

УДК 631.312.021.3

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДОЛОТА НА ТЯГОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И РЕСУРС ЛЕМЕХОВ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПЛУГОВ

МИРОНОВ Д.А.,
науч. сотр.,

ЛИСКИН И.В.,
науч. сотр.,

СИДОРОВ С.А.,
докт. техн. наук

Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация, e-mail: mironov-denis87@mail.ru

Плужный лемех – наиболее нагруженная и быстроизнашиваемая деталь пахотного агрегата. В ВИМ разработали и провели эксплуатационные испытания нового лемеха с накладным выдвигающимся долотом, отвечающего всем основным европейским требованиям по качеству обработки почвы. Лицевая поверхность остова лемеха имеет эвольвентную форму, при которой угол резания непрерывно снижается в направлении от полевого к бороздному обрезу. Лезвия остова и долота наплавлены твердым сплавом. Зона носовой части лемеха, предназначенной для заглубления плужного корпуса, имеет оптимальное значение для плугов типа ПЛН-3...8-35, а параметры средней задней пяточной части позволяют снизить нагрузку на лемех до минимального тягового сопротивления. Провели цикл испытаний в полевых условиях для определения тягового сопротивления в зависимости от геометрических параметров долот, в частности от ширины долота и его вылета, а также ресурсные испытания до предельного состояния по износу и поломкам или в связи с окончанием пахотного сезона. Испытания показали, что на тяжелых почвах с твердыми механическими включениями ресурс опытных лемехов с накладным долотом превысил ресурс серийных с наплавкой лезвия П702 в 3,0-3,5 раза. Средняя наработка опытных лемехов в 3,0-3,5 раза больше наработки серийных. Эффект от применения опытных лемехов по критерию цена–качество в 1,5-1,9 раза выше серийного.

Ключевые слова: лемех, долото, износ деталей, наработка, тяговое сопротивление.

В настоящее время вспашка остается основным видом глубокой обработки почвы. Плужный лемех – наиболее нагруженная и быстроизнашиваемая деталь пахотного агрегата [1-3]. Выглубление плуга на суглинках и предельный износ на песках – основная причина отказа работы лемехов. Суглинки составляют большинство посевных площадей РФ (более 80%) [4]. Для плугов отечественного производства в нашей стране изготавливают лемеха, сконструированные еще во второй половине прошлого века.

В ВИМ разработан и в настоящее время прошел эксплуатационные испытания новый лемех ЛМД-35 ВИМ, отвечающий всем основным европейским требованиям по качеству обработки почвы, устойчивости хода плуга и энергозатратам на единицу обрабатываемой площади пахоты.

Лемех имеет трапецевидную форму с накладным выдвигающимся долотом. Лицевая поверхность остова лемеха имеет эвольвентную форму, при которой угол резания непрерывно снижается

по линейной зависимости в направлении от первого крепежного отверстия, ближайшего к полемому обрезу, до бороздного обреза и пятки [5]. Лезвия остова и долот наплавлены твердым сплавом методом плазменной наплавки. Ширина наплавки составила 20-25 мм, толщина 2,5-3,0 мм [6, 7].

Таким образом, зона носовой части лемеха, основная задача которой обеспечить заглубление плужного корпуса, имеет оптимальное значение для плугов типа ПЛН-3...8-35, а параметры средней и задней, пяточной части позволяют снизить нагрузку на лемех и, соответственно, на корпуса плуга до минимального значения тягового сопротивления [8].

При конструировании нового лемеха большое внимание уделялось геометрическим параметрам долота – детали, испытывающей максимальные нагрузки при пахоте. Поэтому был проведен цикл испытаний в полевых условиях с использованием соответствующих тензометрических приборов для определения тягового сопротивления плуга при

различных положениях и геометрических параметрах примененных долот к лемехам конструкции ВИМ [9].

Для испытаний изготовили два вида долот разной ширины, которые устанавливали на корпуса в двух позициях по величине вылета относительно лезвия остова. Получены данные по пяти вариантам испытываемых лемехов, включая серийные.

При разработке и изготовлении нового лемеха учитывали следующие факторы. Прежде всего лемех должен соответствовать серийному по параметрам его крепления на башмаке и на ширине захвата. При этом конструктивно лемех должен обеспечивать необходимую более высокую, в сравнении с серийным, заглубляющую способность при вспашке, регулируемую механизмом заглубления плуга.

Улучшенная форма лезвийной части опытного лемеха достигнута путем создания криволинейной поверхности лицевой стороны остова лемеха. Угол установки лемеха ко дну борозды (угол резания) составляет 43° в сечении, перпендикулярном спинке и проходящем через первое крепежное отверстие, а на пятке – 23° .

Серийный лемех П702 имеет постоянный угол резания $36-39^\circ$ по всей длине лемеха.

Материалом для лемеха и долота послужила высококачественная кремнисто-марганцовистая хромистая сталь, применяемая для промышленного производства, имеющая в термообработанном состоянии предел прочности более 1580 МПа [6].

Цель исследования – определение тяговых и агротехнических показателей плуга в зависимости от геометрических параметров лемешных долот. В частности, изучали влияние величины вылета и ширины долота на силу тяги плужного корпуса и на значение глубин обработки почвы.

Материалы и методы. Для испытаний использовали лемеха трапецевидной формы четырех видов: с узким долотом (ширина 55 мм) с вылетом относительно лезвия остова 20 и 40 мм и с широким долотом (ширина 65 мм) с теми же параметрами (рис. 1).

Эталоном для сравнения служил серийный долотообразный лемех П702, представленный на рисунке 2.

Помимо определения усилия резания в начальный период эксплуатации, проведенного после наработки 1-1,2 га на лемех, все лемеха прошли полный цикл полевых ресурсных испытаний до предельного состояния по износу и поломкам или в связи с окончанием пахотного сезона.

Лемеха изготовлены в ВИМ и испытаны в 2014 г. в хозяйстве «Крапивна» Сергиево-Посадского района Московской области. Почвы представляли собой средний и тяжелый суглинок с каменистыми

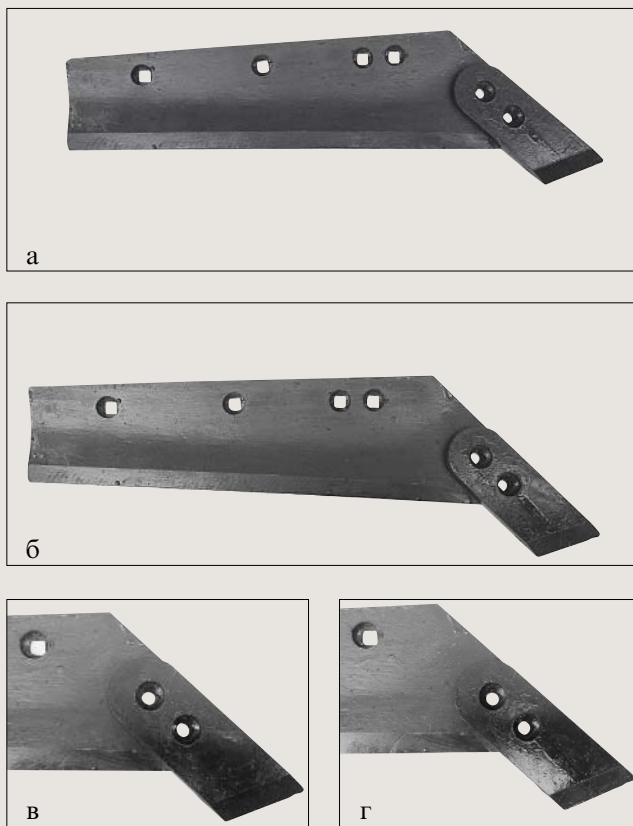


Рис. 1. Лемеха трапецевидной формы:

а – с узким долотом (ширина 55 мм), вылет относительно лезвия – 20 мм; б – с узким долотом (ширина 55 мм), вылет относительно лезвия – 40 мм; в – с широким долотом (ширина 65 мм), вылет относительно лезвия – 20 мм; г – с широким долотом (ширина 65 мм), вылет относительно лезвия – 40 мм

включениями, твердость почвы в период испытаний составляла 2,6-4,5 МПа (в отдельные периоды до 5,7 МПа).

Программа-методика испытаний включала:

- первичную техническую экспертизу всех испытываемых лемехов, в том числе серийных;
- результаты тензометрирования опытных и серийных лемехов;
- агротехнические показатели, в частности фактическую глубину обработки почвы (замеры проводили линейкой с миллиметровым интервалом) и степень крошения по среднему диаметру почвенных фрагментов,
- фиксацию и характер отказа лемехов (предель-



Рис. 2. Серийный долотообразный лемех П702

Таблица

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ ОПЫТНЫХ И СЕРИЙНЫХ ЛЕМЕХОВ

Показатели	Опытные ВИМ				Серийные П702
	ширина долота, 55 мм		ширина долота, 65 мм		
	вылет долота, 20 мм	вылет долота, 40 мм	вылет долота, 20 мм	вылет долота, 40 мм	
Ширина захвата плужного корпуса, см	35	35	35	35	35
Средняя скорость пахоты, км/ч	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3
Глубина пахоты, см	19-21	20-23	19-21	20-23	17-19
Средняя твердость почвы на глубине 15-17 см, МПа	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
Тяговое сопротивление трехкорпусного плуга, кН	16,41	17,20	16,65	17,51	14,98
Средняя наработка на отказ, га	12,81*	13,01*	13,03*	13,8*	3,2-4,5
Выбраковка лемеха, %: по износу по поломкам и деформациям, исключающим дальнейшую эксплуатацию лемеха	0	0	0	0	30
	20	30	0	0	70
Крошение почвы по размерам глыб, % более 100 мм 30-100 мм	60	70	60	80	60
	40	30	40	20	40
Гребнистость, см средняя	3,8	4,0	3,7	4,0	3,4

* лемех и долото пригодны для дальнейшей эксплуатации

ный износ, изгибы, поломки, потеря лемеха в поле).

По окончании испытаний проводили анализ результатов по наработке и надежности опытных и серийных лемехов, а также экономическую оценку целесообразности замены опытных лемехов на серийные или необходимость их доработки.

Результаты и обсуждение. Испытания проходили в два этапа. Сначала проводили первичную техэкспертизу, включающую определение геометрических и весовых параметров лемехов и долот по каждому из них непосредственно перед установкой на плужные корпуса. Затем плуги с испытываемыми лемехами закрепляли на трактор и приводили пахотный агрегат в транспортное положение. Впереди трактора с плугом ставили еще один трактор, выполнявший роль тягового механизма.

Между тракторами располагали тросовую стяжку с прикрепленным к ней электронным динамометром марки ЭВК-10М, обеспечивающим максимальное усилие до 10 т. Далее осуществляли проход всей движущейся части с поднятым плугом. Тяговое сопротивление пахотного агрегата с поднятым плугом на динамометре устанавливали на нулевую отметку. В этом положении можно было начинать определение тяговых и ресурсных характе-



Рис. 3. Лемеха после испытаний: опытный лемех при наработке 15 га пригоден к дальнейшей эксплуатации (вверху); серийный лемех П702 при наработке 4,7 га достиг предельного износа (внизу)

ристик плуга без учета сопротивления трактора пахотного агрегата [5]. Результаты испытаний представлены в таблице.

Результаты полевых испытаний показали, что на сверхтяжелых почвах с твердыми механическими включениями наработка опытных лемехов с накладным долотом составила 10-15 га. При этом лемеха, у которых ширина долота составляла 65 мм, выходили из строя при наработке на 20-25% больше, чем с узкими долотами шириной 55 мм. Тяго-

вое сопротивление в начальный период эксплуатации у лемехов с широкими долотами превышало аналоги с узкими долотами на 5-8%. Серийные лемеха отработали в среднем по 5-7 га и были сняты с плугов по причине износа либо изгиба носка или в связи с поломками. С учетом замены долот у опытных лемехов средняя наработка остова лемеха как наиболее массивного и трудоемкого элемента, увеличивалась дополнительно на 15-25%. При этом большинство опытных лемехов были пригодны к дальнейшей эксплуатации (рис. 3).

При одинаковой установочной глубине пахоты опытные лемеха обеспечили большую глубину обработки почвы по сравнению с серийными. Исходя из изложенного очевиден вывод, что лемеха с накладным долотом имеют ощутимые преимущества по ресурсу, в сравнении с серийными наплавляемыми П702.

По окончании испытаний проведена экономическая оценка эффективности применения опытных лемехов по затратам средств на ремонт и техническое обслуживание в сравнении с серийными лемехами в соответствии с ГОСТ Р 53056-2008.

Цена на опытные лемеха с накладным долотом

представлена разработчиками ВИМ и составляет вместе с долотом $750+150=900$ руб. Цена серийного лемеха, по данным завода-изготовителя, 417 руб.

Из результатов расчета стоимости и данных испытаний получено, что затраты на обслуживание, (замену лемехов и долот в связи с потерей работоспособности, вызванной износом, поломками и деформациями) у серийных лемехов на 20-30% выше, по сравнению с опытными.

Выводы

1. Установлено, что плуг с опытными лемехами выполняет технологический процесс с показателями, не уступающими работе плуга, укомплектованного серийными лемехами.

2. Тяговое сопротивление плуга с опытными лемехами на 5-10% выше, чем с серийными, но при лучшем качестве работы (главным образом большей глубине обработки).

3. Средняя наработка опытных лемехов в 3-3,5 раза превышает наработку серийных при стоимости, большей в 2,13 раза.

4. Эффект от применения опытных лемехов по принципу цена – качество в 1,5-1,9 раза выше серийного.

Литература

1. Сакун В.А., Лобачевский Я.П., Сизов О.А. Современный этап и пути дальнейшего развития пахотных агрегатов // *Техника в сельском хозяйстве*. – 1991. – № 3. – С. 9.

2. Лобачевский Я.П., Панов А.И., Панов И.М. Перспективные направления совершенствования конструкций лемешно-отвальных плугов // *Тракторы и сельхозмашины*. – 2000. – № 5. – С. 12.

3. Миронов Д.А. Анализ конструктивных параметров лемехов плугов для почвообработки // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2013. – № 4. – С. 48.

4. Измайлов А.Ю., Сидоров С.А., Лобачевский Я.П., Хорошенков В.К., Гончаров Н.Т., Кузнецов П.А. Формирование наноструктурированных состояний для рабочих органов почвообрабатывающих машин с использованием средств автоматизации // *Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве: Сб. докл. XI Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 2*. – М.: ВИМ, 2010. – С. 407-416.

5. Лискин И.В., Миронов Д.А., Сидоров С.А. Равновесие плуга в продольно-вертикальной плоскости // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2014. – 6. – С. 41-46.

6. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сидоров С.А., Хорошенков В.К., Миронов Д.А., Родионова И.Г., Кузнецов П.А., Деев А.А., Чернобаев С.П. К вопросу применения новых наноматериалов для рабочих органов почвообрабатывающих машин // *Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем: Сб. докл. XII Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 1*. – М.: ВИМ, 2012. – С. 229-234.

7. Измайлов А.Ю., Сидоров С.А., Лобачевский Я.П., Хорошенков В.К., Кузнецов П.А., Юрков М.А., Голосиенко С.А. Научные принципы повышения износостойкости рабочих органов почвообрабатывающей техники // *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*. – 2012. – № 3. – С. 5-7.

8. Сидоров С.А., Миронов Д.А. Обоснование повышения эксплуатационно-ресурсных характеристик лемехов плугов // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2013. – № 6. – С. 14-17.

9. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сидоров С.А., Хорошенков В.К., Зайцев А.И., Родионова И.Г., Амежнов А.В. Новые виды коррозионно-стойких биметаллов и технологии их производства // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2014. – № 4. – С. 7-12.

INFLUENCE OF GEOMETRICAL PARAMETERS OF CHISEL ON TRACTION CHARACTERISTICS AND RESOURCE OF DOMESTIC PLOUGHSHARES

D.A.Mironov, I.V.Liskin, S.A.Sidorov

All-Russia Research Institute of Mechanization for Agriculture, 1st Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russian Federation

A ploughshare is the most laden and fast-worn out detail of the arable unit. The authors developed and carried out operational tests of a new ploughshare with retracting face-mounted chisel. This tool meets all main European requirements for quality of soil tillage. A front surface of a ploughshare body has an evolvent form. As result, an angle of cutting edge decreases continuously in the direction from field to a slot part. Body and chisel edges are built up by a hard-facing alloy. A zone of a ploughshare nose part intended for deepening of the plow case has optimum value for plows of the types PLN-3...8-35. Parameters of middle back heel part allow to lower load of a ploughshare to the minimum traction resistance. The authors carried out field trials for determination of traction resistance depending on geometrical parameters of chisels, in particular from width and exposure of a chisel, and resource tests until a limit state on wear and breakages or in connection with the end of an arable season. Tests showed that on heavy soils with firm mechanical inclusions the resource of experimental ploughshares with a retracting face-mounted chisel exceeded a resource serial ones P702 with cutting edge welding by 3.0-3.5 times. The average operating time of experimental ploughshares was 3.0-3.5 times more than an operating time of serial ones. The effect from use of experimental ploughshares by criterion price-quality was 1.5-1.9 times higher than the serial ones.

Keywords: Ploughshare; Chisel; Wear of details; Operating time; Traction resistance.

References

1. Sakun V.A., Lobachevskiy Ya.P., Sizov O.A. *Sovremennyy etap i puti dal'neyshego razvitiya pakhotnykh agregatov [Present stage and ways of further development of plowing units]. Tekhnika v sel'skom khozyaystve. 1991. No. 3. pp. 9 (Russian).*
2. Lobachevskiy Ya.P., Panov A.I., Panov I.M. *Perspektivnye napravleniya sovershenstvovaniya konstruktivnykh lemshno-otval'nykh plugov [Perspective directions of improvement of moldboard share ploughs design]. Traktory i sel'khoz mashiny. 2000. No. 5. pp. 12 (Russian).*
3. Mironov D.A. *Analiz konstruktivnykh parametrov lemshov plugov dlya pochvoobrabotki [Analysis of design factors of plow ploughshares for a soil cultivating]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2013. No. 4. pp. 48 (Russian).*
4. Izmaylov A.Yu., Sidorov S.A., Lobachevskiy Ya.P., Khoroshenkov V.K., Goncharov N.T., Kuznetsov P.A. *Formirovanie nanostrukturirovannykh sostoyaniy dlya rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin s ispol'zovaniem sredstv avtomatizatsii [Formation of nanostructured states for working tools of soil-cultivating machines with use of automation equipment]. Avtomatizatsiya i informatsionnoe obespechenie proizvodstvennykh protsessov v sel'skom khozyaystve: Sb. dokl. XI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Ch. 2. Moscow: VIM, 2010. pp. 407-416 (Russian).*
5. Liskin I.V., Mironov D.A., Sidorov S.A. *Ravnovesie pluga v prodol'no-vertikal'noy ploskosti [Plow balance in the longitudinally vertical plane]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2014. No. 6. pp. 41-46 (Russian).*
6. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Mironov D.A., Rodionova I.G., Kuznetsov P.A., Golosienko S.A., Bobkova T.I., Deev A.A., Chernobaev S.P., Pechushkin S.A., Ryabov V.V., Kudryavtseva I.V., Yurkov M.A. *Kvoprosu primeneniya novykh nanomaterialov dlya rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin [Use of new nanomaterials for cultivating machines working elements revisited], Modernizatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na baze innovatsionnykh mashinnykh tekhnologiy i avtomatizirovannykh sistem: Sb. dokl. XII Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Ch. 1, Moscow: VIM, 2012. pp. 229-234 (Russian).*
7. Izmaylov A.Yu., Sidorov S.A., Lobachevskiy Ya.P., Khoroshenkov V.K., Kuznetsov P.A., Yurkov M.A., Golosienko S.A. *Nauchnye printsipy povysheniya iznosostoykosti rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchey tekhniki [Scientific principles of increase of wear resistance of soil-cultivating machines working tools]. Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk. 2012. No. 3. pp. 5-7 (Russian).*
8. Sidorov S.A., Mironov D.A. *Obosnovanie povysheniya ekspluatatsionno-resursnykh kharakteristik lemshov plugov [Justification of increase of operational and resource characteristics of ploughshares]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2013. No. 6. pp. 14-17 (Russian).*
9. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Zaytsev A.I., Rodionova I.G., Amezhnov A.V. *Novye vidy korrozionnostoykikh bimetallov i tekhnologii ikh proizvodstva [New types of corrosion-resistant bimetal and their production technology]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2014. No. 4. pp. 7-12 (Russian).*