

ЛИСКИН ИГОРЬ ВИКТОРОВИЧ, научный сотрудник¹

E-mail: liskin-igor@rambler.ru

АЛДОШИН НИКОЛАЙ ВАСИЛЬЕВИЧ, докт. техн. наук, профессор²

E-mail: naldoshin@yandex.ru

ГОРБАЧЕВ ИВАН ВАСИЛЬЕВИЧ, член-корреспондент РАН, докт. с.-х. наук, профессор²

E-mail: cxm.msau@yandex.ru

ПАНОВ АНДРЕЙ ИВАНОВИЧ, канд. техн. наук, доцент²

E-mail: pandivof@mail.ru

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»; 109428, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, Российская Федерация

² Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, ул. Тимирязевская, 49, Москва, Российская Федерация

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПЛУЖНЫХ ЛЕМЕХОВ С НАКЛАДНЫМ ДОЛОТОМ

На базе Федерального научного агроинженерного центра ВИМ и Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева разработана опытная конструкция трапецевидных лемехов с накладным оборотным долотом. Спроектированы остов лемеха и долото, которые можно изготавливать из прокатной стальной полосы специального сечения, отличающиеся тем, что на тыльной поверхности остова располагается ребро жесткости, проходящее от бороздного до полевого обреза параллельно спинке и лезвию лемеха. Преимуществами новой конструкции являются: невысокая стоимость изготовления; повышенная прочность и долговечность; наличие оборотного долота, позволяющего после износа одной режущей кромки развернуть долото на 180° и продолжать его эксплуатацию. Остов лемеха и долото изготовлены из стали 30ХГСА, закаленной до твердости 45...48 HRC; толщина лемеха в месте ребра жесткости равна 12 мм, на линии спинки – 9 мм, на линии кромки лезвия – 2,5...3 мм. Длина нового лемеха составляет 580 мм, ширина – 125 мм, вылет долота – 40 мм, что обеспечивает хорошую заглубляющую способность при вспашке твердых почв. Опытные лемеха с накладным оборотным долотом испытывались в 2015-2016 гг., в период с августа по октябрь в СПК «Крапивинский», Щёкинском районе Тульской области. Почвы имели среднесуглинистый механический состав, твердость почвы в период испытаний составляла 2,4...3,8 МПа. Опытные лемеха испытывались на восьмикорпусном плуге ПЛН-8-35 в агрегате с трактором К-700А. Глубина пахоты составляла 20...25 см, что характерно для данной почвенно-климатической зоны. Скорость движения агрегата 8,5...10,5 км/ч. По результатам испытаний средняя наработка опытных лемехов составила 85...90 га/лемех, в том числе долот – 69...74 га/лемех. Все опытные лемеха признаны пригодными к дальнейшей эксплуатации. Проведенные лабораторно-полевые испытания новых лемехов без применения дорогостоящей наплавки лезвий показали их преимущество по ресурсу перед серийными лемехами с наплавкой в 2,5...3,3 раза. Работоспособность составного лемеха новой конструкции обеспечивает не менее одного цикла годового сезона пахоты без замены запасных частей.

Ключевые слова: плуг, лемех, долото, профиль проката, ресурс.

Введение. В настоящее время в России серийные плуги оборудуют лемехами двух типов: цельными долотообразными или составными с остовом (основой лемеха) и накладным долотом [1-2]. Для использования на вспашке почв, обладающих высокими абразивными свойствами, применяют различные виды упрочнения режущей части лемехов [3-4].

Цельные долотообразные лемеха имеют гладкую, без выступов лицевую поверхность. Поэтому

плуги, оснащенные цельными лемехами, имеют на 2...5% меньшее тяговое сопротивление по сравнению с плугами, оснащенными лемехами с накладным долотом [5].

Тем не менее в настоящее время все большее распространение получают именно составные лемеха. Подобными лемехами оснащаются плуги многих ведущих фирм-производителей [6-8]. Показатели долговечности у лемеха с накладным долотом, по данным полевых испытаний,

в 2...4 раза и более превышают те же параметры цельного долотообразного лемеха [9]. Накладное долото составного лемеха, так же как и носок цельного лемеха, при работе является наиболее быстро изнашивающейся частью. В случае достижения предельного износа носовой части цельный лемех выбраковывают полностью, тогда как на составном в большинстве случаев достаточно поменять лишь одно долото, которое значительно дешевле всего лемеха. Помимо этого, долото закрывает носовую часть лемеха и тем самым увеличивает прочность последнего в случае наезда на препятствие (камни и т.п.). Проведенные исследования показали, что лемеха с накладным долотом имеют в 3...5 раз меньше поломок в зоне носка по сравнению с цельными лемехами из-за увеличенной толщины носовой части за счет толщины долота [10].

Цель исследований – разработать лемех с накладным обратным долотом с конфигурацией, соответствующей серийному лемеху трапецевидной формы по размерам крепления, ширине захвата и другим геометрическим параметрам.

Материал и методы. При проектировании нового лемеха была поставлена технологическая задача сделать такой остов, который можно было бы изготавливать из лемешной прокатной полосы неперiodического профиля. Для выполнения поставленной задачи профиль остова лемеха спроектировали таким образом, что в поперечном сечении он представлял собой фигуру, состоящую из двух трапеций: *I* и *II* (рис. 1, *a*).

Часть *I* относится к зоне крепления лемеха к башмаку плужного корпуса, *II* – к режущей части. При этом лицевая поверхность *k* лемеха является плоской, а тыльная состоит из двух отрезков, расположенных под разными углами α и β к поверхности *k*.

Особенностью неперiodического профиля является наличие ребра жесткости, образованного в точке *b'* на стыке углов α и β и проходящего по всей длине остова лемеха от полевого до бороздного обреза. Изменяя значения этих углов и толщину ребра жесткости (величину отрезка *bb'*), можно добиться оптимальных геометрических параметров сечения лемешной полосы, при которых угол β влияет на угол установки лемеха к дну борозды (угол резания), а угол α – на заострение его режущей части.

Схема профиля полосы стального проката и контура вырезаемого обратного долота показана на рисунке 1 (*б*).

Очевидно, что любое долото: накладное, приставное или приваренное – увеличивает нагрузку на лемех, так как на полевого обреза, являющемся вершиной трехгранного клина, появляется дополнительная деталь, по поверхности которой перемещаются почвенные частицы [5]. Исследования как цельных, так и составных лемехов к отечественным плугам серии ПЛН позволили выявить важную тенденцию: при износе лемеха

на его лицевой поверхности всегда появляются ярко выраженные следы направления движения почвенных частиц. Траектории движения частиц почвы по долоту отклоняются от полевого обреза лемеха на угол $d = 9...14^\circ$ против часовой стрелки (рис. 2).

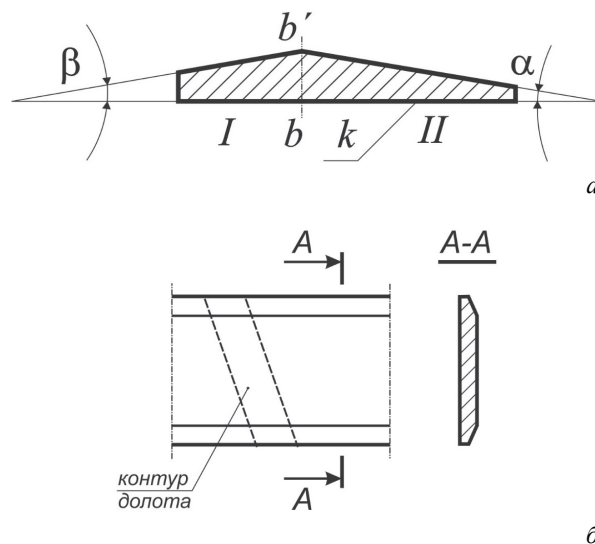


Рис. 1. Схемы профилей: остова лемеха (*a*) и полосы проката с контуром долота (*б*)

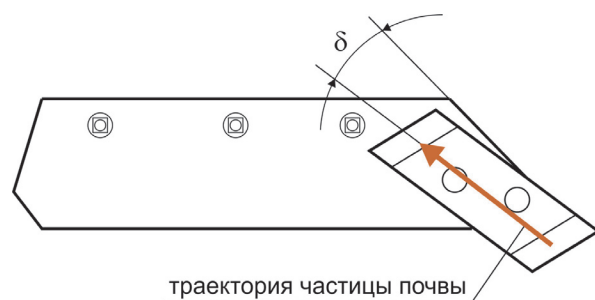


Рис. 2. Схема движения частиц почвы при износе и угол установки долота

С учетом данного фактора при проектировании нового лемеха долото следует устанавливать по направлению движения почвенных частиц. Это положение соответствует смещению долота относительно полевого обреза корпуса на угол $d = 12^\circ$, что приводит к снижению нагрузки в носовой части, так как почвенные частицы перемещаются вдоль долота, а не под углом к нему.

Вновь спроектированное долото сделано обратным: после интенсивного износа его можно развернуть на 180° и тем самым увеличить ресурс.

Основные характеристики опытных лемехов: плоская лицевая поверхность, ребро жесткости на тыльной стороне остова и накладное обратное долото в носовой части, крепящееся двумя болтами. Остов лемеха и долото изготовлены из стали 30ХГСА, закаленной до твердости 45...48 HRC;

толщина лемеха в месте ребра жесткости равна 12 мм, на линии спинки – 9 мм, на линии кромки лезвия – 2,5...3 мм. Длина нового лемеха составляет 580 мм, ширина – 125 мм, вылет долота – 40 мм, что обеспечивает хорошую заглубляющую способность при вспашке твердых почв.

Опытные лемеха с накладным оборотным долотом испытывались в 2015-2016 гг., в период с августа по октябрь в СПК «Крапивинский», Щёкинском районе Тульской области. Почвы имели среднесуглинистый механический состав, твердость почвы в период испытаний составляла 2,4...3,8 МПа.

Опытные лемеха испытывались на восьмикорпусном плуге ПЛН-8-35 в агрегате с трактором К-700А. Глубина пахоты составляла 20...25 см, что характерно для данной почвенно-климатической зоны. Скорость движения агрегата 8,5...10,5 км/ч.

По результатам испытаний, средняя наработка на опытный лемех составила 60 га. Все опытные лемеха признаны пригодными к дальнейшей эксплуатации (рис. 3).



а



б

Рис. 3. Опытный лемех с накладным долотом после наработки 60 га:
а – вид с лицевой стороны;
б – вид с бороздного обреза

Испытания опытных лемехов с накладными оборотными долотами продлились до полного износа и использования их технического ресурса. При максимальном износе долот они были обернуты на 180°. Предельный износ долот, установленных первоначально вместе с новыми лемехами, составил в среднем 45...50 га. После оборота долот с изношенным лезвием на 180° лемеха проработали еще по 30...37 га, т.е. около 60% от ресурса до оборота долот. Снижение ресурса долот после их оборота объясняется тем, что режущая часть оборотного долота изнашивается от воздействия абразивных частиц, скользящих по лицевой поверхности. Происходит износ по толщине долота и соответственно снижается износостойкость этой части лезвия.

Таким образом, применение оборотного долота позволяет увеличить ресурс до 70...80 га, что гарантирует работоспособность лемеха в целом без замены запасных частей не менее цикла годового сезона пахоты в полевых условиях зоны испытаний.

Средняя наработка опытных лемехов в 2015-2016 гг. составила 85...90 га/лемех, в том числе долот – 69...74 га/лемех.

Средняя наработка до предельного состояния серийных лемехов П702 с наплавкой лезвия составила 20...25 га. При этом большинство из них, около 80%, выбракованы по предельному износу, а 20% – по причине поломок и деформаций, исключающих дальнейшую эксплуатацию.

Выводы

1. Разработанные опытные лемеха с накладным долотом имеют существенные преимущества по ресурсу перед серийными наплавленными П702; средняя наработка опытных лемехов в 2,5...3,3 раза превысила наработку серийных лемехов.

2. Опытные лемеха изготовлены без применения наплавки лезвия, что значительно снижает их стоимость.

3. Для промышленного производства лемехов разработанной конструкции рекомендуется изготовление из стального проката с непериодическим профилем как для остова, так и для долота, что значительно упростит технологический процесс и снизит их себестоимость.

Библиографический список

1. Машиностроение. Энциклопедия в сорока томах. Сельскохозяйственные машины и оборудование. Т. IV-16 / И.П. Ксенович, Г.П. Варламов, Н.Н. Колчин и др. М.: Машиностроение, 2002. 720 с.
2. Лобачевский Я.П., Панов А.И., Панов И.М. Перспективные направления совершенствования конструкций лемешно-отвальных плугов // Тракторы и сельхозмашины. 2000. № 5. С. 8-12.

3. Лискин И.В., Миронов Д.А., Панов А.И., Горбачев И.В. Лемеха с накладным долотом для плугов общего назначения // Сельский механизатор. 2016. № 11. С. 14-15.

4. Ерохин М.Н., Новиков В.С. О совершенствовании конструктивных параметров рабочих органов плуга // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2005. № 1. С. 25-31.

5. Миронов Д.А., Лискин И.В., Сидоров С.А. Влияние геометрических параметров долота на тяговые характеристики и ресурс лемехов отечественных плугов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. № 6. С. 25-29.

6. LEMKEN GmbH & Co. KG. URL: <https://lemken.com/en/soil-cultivation/ploughing/> (дата обращения 6.11.2017).

7. Kverneland Plough Bodies. Excellent Ploughing Quality. URL: <https://download.kvernelandgroup.com/Media/Files/Brochure-Bodies-MRP.pdf> (дата обращения 6.11.2017).

8. Grégoire Besson Russie. Plough innovations. URL: <https://ru.gregoire-besson.com/ru/innovation/plough-innovations> (дата обращения 6.11.2017).

9. Лобачевский Я.П., Лискин И.В., Сидоров С.А. и др. Разработка и технология изготовления почвообрабатывающих рабочих органов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. № 4. С. 3-8.

10. Лискин И.В., Панов А.И., Горбачев И.В. Результаты испытаний лемехов с накладным долотом // Сельский механизатор. 2017. № 5. С. 8-9.

Статья поступила 8.11.2017

IMPROVING THE DESIGN OF PLOUGHSHARES WITH A COMPOSITE CHISEL

IGOR V. LISKIN, *Research Associate*²

E-mail: liskin-igor@rambler.ru

NIKOLAI V. ALDOSHIN, *DSc (Eng), Professor*¹

E-mail: naldoshin@yandex.ru

IVAN V. GORBACHEV, *Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, DSc (Ag), Professor*¹

E-mail: cxm.msau@yandex.ru

ANDREI I. PANOV, *PhD (Eng), Associate Professor*¹

E-mail: pandivof@mail.ru

¹ Russian Timiryazev State Agrarian University; 127550, Timiryazevskaya Str., 49, Moscow, Russian Federation

² Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Agricultural Engineering Centre VIM"; 109428, 1-iy Institutsky proyezd, 5, Moscow, Russian Federation

Federal Scientific Agricultural Engineering Centre VIM and Russian Timiryazev State Agrarian University have developed an experimental design of trapezoidal ploughshares with a reversible composite chisel. The authors outline the design of the ploughshare core and the chisel that can be made from a rolling strip of a special cross-section form, with a stiffening rib located on the back surface of the core, extending from the furrow to the field cut in parallel to the share back and blade. The advantages of the new ploughshare design include low manufacturing costs; increased strength and durability; and the availability of the reversible chisel providing for a reversal of the chisel by 180° after the wearing out of one of its cutting edges and thus the prolongation of its operation. The share core and the chisel are made of 30ХГСА steel grade hardened to 45...48 HRC; the share thickness in the stiffener is 12 mm, on the back line – 9 mm, and on the edge line of the blade – 2.5...3 mm. The length of the new share is 580 mm, the width – 125 mm, and the chisel extension – 40 mm, which provides good penetration when plowing hard soils. Experimental shares with reversible chisels were tested in 2015-2016, in the period from August to October in the farm "Krapivinsky" enterprise, Shchyokino district, Tula region. The tested soil had a medium loamy texture, the soil hardness during the testing period was 2.4...3.8 MPa. The experimental share was tested on the 8-base PLN-8-35 plow attached to K-700A tractor. The depth of plowing was 20...25 cm, which is typical for the considered soil-climatic zone. The machine speed was 8.5...10.5 km/h. According to the test results, the average operating time of the experimental plowshares was 85...90 ha/share, including the bit – 69...74 ha/share. All the tested shares were considered suitable for further operation. Field tests of new ploughshares without the use of expensive surfacing blades have shown their advantage over the resource of serial ploughshares

of 2.5...3.3 times. The composite ploughshare of a new design can operate for at least one cycle of the annual ploughing season without the replacement of their spare parts.

Key words: plough, ploughshare, chisel, rolled steel profile, resource.

References

1. Ksenevich I.P., Varlamov G.P., Kolchin N.N. et al. Mashinostroenie. Entsiklopediya v soroka to-makh. Sel'skokozyaistvennye mashiny i oborudo-vanie [Mechanical engineering. Encyclopedia in forty volumes. Agricultural machinery and equipment]. Vol. IV-16. Moscow, Mashinostroenie, 2002, 720 p. (in Rus.)
2. Lobachevskiy Ya.P., Panov A.I., Panov I.M. Perspektivnye napravleniya sovershenstvovaniya konstruktivnykh lemashno-otval'nykh plugov [Perspective directions of improving the designs of mouldboard share plows]. *Traktory i sel'khoz mashiny*, 2000, No. 5. Pp. 8-12. (in Rus.)
3. Liskin I.V., Mironov D.A., Panov A.I., Gorbachev I.V. Lemekha s nakladnym dolotom dlya plugov obshchego naznacheniya [Plowshares with an overhead chisel for general-purpose plows]. *Sel'skiy mekhanizator*, 2016, No. 11. Pp. 14-15. (in Rus.)
4. Erokhin M.N., Novikov V.S. O sovershenstvovanii konstruktivnykh parametrov rabochikh organov pluga [On the improvement of design parameters of working elements of a plow]. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*, 2005, No. 1. Pp. 25-31. (in Rus.)
5. Mironov, D.A., Liskin I.V., Sidorov S.A. Vliyanie geometricheskikh parametrov dolota na tyagovye kharakteristiki i resurs lemekhov otechestvennykh plugov [The influence of geometrical parameters of a chisel on the traction characteristics and resource of domestic plowshares]. *Sel'skokozyaistvennye mashiny i tekhnologii*, 2015, No. 6. Pp. 25-29. (in Rus.)
6. LEMKEN GmbH & Co. KG. Ploughing. URL: <https://lemken.com/en/soil-cultivation/ploughing/> (Date of access: 6.11.2017).
7. Kverneland Plough Bodies. Excellent Ploughing Quality. URL: <https://download.kvernelandgroup.com/Media/Files/Brochure-Bodies-MRP.pdf> (Date of access: 6.11.2017).
8. Grégoire Besson Russie. Plough innovations. URL: <https://ru.gregoire-besson.com/ru/innovation/plough-innovations> (Date of access: 6.11.2017).
9. Lobachevskiy Ya.P., Liskin I.V., Sidorov S.A. et al. Razrabotka i tekhnologiya izgotovleniya pochvoobrabatyvayushchikh rabochikh organov [Development and manufacturing technology of soil-cultivating working units]. *Sel'skokozyaistvennye mashiny i tekhnologii*, 2016, No. 4. Pp. 3-8. (in Rus.)
10. Liskin I.V., Panov A.I., Gorbachev I.V. Rezul'taty ispytaniy lemekhov s nakladnym dolotom [Test results of shares with a composite chisel]. *Sel'skiy mekhanizator*, 2017, No. 5. Pp. 8-9. (in Rus.)

The paper was received on November 11, 2017