 РФ: МПК А01В 13/00, А01В 35/00 / С. Я. Беляев [и др.]; заявл. 26.12.2001; опубл. 20.11.2003.
- Способ основной обработки почвы: Патент № 2442303 РФ: МПК А01В 79/00 / В. М. Бойков [и др.]; заявл. 17.08.2010; опубл. 20.02.2012.
- Сравнительный анализ технического уровня плугов по результатам испытаний на машино-испытательных станциях. Солнечногорск, 2014. 75 с.
- Старцев С. В., Старцев А. С., Горбань Д. Г. Альбом-справочник по производственной эксплуатации машинотракторного парка. Саратов, ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2011. 322 с.



11. Тракторное и сельскохозяйственное машиностроение России. Краткий обзор деятельности предприятий за 2021 Национальный аграрный каталог «Сельхозтехника», № 24/2-е полугодие. 2021. С. 18–23. Режим доступа: <https://www.selhoz-katalog.ru/>.

12. Тяговые характеристики сельскохозяйственных тракторов. Альбом-справочник. М.: Россельхозиздат, 1979. 240 с.

REFERENCES

1. GOST 27021-86 (ST SEV 628-85). Agricultural and forestry tractors. Traction classes. Moscow, 1986. 6 p. (In Russ.).

2. Combined tillage tool: Patent No. 2715035 RF: MPK A01V 49/02 / V. M. Boykov, E. V. Boykova, S. V. Startsev, I. A. Bashmakov, E. S. Nesterov, A. V. Pavlov; appl. 05/06/2019; publ. 02/21/2020. (In Russ.).

3. Machines and tools for deep tillage. Methods for assessing functional indicators: organization standard STO AIST 4.1-2010: instead of OST 10 4.1-2004: introduced 04/15/2011. Moscow, 2011. 36 p. (In Russ.).

4. Medvedev A. A. Optimization of operational indicators of arable units based on modern energy-saturated tractors: On the example of the K-744R1+PBS-7/9 arable unit in the Samara region: PhD diss. Saratov, 2005. 120 p. (In Russ.).

5. Tillage tool: Patent No. 182753 RF: MPK A01V 15/00 / V. M. Boykov, E. V. Boykova, S. V. Startsev, A. V. Pavlov, E. S. Nesterov; appl. 04/27/2018; publ. 08/30/2018. (In Russ.).

6. Tillage tool: Patent No. 2379864 RF: MPK A01V 15/00, A01B 3/00 / V. M. Boykov, E. V. Boykova, A. V. Pavlov, V. A. Petrov; appl. 07/02/2008; publ. 01/27/2010. (In Russ.).

7. Working tool of tillage apparatus: Patent No. 2216139 RF: MPK A01V 13/00, A01B 35/00 / S. Ja. Beljaev, S. A. Bobkov, V. M. Boykov, V. A. Dykan', V. M. Pronin; appl. 12/26/2001; publ. 11/20/2003. (In Russ.).

8. Way of primary soil cultivation: Patent No. 2442303 RF: MPK A01V 79/00 / V. M. Boykov, S. V. Startsev, V. M. Pronin, A. V. Pavlov, E. V. Boykova, Ju. F. Kurdjukov; appl. 08/17/2010; publ. 02/20/2012. (In Russ.).

9. Comparative analysis of the technical level of plows based on the results of tests at machine testing stations. Solnechnogorsk, 2014. 75 p. (In Russ.).

10. Startsev S. V., Startsev A. S., Gorban D. G. Album directory on the production machine and tractor park exploitation. Saratov, 2011. 322 p. (In Russ.).

11. Tractor and agricultural engineering in Russia. Brief overview of the activities of enterprises for 2021. *National Agricultural Catalog Agricultural Equipment*, 2021;(24):18–23. Available at: <https://www.selhoz-katalog.ru/>. (In Russ.).

12. Traction characteristics of agricultural tractors. Album directory. Moscow, 1979. 240 p. (In Russ.).

*Статья поступила в редакцию 20.03.2024; одобрена после рецензирования 25.05.2024; принята к публикации 06.06.2024.
The article was submitted 20.03.2024; approved after reviewing 25.05.2024; accepted for publication 06.06.2024.*

