

DOI 10.24411/2307-2873-2020-10038

УДК 631.319.06

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАЦИОНАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИОННОЙ СХЕМЫ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО АГРЕГАТА

С. Л. Дёмшин, д-р техн. наук, доцент;

Д. А. Зырянов, мл. науч. сотрудник,

ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока,

ул. Ленина, 166а, Киров, Россия, 610007

E-mail: sergdemshin@mail.ru;

В. А. Андреев, д-р техн. наук, профессор;

E-mail: andreev.vas@mail.ru;

В. В. Ильичёв, ст. преподаватель,

E-mail: ilichiev1963@mail.ru,

ГБОУ ВО НГИЭУ,

ул. Октябрьская, д. 22а, г. Княгинино, Россия, 606340

Аннотация. Для осуществления посредством одного технического средства основной и предпосевной обработки почвы разработана технологическая схема многофункционального агрегата со сменными рабочими органами – плоскорежущими лапами для основной почвообработки на 14-25 см и культиваторными лапами для предпосевной почвообработки на 6-14 см. Для определения рациональной конструкционной схемы многофункционального почвообрабатывающего агрегата проведены экспериментальные исследования, в процессе которых изучено влияние на тяговое сопротивление агрегата параметров плоскорежущих лап, их расположения по схеме "прямого" и "обратного" клина на раме агрегата, оптимального местоположения центральной плоскорежущей лапы относительно боковых лап. Результаты опытов показали, что наиболее приемлемы плоскорежущие лапы с углом раствора $2\gamma = 120^\circ$, которые обладают меньшим тяговым сопротивлением при сравнительно равном качестве обработки. В зависимости от скорости движения и схемы установки лап тяговое сопротивление плоскорежущих лап с углом раствора $2\gamma = 95^\circ$ при обработке стерни на 4,7-12,1% выше, чем у лап с углом раствора $2\gamma = 120^\circ$ при обработке пара соответственно на 13,4-20,2%. Среди схем установки плоскорежущих лап наиболее рационально размещение рабочих органов с выносом среднего рабочего органа относительно боковых на 0,40 м независимо от того, по схеме «обратного» или «прямого» клина оно выполнено. Величина тягового сопротивления плоскорежущих лап в этом случае минимальна, и в сравнении с их однорядным расположением, в зависимости

от скорости перемещения, меньше на 4,3-5,4% для схемы установки лап в виде «прямого» клина и на 4,2-4,7% - для схемы «обратного» клина. Исходя из компактности конструкции агрегата, рекомендуется использовать схему расположения плоскорезущих лап в виде «обратного» клина с выносом назад центральной лапы относительно боковых на расстояние, равное 0,35-0,40 м.

Ключевые слова: технология основной безотвальной почвообработки, лапа плоскорезущая, дисковая секция, тяговое сопротивление.

Введение. В настоящее время модернизация сельскохозяйственной техники, в том числе для растениеводства, проводится по нескольким основным направлениям, включающим повышение надёжности разрабатываемых технических средств и осуществления технологического процесса, увеличение производительности, снижение энергоёмкости выполняемых операций и т.д. [1]. Для сегмента почвообрабатывающей техники, помимо вышеперечисленного, актуальным является повышение функциональности разрабатываемых машин, которое в конечном итоге должно уменьшить номенклатуру требуемого машинно-тракторного парка. Одним из решений может послужить применение в конструкции агрегатов принципа блочно-модульной компоновки с использованием комплектов сменных рабочих органов для разных видов обработки почвы. Изучение рынка сельскохозяйственной техники [2-7] выявило отсутствие многофункциональных агрегатов, способных качественно и надёжно выполнять посредством одной машины основную обработку почвы и комплекс операций предпосевной обработки почвы.

Цель исследования – определение оптимальной конструкционной схемы многофункционального почвообрабатывающего агрегата посредством исследования влияния параметров и местоположения

плоскорезущих лап на тяговое сопротивление.

Методика. Анализ результатов разработки универсальных почвообрабатывающих агрегатов в ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока показал, что для региональных условий достаточно эффективна осуществляемая ими технология основной обработки почвы. Она заключается в том, что плоскорезущие лапы подрезают пласт почвы, кроша и разрыхляя его, далее дисковые рабочие органы дополнительно обрабатывают верхний почвенный слой [8-10]. Используя в качестве основы данные этих исследований, разработана схема многофункционального технического средства для осуществления обработки почвы с двумя комплектами сменных рабочих органов. Для проведения основной безотвальной почвообработки на глубину 14–25 см используются плоскорезущие лапы (рис. 1), для осуществления комплекса операций предпосевной почвообработки на глубину 6–14 см – культиваторные лапы стрельчатого типа. Дисковые рабочие органы применяются в любой комплектации агрегата. Конструкция агрегата предусматривает также его оснащение быстросъёмными адаптерами для поверхностной, финишной почвообработки в виде катков, штригель-борон и т.д.

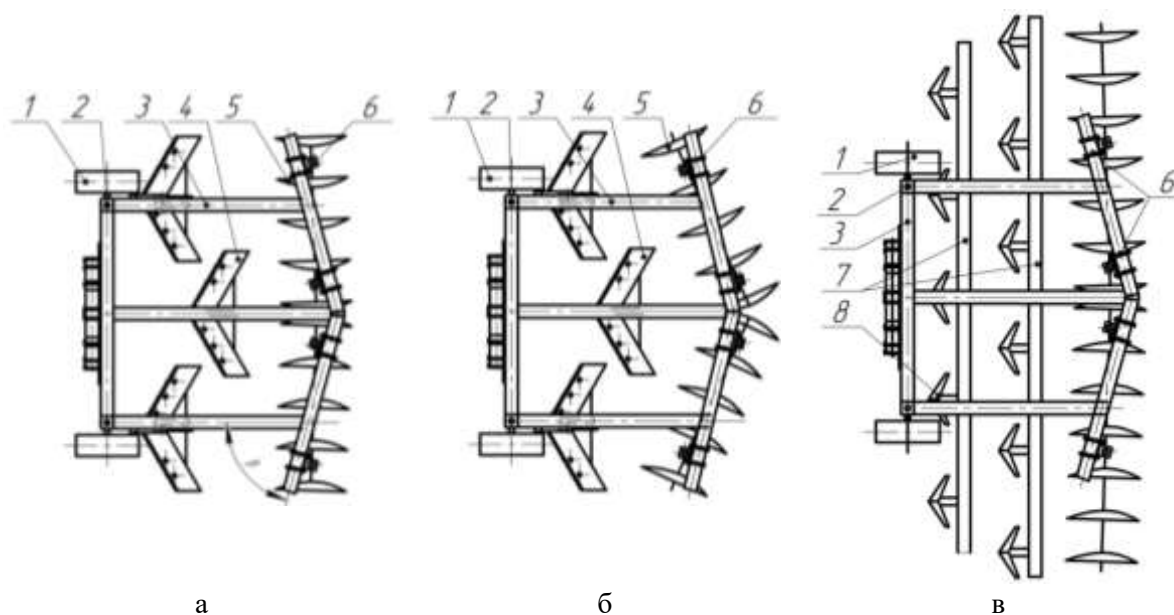


Рис. 1. Схема размещения рабочих органов почвообрабатывающего агрегата (плоскорезущие лапы установлены по схеме «обратного» клина):

а, б - плоскорезущие лапы и дисковые секции при установке с минимальным и максимальным углом атаки; в - культиваторные лапы и дисковые секции при установке с минимальным углом атаки; 1 - колесо опорное; 2 - механизм регулировки положения колёс; 3 - рама; 4 - лапы плоскорезущие; 5 - секции дисковые; 6 - кронштейн крепления дисковой секции; 7 - брус съёмный; 8 - лапы культиваторные

Секции дисковых рабочих органов оснащены механизмами регулировки глубины почвообработки и имеют ступенчатое регулирование угла атаки. Данная регулировка возможна вследствие того, что шарнирная конструкция в конструкции кронштейнов крепления позволяет монтировать их с разных сторон бруса. Угол β (рис. 1, а), под которым установлен брус рамы для крепления секций дисковых рабочих органов, соответствует среднему значению их угла атаки [11]. Это позволяет дисковым секциям иметь интервал изменения угла атаки, равный от 0 до 30°, что достаточно для использования в составе комбинированных агрегатов.

При окончательной разработке компоновочной схемы почвообрабатывающего

орудия необходимо определиться с местоположением рабочих органов. В большей мере это относится к рабочим органам для основной обработки почвы - плоскорезущим лапам, так как их параметры и размещение на раме агрегата определяет её форму и размеры, расположение дополнительных рабочих органов. Для орудия с тремя плоскорезущими лапами возможна установка рабочих органов по двум схемам размещения: «прямого» и «обратного» клина. Схема установки плоскорезущих лап также имеет существенное влияние на энергоёмкость обработки почвы, что отмечается в ряде исследований [12-14], но при этом нет общего мнения об оптимальной схеме их расположения. Также общая компоновочная схема агрегата зависит от вы-

бора оптимального угла раствора плоскорежущих лап, исходя из их тягового сопротивления.

Для исследования влияния схемы размещения и параметров плоскорежущих лап на тяговое сопротивление орудия изготовлена лабораторно-полевая установка (рис. 2), конструкция которой позволяет устанавливать плоскорежущие лапы с углами раствора 70° , 95° , 120° при ширине захвата $0,76$ м и регистрировать тяговое сопротивление рабочих органов с помощью динамометра ДПУ-20-2. Первоначально план эксперимента предусматривал изучение в качестве одного из факторов угла раствора плоскорежущей лапы, но при проведении

однофакторных экспериментов выявлено, что трактор МТЗ-82 не обеспечивает тяговое усилие, необходимое для работы лабораторной установки с установленными плоскорежущими лапами с углом раствора 70° при глубине почвообработки более 18 см. Поэтому проведены экспериментальные исследования с углами раствора 95° и 120° установленных плоскорежущих лап при двух вариантах их расположения на раме на стерне и чистом пару. В первом варианте использована схема «прямого» клина, во втором - «обратного» клина. При этом вынос центральной плоскорежущей лапы относительно боковых составлял $S = \pm 0,4$ м.



а



б



в

Рис. 2. Расположение плоскорежущих лап с углом раствора $2\gamma = 120^\circ$ на раме установки со смещением S (м) центральной лапы относительно боковых:

а - $S = +0,4$ м ($x_1 = +1$); б - $S = 0$ ($x_2 = 0$); в - $S = -0,4$ м ($x_3 = -1$).

Исследования орудия проведены на тигучей для региональных условий дерново-

подзолистой среднесуглинистой почве. ботки - $h = 18$ см.

Опыт в условиях чистого пара выполнен при влажности почвы 15,2%, средняя твёрдость почвы в слое до 0,3 м составляла 1,45 МПа. Глубина почвообработки составляла $h = 23$ см. При обработке стерни эксперимент осуществлён при влажности почвы 16,8%, её средняя твёрдость в слое до 0,3 м составляла 2,61 МПа. Глубина почвообра-

ботки - $h = 18$ см. Далее реализован трёхфакторный план Бокса-Бенкина для оценки влияния на энергоёмкость РТ (кН) плоскорезной обработки агрегатом скорости V (км/ч) движения, глубины обработки h (м) почвы и параметров схемы размещения плоскорезующих лап орудия, определяемого положением средней лапы S (м) относительно боковых (табл.).

Таблица

Обозначение факторов, уровни и интервалы их варьирования

Код фактора	Название фактора, его обозначение и единица измерения	Уровень фактора			Интервал варьирования
		-1	0	+1	
x_1	Скорость движения V , км/ч	3,20	5,55	7,90	2,35
x_2	Расположение средней плоскорезующей лапы относительно боковых лап S , м	- 0,4	0	+ 0,4	0,4
x_3	Глубина обработки почвы h , м	0,16	0,20	0,24	0,04

При реализации плана эксперимента обрабатывалась дерново-подзолистая тяжелосуглинистая почва. Влажность почвы составляла 23,8%, средняя твёрдость почвы в слое до 0,3 м - 2,12 МПа. Агрегатирование лабораторной установки осуществлялось с МТЗ-82 на передачах 5 (с редуктором), 3 (с редуктором) и 2 (с редуктором).

Результаты. Однофакторные эксперименты по изучению влияния угла раствора плоскорезующей лапы и схемы их размещения на тяговое сопротивление орудия показали (рис. 3), что для всего исследуемого диапазона скоростей движения агрегата его тяговое усилие при использовании плоскорезующих лап с углом раствора $2\gamma = 120^\circ$ значительно меньше по сравнению с лапами с углом раствора $2\gamma = 95^\circ$ при сравнительно одинаковом качестве обработки. В зависимости от скорости движения орудия и схемы установки лап тяговое сопротивление плоскорезующих лап с углом раствора $2\gamma = 120^\circ$ при обработке стерни на 4,7-12,1% ниже по сравнению с лапами с

углом раствора $2\gamma = 95^\circ$. При обработке чистого пара снижение тягового сопротивления составляет 13,4-20,2%. Статистически значимой разницы между значениями тягового сопротивления плоскорезующих лап, установленных по исследуемым схемам, не выявлено.

Результаты опыта подтвердили данные ранее проведенных исследований технологического процесса совместного функционирования плоскорезующих лап и секций сферических дисков при проведении основной обработки почвы и продемонстрировали преимущество применения в региональных условиях Евро-Северо-Востока России плоскорезующих лап с углом раствора $2\gamma = 120^\circ$ [15, 16]. Это вызвано характерным для региона неглубоким горизонтом расположения основной части корневой системы растений (в слое почвы до 12-15 см), что практически исключает обволакивание лезвий лап растительными остатками при выполнении основной плоскорезной почвообработки и делает нецелесообразным ис-

пользование плоскорезущих лап с малыми углами раствора, которые препятствуют сгуживанию корней растений на лезвиях. Также при больших значениях угла раствора лапы снижается площадь её лемехов и

башмака и, соответственно, уменьшается подвергаемый деформации объём почвы, что положительным образом сказывается на энергоёмкости плоскорезной обработки.

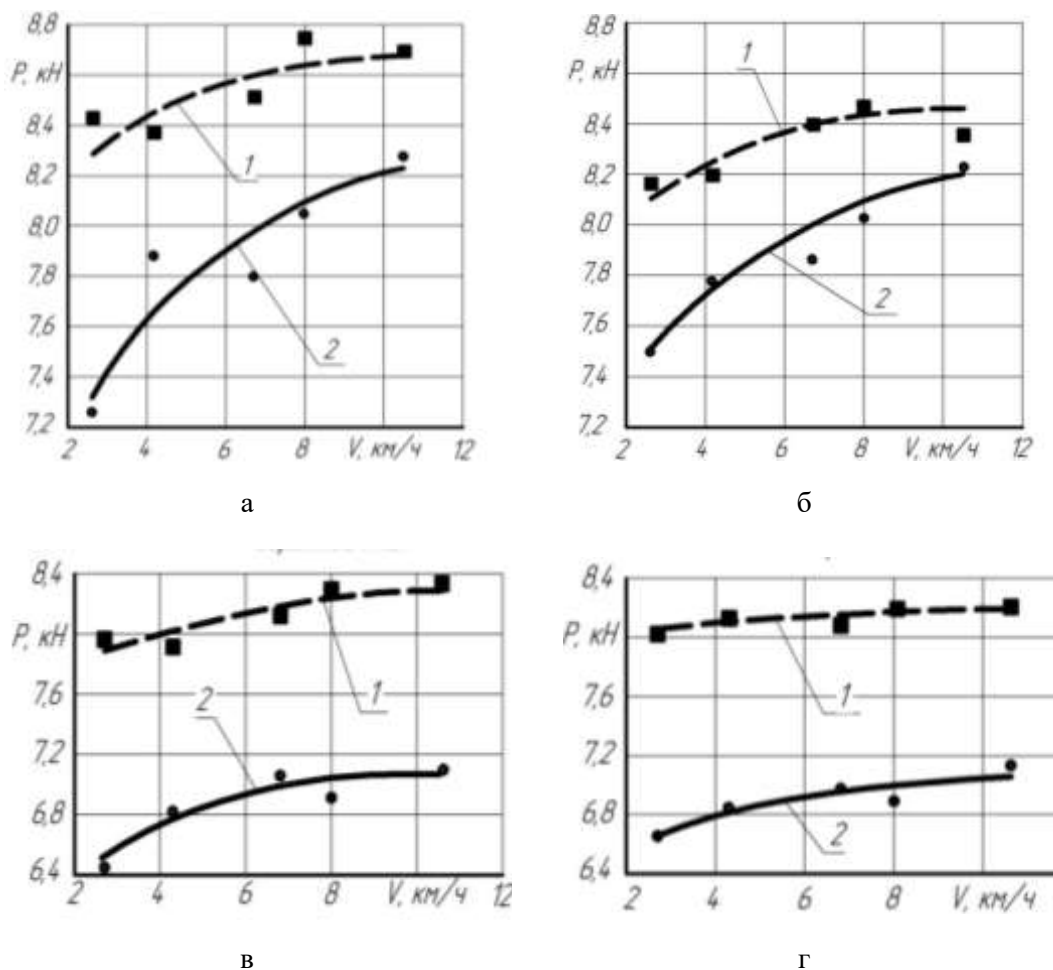


Рис. 3. Влияние угла раствора 2γ (град.) плоскорезущей лапы и расположения плоскорезущих лап по схеме «прямого» (б, г) и «обратного» (а, в) клина на тяговое сопротивление P_t (кН) агрегата при обработке: а, б – стерни; в, г – чистого пара; 1 - угол раствора $2\gamma = 95^\circ$, 2 - угол раствора $2\gamma = 120^\circ$

Результаты однофакторных экспериментов не дали однозначного ответа на вопрос о рациональном месте установки рабочих органов плоскореза и величине выноса центральной плоскорезущей лапы относительно боковых, поэтому реализован план Бокса-Бенкина второго порядка. При этом одним из факторов в нём являлось

значение смещения S (м) центральной лапы по ходу движения по сравнению с двумя боковыми лапами.

В результате обработки данных, полученных в ходе эксперимента, выявлена следующая модель регрессии, адекватно описывающая технологический процесс с вероятностью $p = 0,95$:

$$Y_1 = 10,946 + 0,198 \cdot x_1 + 1,569 \cdot x_3 - 0,476 \cdot x_2^2 - 0,771 \cdot x_3^2. \quad (1)$$

Результаты исследований, представленные в графическом виде на рисунке 4, подтвердили широко известные результаты ранее осуществленных экспериментальных исследований о том, что возрастание тяго-

вого сопротивления почвообрабатывающих рабочих органов орудия в первую очередь зависит от соответствующего увеличения скорости движения и глубины почвообработки [17, 18].

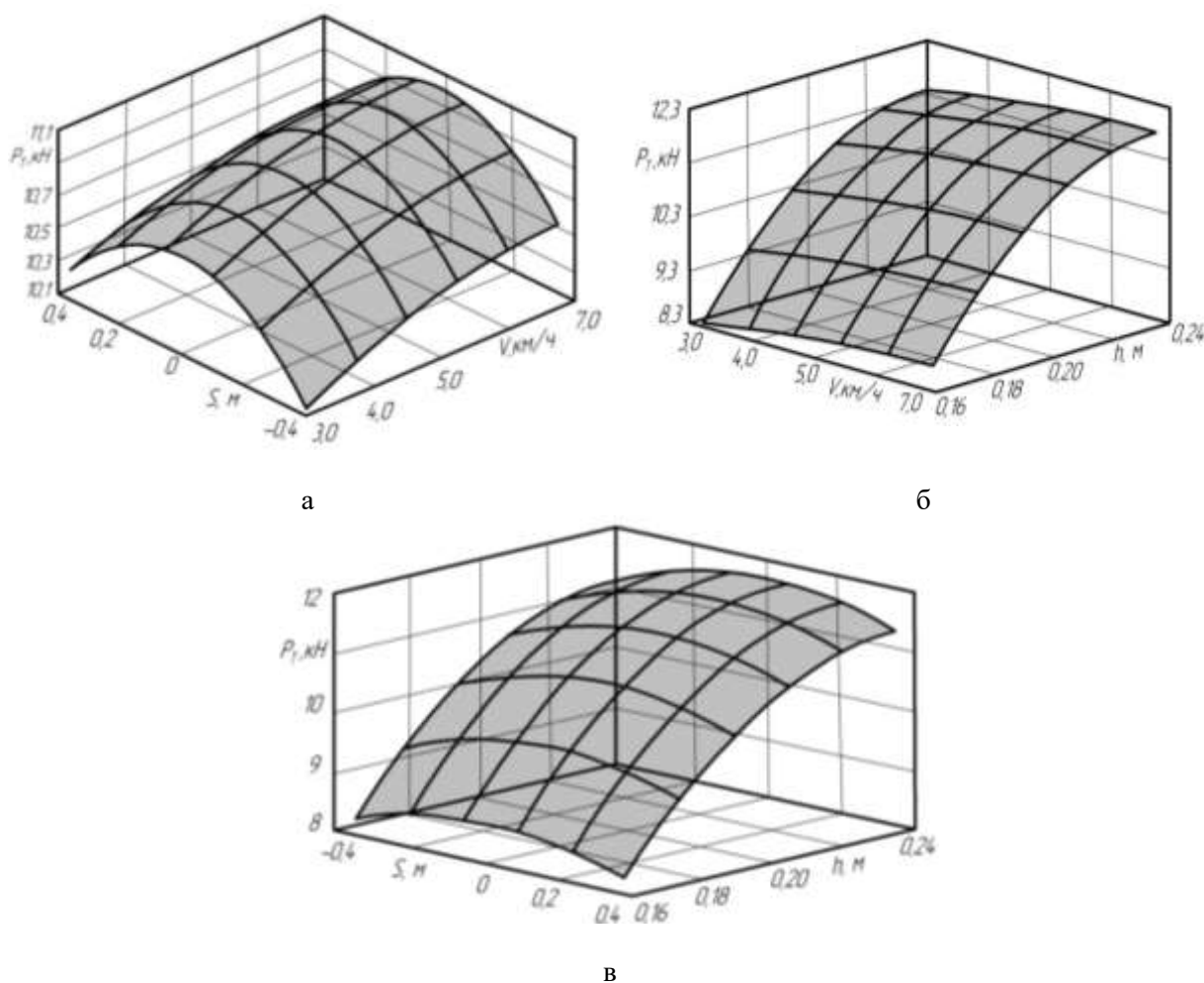


Рис. 4. Влияние положения S (м) средней плоскорезущей лапы относительно боковых (x_2), скорости V (км/ч) движения агрегата (x_1), глубины обработки h (м) почвы (x_3) на тяговое сопротивление P_T (кН) агрегата; а - $h = 0,2$ м ($x_3 = 0$); $S = 0$ м ($x_2 = 0$); $V = 5,55$ км/ч ($x_1 = 0$)

Зависимость энергоёмкости плоскорезной обработки почвы от схемы расстановки рабочих органов не имеет столь однозначной тенденции. Так, при схеме установки лап в виде «прямого» клина (с наибольшим смещением среднего рабочего органа относительно боковых на величину $S = \pm 0,4$ м)

происходит снижение их общего тягового сопротивления в зависимости от скорости на 4,3-5,4% по сравнению с соответствующими показателями при схеме размещения лап в одном ряду ($S = 0$ м). Для размещения рабочих органов по схеме «обратного» клина уменьшение энергоёмкости обработ-

ки почвы составляет 4,2-4,7% по сравнению со схемой размещения лап в одном ряду. Значения и динамика изменения тягового сопротивления орудия при двухрядном размещении лап для исследуемых схем практически идентичны, что позволяет использовать при проектировании конструкционной схемы агрегата любую из них. Исходя из компактности конструкции агрегата, было принято решение использовать вариант установки плоскорезующих лап по схеме «обратного» клина.

При этом оптимальное значение расстояния между рядами плоскорезующих лап находится в пределах $S = 0,35-0,40$ м, так как меньший вынос средней лапы повышает тяговое сопротивление плоскореза, а превышение этого показателя нецелесообразно, исходя из компактности конструкции агрегата.

Выводы.

1. Для осуществления посредством одного технического средства основной и предпосевной обработки почвы разработана технологическая схема многофункционального агрегата со сменными рабочими орга-

нами – плоскорезующими лапами для основной почвообработки на 14-25 см и культиваторными лапами для предпосевной почвообработки на 6-14 см.

2. Размещение плоскорезующих лап с углом раствора $2\gamma = 120^\circ$ по схеме «прямого» клина по сравнению с однорядным расположением рабочих органов снижает тяговое сопротивление плоскореза на 4,3-5,4%, по схеме «обратного» клина – на 4,2-4,7%.

Исходя из компактности конструкции агрегата, рекомендуется использовать схему расположения плоскорезующих лап в виде «обратного» клина с выносом назад центральной лапы относительно боковых на расстояние равное 0,35-0,40 м. В качестве рабочих органов для основной почвообработки наиболее приемлемы плоскорезующие лапы с углом раствора $2\gamma = 120^\circ$, имеющие меньшее тяговое сопротивление.

Исследования проведены согласно Программе ФНИ государственных академий наук (раздел 10.9, подраздел 162), тема НИР №0528-2019-0094 (№ гос. регистрации АААА-А19-119042290137-1).

Литература

1. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России на период до 2020 года. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. 78 с.
2. Клочков А. В., Попов В. А. Современная сельскохозяйственная техника для растениеводства: пособие. Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2009. 172 с.
3. Сравнительные испытания сельскохозяйственной техники: науч. издание / Под общ. ред. В. М. Пронина. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. 416 с.
4. Talarczyk W., Zbytek Z. Uniwersalna konstrukcja kultywatora podorywkowego i obsypnika do ziemniaków // Zeszyty problemowe postępyw nauk rolniczych. 2009. № 543. Pp. 355-364.
5. LEMKEN GmbH & Co. KG [Electronic resource], Germany: Weseler Straße 5, Alpen, 46519, Access mode: <https://lemken.com/ru/>, (date of circulation 15/07/2020).
6. PÖTTINGER Landtechnik GmbH [Electronic resource], Austria: Industriegelände 1, 4710 Grieskirchen, Access mode: <https://www.poettinger.at>, (date of circulation 15/07/2020).
7. Мухамадьяров Ф. Ф., Коробицын С. Л., Соболева Н. Н. Техничко-экономическое обоснование оптимального состава средств механизации с учетом агроэкологического районирования сельскохозяйственных территорий на микроуровне // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016. № 2 (51). С. 68-73.

8. Андреев В. Л., Козлова Л. М., Дёмшин С. Л., Попов Ф. А. Модернизация плуга для безотвальной обработки почвы и его использование при возделывании яровой пшеницы // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2013. № 2 (33). С. 63-66.
9. Characteristic and efficiency of operation of the unit for non-plough soil cultivation and the cultivation and sowing unit in conditions of the Eastern European part of Russia / L. Kozłowa, E. Noskova, F. Popov [et all.] // *Agricultural Engineering*. 2014. Vol. 152. No. 4. Pp. 151-163. DOI: <http://dx.medra.org/10.14654/ir.2014.152.090>
10. Мухамадьяров Ф. Ф. Вопросы энергоресурсосбережения в растениеводстве // *Владимирский земледелец*. 2010. № 3. С. 10-14.
11. Многофункциональный почвообрабатывающий агрегат: пат. 2679700 Рос. Федерация, № 2018110972; заявл. 27.03.2018; опубл. 12.02.2019, Бюл. № 5. 10 с.
12. Юдкин В. В., Катрич А. И. Рациональная схема расстановки рабочих органов плоскорезов-глубококорыхлителей // *Техника в сельском хозяйстве*. 1987. № 3. С. 28-29.
13. Труфанов В. В. Глубокое чизелевание почвы М.:Агропромиздат, 1989. 140 с.
14. Лурье А. Б., Любимов А. И. Широкозахватные почвообрабатывающие машины. Л.: Машиностроение, 1981. 270 с.
15. Нуризянов Р. Р. Совершенствование конструктивно-технологической схемы и оптимизация основных параметров плуга-плоскореза при безотвальной обработке почвы: дис. ... канд. техн. наук. Киров, 2008. 176 с.
16. Дёмшин С. Л. Техника для ресурсосберегающей технологии основной обработки почвы // *Достижения науки и техники АПК*. 2010. № 7. С. 67-68.
17. Синекоков Г. Н., Панов И. М. Теория и расчёт почвообрабатывающих машин. М.: Машиностроение, 1977. 328 с.
18. Бурченко П. Н. Механико-технологические основы почвообрабатывающих машин нового поколения. М.: ВИМ, 2002. 212 с.

RESEARCH RESULTS ON DETERMINING A RATIONAL DESIGN SCHEME OF A MULTIFUNCTIONAL TILLAGE UNIT

S. L. Demshin, Dr. Tech. Sci., Assistant Professor

D. A. Zyryanov, Researcher

Federal Agricultural Research Center of the North-East,
166a, Lenina St., Kirov, Russia, 610007

E-mail: sergdemshin@mail.ru;

V. L Andreev, Dr. Tech. Sci., Professor

E-mail: andreev.vas@mail.ru;

V. V. Ilyichev, Senior Lecturer

E-mail: ilichiev1963@mail.ru,

Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics

22a, Oktyabrskaya St., Knyaginino, Russia, 606340

ABSTRACT

The design and technological scheme of a multifunctional unit is proposed, capable of performing the primary non-moldboard tillage and secondary pre-sowing tillage is proposed, with replaceable working bodies: flat hoes to perform the subsoil tillage to a depth of 14-25 cm or cultivator hoes for carrying out pre-sowing tillage to a depth of 6-14 cm. To determine the optimal

design and technological scheme of a multifunctional tillage unit, experiments were carried out to study the influence on its traction resistance of the parameters of flat hoes, their location according to the scheme of "direct" and "reverse" wedge on the frame of unit, the optimal position of the middle flat hoe relative to the side flat hoes. The results of the experiment showed that the most acceptable flat hoes with an apex angle of $2\gamma = 120^\circ$, which have a lower traction resistance with a relatively equal quality of processing. The traction resistance of flat-cutting paws with an apex angle of $2\gamma = 95^\circ$, depending on the speed of movement and the installation scheme of the flat hoes when processing stubble, is 4.7–12.1% higher than that of flat hoes with an apex angle of $2\gamma = 120^\circ$, when processing complete fallow, respectively, by 13.4–20.2%. Installation of working bodies with a maximum displacement of the middle flat hoe relative to the lateral ones, equal to 0.4 m, for the installation scheme of the flat hoes of "direct" wedge on the frame of unit allows some reduction, depending on the speed of movement, the traction force by 4.3–5.4%, for the "reverse" wedge on 4.2–4.7%. The values of the traction resistance of the flat hoes, set at a distance of ± 0.4 m for both paw placement schemes, are practically equal, which makes it possible to use any of the placement schemes when developing a tillage machine. From a structural point of view, the layout of flat hoes in the form of a "reverse" wedge is more acceptable. The optimum displacement of the middle flat hoe relative to the side paws is 0.35–0.40 m.

Key words: technology of the primary non-moldboard tillage, flat hoe, disk sections, traction resistance.

References

1. Strategiya mashinno-tehnologicheskoy modernizatsii sel'skogo hozyajstva Rossii na period do 2020 goda (The strategy of machine-technological modernizing of agriculture of Russia for the period till 2020), M., FGNU «Rosinformagrotekh», 2009, 78 p.
2. Klochkov A. V., Popov V. A. Sovremennaya sel'skokhozyaystvennaya tekhnika dlya rasteniyevodstva (Modern agricultural machinery for crop production), posobie, Gorki: Belorusskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya, 2009, 172 p.
3. Sravnitel'nyye ispytaniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki (Comparative tests of agricultural machinery), nauch. izdaniye, Pod obshch. red. V. M. Pronina, M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2013, 416 p.
4. Talarczyk W., Zbytek Z. Uniwersalna konstrukcja kultywatora podorywkowego i obsypnika do ziemniaków (Universal construction stubble cultivator and shaper of the ridges for potatoes), Zeszyty problemowe postępow nauk rolniczych, 2009, No. 543, pp. 355–364.
5. LEMKEN GmbH & Co. KG [Electronic resource], Germany: Weseler Straße 5, Alpen, 46519, Access mode: <https://lemken.com/ru/>, (retrieved on 15/07/2020).
6. PÖTTINGER Landtechnik GmbH [Electronic resource], Austria: Industriegelände 1, 4710 Grieskirchen, Access mode: <https://www.poettinger.at>, (retrieved on 15/07/2020).
7. Mukhamad'yarov F. F., Korobitsyn S. L., Soboleva N. N. Tekhniko-ekonomicheskoye obosnovaniye optimal'nogo sostava sredstv mekhanizatsii s uchetom agroekologicheskogo rayonirovaniya sel'skokhozyaystvennykh territoriy na mikrourovne (Technical-and-economic justification of the optimal composition of means of mechanization considering agroecological regionalizing of an agricultural territories at the microlevel), Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka, 2016, No.2 (51), pp. 68–63.
8. Andreev V. L., Kozlova L. M., Demshin S. L., Popov F. A. Modernizatsiya pluga dlya bezotval'noy obrabotki pochvy i yego ispol'zovaniye pri vozdeleyvanii yarovoy pshenitsy (Modernization of the plow for moldless tillage and its use in the cultivation of spring wheat), Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka, 2013, No. 2 (33), pp. 63–66.
9. Characteristic and efficiency of operation of the unit for non-plough soil cultivation and the cultivation and sowing unit in conditions of the Eastern European part of Russia, L. Kozłowa, E. Noskova, F. Popov [et al.], Agricultural Engineering, 2014, Vol. 152, No. 4, pp. 151–163. DOI: <http://dx.medra.org/10.14654/ir.2014.152.090>.

10. Mukhamad'yarov F. F. Voprosy energoresursosberezheniya v rasteniyevodstve (Issues of energy conservation in crop production), Vladimirsky zeledelts, 2010, No. 3, pp. 10-14.
11. Multifunctional tillage unit: pat. 2679700 RU, № 2018110972; date of submission 27.03.2018; date of publication 13.04.2020, Bull. No. 11. 10 p.
12. Yudkin V. V., Katrich A. I. Racional'naya skhema rasstanovki rabochih organov ploskorezov-glubokoryhlitelej (Rational scheme of the arrangement of the working bodies of blade cultivator), Tekhnika v sel'skom hozyajstve, 1987, No. 3, pp. 28-29.
13. Trufanov V. V. Glubokoye chizelevaniye pochvy (Deep chiseling of soil), M., Agropromizdat, 1989, 140 p.
14. Lur'ye A. B., Lyubimov A. I. Shirokozakhatnyye pochvoobrabatyvayushchiye mashiny (Wide-range tillage machines), L., Mashinostroenie, 1981, 270 p.
15. Nurizyanov R. R. Sovershenstvovanie konstruktivno-tekhnologicheskoy skhemy i optimizatsiya osnovnyh parametrov pluga-ploskoreza pri bezotval'noj obrabotke pochvy (Perfection of the constructive-technological scheme and optimization of the basic parameters of the plough-blade cultivator at moldless tillage), dis. ... kand. tekhn. nauk, Kirov, 2008, 176 p.
16. Demshin S. L. Tekhnika dlya resursosberegayushchey tekhnologii osnovnoy obrabotki pochvy (Technique for resource-saving technology of basic tillage), Dostizheniya nauki i tekhniki APK, 2010, No.7, pp. 67-68.
17. Sineokov G. N., Panov I. M. Teoriya i raschyot pochvoobrabatyvayushchih mashin (Theory and calculation of soil-cultivating machines), M., Mashinostroenie, 1977, 328 p.
18. Burchenko P. N. Mekhaniko-tekhnologicheskiye osnovy pochvoobrabatyvayushchikh mashin novogo pokoleniya (Mechanical and technological foundations of new generation soil cultivation machines), M., VIM, 2002, 212 p.

DOI 10.24411/2307-2873-2020-10041

УДК 631.363

ПОВЫШЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ МОЛОТКОВОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ ПОДАЮЩИМ БУНКЕРОМ

В. Г. Мохнаткин, д-р техн. наук, профессор;

М. С. Поярков, канд. техн. наук, доцент;

Р. М. Горбунов, канд. техн. наук,

ФГБОУ ВО Вятская ГСХА,

Октябрьский проспект, 133, Киров, Россия, 610017

E-mail: Mohnatkin@vgsha.info

Аннотация. Представлены результаты исследований разработанного в Вятской ГСХА молоткового измельчителя грубых кормов. Отличительной особенностью агрегата является конструкция горизонтального подающего бункера. Кроме того, дан подробный анализ существующего состояния данного направления по созданию как измельчителей грубых кормов, так и в целом кормоприготовительной техники. Исследования проведены с использованием современных методов математического моделирования с проведением как