

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ СКОРОСТНОГО ПЛУГА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Бойков В.М., Старцев С.В., Павлов А.В., Нестеров Е.С.

*Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова,
г.Саратов*

Ключевые слова: плуг, почва, глубина, технология, пахотный агрегат, рабочий орган, лемех, производительность, энергоёмкость.

Аннотация. Технология обработки почвы, выполняемая корпусами лемешно-отвальных плугов самая энергоёмкая операция в растениеводстве. Разработан корпус плуга, в котором полевая доска заменена на плоский лемех. Приведены схема технологического процесса обработки почвы скоростным плугом ПБС-8 и результаты исследования энергоёмкости обработки почвы агрегатом МТЗ-2522ДВ+ПБС-8.

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A NEW DESIGN OF A HIGH- SPEED PLOW THAT PROVIDES AN INCREASE IN THE EFFICIENCY OF SOIL CULTIVATION

Boykov V.M., Startsev S.V., Pavlov A.V., Nesterov E.S.

Saratov state agrarian university named after N.I. Vavilov, Saratov

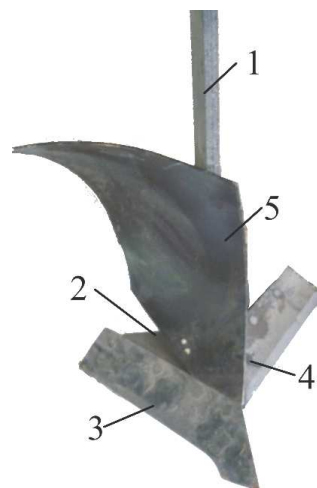
Keywords: plow, soil, depth, technology, arable unit, working body, plowshare, productivity, energy intensity.

Abstract. The technology of tillage performed by the bodies of ploughshares and dump plows is the most energy-intensive operation in crop production. The plow body has been developed, in which the field board has been replaced with a flat plowshare. The scheme of the technological process of tillage with a high-speed plow PBS-8 and the results of a study of the energy intensity of tillage with the MTZ-2522DV+PBS-8 unit are presented.

Основную обработку почвы можно отнести к базисному технологическому процессу при возделывании сельскохозяйственных культур, закладывающему основу будущего высококачественного урожая. В период выполнения основной обработки почва находится в различном физическом состоянии и требует технологических воздействий с учетом влажности и твердости, механического состава, величины и характера пожнивных остатков. Основная отвальная обработка почвы является самой энергоёмкой операцией в растениеводстве, на её долю приходится около половины всех энергоресурсов [1,2]. Применяемые для вспашки почвы лемешно-отвальные плуги общего назначения, ширина захвата корпуса

которых составляет 35-40см, имеют высокое тяговое сопротивление, низкую производительность, что приводит к высоким энергетическим затратам пахотных агрегатов [2,3]. Известно, что на взаимодействие полевой доски отвального корпуса со стенкой обрабатываемого пласта почвы затрачивается 20–25% энергозатрат [3,4].

В ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ» разработан плужный корпус (рис. 1), ширина захвата которого увеличена до 62см [5]. Корпус выполнен из прямолинейной стойки 1, в нижней части которой размещен башмак 2. На башмак устанавливаются лемеха правостороннего 3 и левостороннего 4 действия. К стойке, со стороны правого лемеха, крепится крыло отвала 5. Лемех правостороннего действия образует с отвалом рабочую поверхность, посредством которой обеспечивается оборот пласта. Лемех левостороннего действия одновременно выполняет роль стабилизатора прямолинейного движения плуга, в результате в корпусе отсутствует полевая доска.



1 – стойка; 2 – башмак;
3 – правосторонний лемех;
4 – левосторонний лемех;
5 – отвал

Рис. 1. Корпус плуга

Используя конструкцию нового корпуса создан и изготовлен навесной лемешно-отвальный плуг общего назначения ПБС-8 к тракторам тягового класса 5 [6]. С целью определения энергоемкости технологического процесса, реализуемого экспериментальным плугом, были проведены теоретические и полевые исследования.

Энергетические показатели пахотного агрегата в составе трактора К-2522ДВ и плуга ПБС-8, определялись на поле после уборки ярового ячменя. На поверхности поля находилась стерня высотой в среднем 13,6см с общей массой пожнивных остатков 465,0 г/м². Поле было ровным по составу почва – чернозем обыкновенный среднесуглинистый, не засоренный камнями. Влажность почвы на глубине составляла от 15,4 до 17,7%, твердость почвы от 2,0 до 3,8МПа.

Скоростной плуг ПБС-8 (рис. 2) включал восемь корпусов шириной захвата 0,62м (рисунок 1) с расстоянием между ними по брусу 0,84м. Расстояние от опорной плоскости до нижней плоскости рамы 0,78м. Габаритные размеры плуга: длина 4500мм, ширина 4720мм, высота 1900мм. Общая масса плуга 1700кг. На раме плуга закреплены два механизма регулировки глубины пахоты с опорными пневматическими колесами.

Технологический процесс скоростным плугом ПБС-8 выполнялся по следующей схеме (рис. 3). На поле после уборки урожая предшественника первоначально производится подрезание объема почвы лемехами 1 и 2 сечением $a \times (b_1 + b_2)$ на глубину a , при этом почва крошится и разделяется стойкой корпуса на две части. Одна часть, шириной b_1 перемещается на

необработанный пласт почвы, при этом происходит образование открытой борозды. Вторая раскрошенная часть почвы, шириной b_2 сходит с левостороннего лемеха 2 и опускается на дно борозды. Затем происходит вырезание и крошение следующего пласта почвы сечением $a \times (b_1 + b_2)$. При этом часть пласта почвы $a \times b_1$ захватывает ранее раскрошенный пласт $a \times b_2$ и перемещается с оборачиванием отвалом 3 в открытую борозду. Далее технологический процесс обработки почвы повторяется аналогично предыдущим операциям.



Рис. 2. Лемешно-отвальный плуг ПБС-8

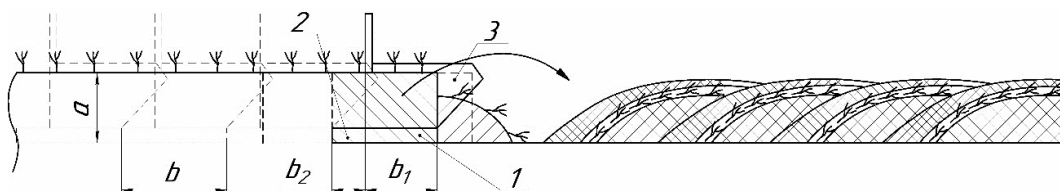


Рис. 3. Схема технологического процесса обработки почвы

Анализируя схему технологического процесса, включающего отвальную и безотвальную обработки почвы, можно рассматривать процесс как энергосберегающий, так как энергоёмкость безотвальной обработки почвы $a \times b_2$ стрельчатыми лапами плоскорезов на 20-30% ниже энергоёмкости обработки почвы $a \times b_1$ лемешно-отвальными плугами [8]. Используя формулу В.П. Горячкина [9] рассчитали энергоёмкость технологического процесса \mathcal{E} :

$$\mathcal{E} = \{ G_1 f_1 + [k_1(ab_1 - 0,5a^2) + \varepsilon_1(ab_1 - 0,5a^2)v^2] 0,75 + G_2 f_2 + k_2(ab_2 + 0,5a^2) + \varepsilon_2(ab_2 + 0,5a^2)v^2 \} / 0,36(b_1 + b_2),$$

где $b_1=0,4\text{м}$ – ширина захвата правого лемеха; $a=0,27\text{м}$ – глубина обрабатываемого слоя почвы; $f_1=0,5$ – коэффициент трения корпуса плуга о почву; $k_1=35,5\text{кН/м}^2$ – коэффициент, характеризующий способность почвенного пласта сопротивляться деформации (правый лемех); $\varepsilon_1=3,43\text{кНс}^2/\text{м}^4$ – коэффициент, зависящий от формы отвала и свойств почвы; $G_1 = 2,74\text{кН}$ – сила тяжести корпуса плуга с правым лемехом; $b_2=0,22\text{м}$ – ширина захвата левого лемеха; $f_2 = 0,655$ – коэффициент трения левого лемеха о почву; $k_2=31,3\text{кН/м}^2$ – коэффициент, характеризующий способность почвенного пласта сопротивляться деформации (левый лемех); $\varepsilon_2=1,46\text{кНс}^2/\text{м}^4$

– коэффициент, зависящий от формы стрелчатой лапы и свойств почвы;
 $G_2=1,4\text{кН}$ – сила тяжести корпуса с левым лемехом.

В результате полевых исследований скоростного плуга ПБС-8 при установочной глубине 27см и скорости движения агрегата 2,8м/с, была получена следующая поверхность пашни (рис. 4).



Рис. 4. Профиль пашни после работы плуга ПБС-8

При исследовании профиля обработанного слоя почвы после работы скоростного плуга ПБС-8 установлено, что стерня и растительные остатки ячменя были заделаны в пахотный слой неравномерно, как по глубине, так и по ширине захвата плуга. Ниже горизонта расположения пожнивных остатков почва находилась в раскрошенном, мелко-комковатом состоянии. Пожнивные остатки более плотно размещены и равномерно перемешаны с почвой на глубине 10-15см. Слой пожнивных остатков по следу прохода каждого корпуса плуга располагался наклонно к дну борозды.

На рисунке 5 представлены зависимости энергоемкости технологического процесса обработки почвы от скорости движения, выполняемого скоростным плугом ПБС-8 при различной глубине пахоты.

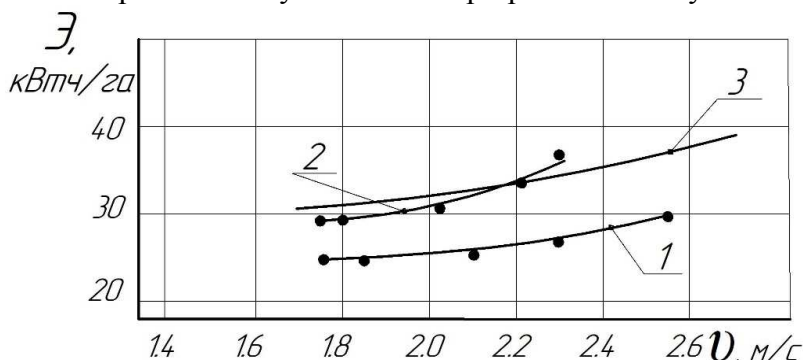


Рис. 5. Зависимость энергоемкости основной обработки почвы от скорости движения агрегата МТЗ-2522ДВ+ПБС-8:

экспериментальная зависимость 1- глубина обработки почвы $a=0,16\text{м}$;
 2- $a=0,27\text{м}$; теоретическая зависимость 3- $a=27\text{см}$

Для оценки эффективности технологий обработки почвы провели сравнение выполнения отвальной вспашки новым скоростным плугом ПБС-8 и серийным лемешно-отвальным плугом общего назначения ПНЛ-8-40. В результате экспериментальных исследований установлено, что удельная энергоёмкость технологического процесса обработки почвы при работе агрегатов в диапазоне скорости 1,75-2,3 м/с, на глубину 27см у МТЗ-2522ДВ+ПБС-8 ниже удельной энергоёмкости процесса обработки почвы агрегатом МТЗ-2522ДВ+ ПНЛ-8-40 на 28...33%. За счет более высокой эксплуатационной производительности пахотного агрегата МТЗ-2522ДВ+ПБС-8 снизились затраты труда по скоростному плугу ПБС-8 на 17,3%, чем по базовому агрегату МТЗ-2522ДВ+ПНЛ-8-40. Расчет экономической эффективности показал, что себестоимость обработки почвы новым плугом ПБС-8 на 29,5 % ниже, чем серийным ПНЛ-8-40.

Список литературы

1. Трубилин Е.И. Результаты экспериментальных исследований определение степени тягового сопротивления лемешного плуга при обработке тяжелых почв / Е.И. Трубилин, С.В. Белоусов, А.И. Лепшина // Научный журнал КубГАУ. 2014. №09(103). С.673-686. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/09/pdf/41.pdf>.
2. Лобачевский Я.П. Состояние и тенденции развития конструкций отвальных плугов общего назначения. – М.: МГАУ им. В.П. Горячкина, 1999. – 27с.
3. Панов И.М. Основные пути снижения энергозатрат при обработке почвы/ И.М. Панов, Н.М. Орлов // Тракторы и сельхозмашины. – 1987. – №8. – С. 27-30.
4. Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины / В.М. Халанский, И.В. Горбачев. – М.: Колосс, 2003. –623 с.
5. Патент №93616 РФ. Рабочий орган почвообрабатывающего орудия / В.М. Бойков, Е.В. Бойкова, В.А. Петров. – Заявл. 10.07.2008; опублик. 10.05.2010, Бюл. №13.
6. Бойков В.М. Эксплуатационно-технологические показатели плугов с тракторами тягового класса 5 / В.М. Бойков, С.В. Старцев, А.В. Павлов, В.В. Пронин // Сельский механизатор. – 2016. – №7. – С.40.
7. Агротехнические требования к основным технологическим операциям при адаптивных технологиях возделывания озимых колосовых и кукурузы и новые технические средства для их выполнения в Краснодарском крае. – Краснодар, 2011. – 271с.
8. Лурье А.Л. Широкозахватные почвообрабатывающие машины / А.Л. Лурье, А.И. Любимов. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние., 1981. – 270с.
9. Горячкин В.П. Собрание сочинений. Т. 2. – М.: Наука, 1970. – 544с.

References

1. Trubilin E.I. Results of experimental studies determining the degree of traction resistance of a ploughshare when processing heavy soils / E.I. Trubilin, S.V. Belousov, A.I. Lepshina // Scientific Journal of KubSAU. 2014. No.09(103). P.673-686. – [Electronic resource]. Access mode: <http://ej.kubagro.ru/2014/09/pdf/41.pdf>.
2. Lobachevsky Ya.P. The state and trends in the development of general-purpose dump plough designs. – Moscow: MGAU named after V.P. Goryachkin, 1999. – 27p.
3. Panov I.M. The main ways to reduce energy consumption during tillage/ I.M. Panov, N.M. Orlov // Tractors and agricultural machines. – 1987. – No. 8. – P. 27-30.
4. Khalansky V.M. Agricultural machines / V.M. Khalansky, I.V. Gorbachev. – M.: Koloss, 2003. – 623 p.
5. Patent No. 93616 RU. The working organ of the tillage tool / V.M. Boikov, E.V. Boikova, V.A. Petrov. – Declared 10.07.2008; publ. 10.05.2010, Bul. No. 13.

6. Boikov V.M., Operational and technological indicators plows with tractors of traction class 5 / V.M. Boikov, S.V. Startsev, A.V. Pavlov, V.V. Pronin // Rural mechanic. – 2016. – No. 7. – P.40.
7. Agrotechnical requirements for the main technological operations at adaptive technologies of cultivation of winter cereals and maize and the new technical means for their implementation in the Krasnodar region. - Krasnodar, 2011. – 271p.
8. Lurie A.L. Wide-coverage tillage machines / A.L. Lurie, A.I. Lyubimov. – L.: Mechanical engineering. Leningr. dep, 1981. – 270p.
9. Goryachkin V.P. Collected works. Vol. 2. – M.: Science, 1970. – 544p.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Бойков Василий Михайлович – доктор технических наук, профессор	Vasily Mikhailovich Boikov – doctor of technical sciences, professor
Старцев Сергей Викторович – доктор технических наук, профессор, kingofscience@yandex.ru	Startsev Sergey Viktorovich – doctor of technical sciences, professor, kingofscience@yandex.ru
Павлов Андрей Владимирович – кандидат технических наук, доцент, pavlovsgau@yandex.ru	Pavlov Andrey Vladimirovich – candidate of technical sciences, associate professor, pavlovsgau@yandex.ru
Нестеров Евгений Сергеевич – кандидат технических наук, доцент, nesterov21@mail.ru	Nesterov Evgeny Sergeevich – candidate of technical sciences, associate professor, nesterov21@mail.ru
Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, г.Саратов, Россия	Saratov state agrarian university named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

Получена 13.09.2021