

# ВЛИЯНИЕ АРМИРОВАНИЯ ДОЛОТООБРАЗНОЙ ОБЛАСТИ ЛЕМЕХА НА ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛУЧЕВИДНОГО ИЗНОСА В ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ

## THE INFLUENCE OF THE REINFORCEMENT OF THE CHISEL-SHAPED AREA OF THE PLOUGHSHARE ON THE CHANGE IN THE GEOMETRIC PARAMETERS OF RADIAL WEAR DURING OPERATION

И.В. КОЗАРЕЗ, к.т.н.  
М.А. МИХАЛЬЧЕНКОВА  
В.И. ЛАВРОВ  
Ю.И. ПЕРЕПЕЧИНА

ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянск, Россия,  
mihalchenkov.alexandr@yandex.ru

I.V. KOZAREZ, PhD in Engineering  
M.A. MIKHAL'CHENKOVA  
V.I. LAVROV  
YU.I. PEREPECHINA

Bryansk State Agrarian University, Bryansk, Russia,  
mihalchenkov.alexandr@yandex.ru

Образование лучевидного износа является определяющим фактором при снятии лемехов с эксплуатации, то есть данный вид износа относится к характеристикам предельного состояния детали. Отмечается, что динамика его образования и развития определенным образом влияет на разработку технических процессов восстановления лемехов. Однако процесс изнашивания в этом случае нельзя считать до конца изученным, поэтому работа посвящена исследованию вышеизначенного вопроса. Для исследований использовались опытные лемеха: в состоянии поставки; с армированной долотообразной частью эллипсовидными валиками; с армированной долотообразной частью валиками, перпендикулярными к полевому обрезу; с армированной долотообразной частью валиками перпендикулярными, к полевому обрезу, и наплавкой заглубляющей части на длину около 100 мм. В результате экспериментов получены зависимости изменения ширины лучевидного износа в виде функции наработки и изменения глубины лучевидного износа в процессе пахоты. Дано объяснение процесса изнашивания при образовании лучевидного износа для всех исследуемых технологических вариантов. Выявлено, что изменение геометрических параметров лучевидного износа (ширина и глубина) в процессе зарождения и развития имеет единый характер и одинаково для всех технологических вариантов упрочнения наплавочным армированием; при этом наибольшее сопротивление образованию этого дефекта оказывает армирование путем формирования валиков перпендикулярно к траектории перемещения почвы с наплавкой заглубляющей части на длину 100 мм.

**Ключевые слова:** наплавочное армирование, носок лемеха, лучевидный износ, геометрические параметры, эксплуатация.

**Для цитирования:** Козарез И.В., Михальченкова М.А., Лавров В.И., Перепечина Ю.И. Влияние армирования долотообразной области лемеха на изменение геометрических параметров лучевидного износа в период эксплуатации // Тракторы и сельхозмашини. 2021. № 3. С. 69–75. DOI: 10.31992/0321-4443-2021-3-69-75.

The formation of radial wear is a decisive factor in the removal of shares from service, i.e. this type of wear refers to the characteristics of the limiting state of the part. It is noted that the dynamics of its formation and development in a certain way affects the development of technical processes for the restoration of plowshares. However, the process of wear, in this case, cannot be considered fully studied, therefore the work is devoted to the study of the above issue. Experienced plowshares were used for research: as delivered; with a reinforced chisel-shaped part with elliptical rollers; with a reinforced chisel-shaped part with rollers perpendicular to the field edge; with a reinforced chisel-shaped part, rollers perpendicular to the field cut and surfacing of the buried part for a length of about 100 mm. As a result of experiments, the dependences of the change in the width of radial wear in the function of operating time and changes in the depth of radial wear in the process of plowing were obtained. An explanation of the process of wear during the formation of radial wear is given for all investigated technological options. It was revealed that the change in the geometric parameters of radial wear (width and depth) in the process of origin and development has a single character and is the same for all technological variants of hardening with surfacing reinforcement, while the greatest resistance to the formation of this defect is provided by reinforcement by forming beads perpendicular to the trajectory of soil movement with surfacing the deepening part to a length of 100 mm.

**Keywords:** surfacing reinforcement, share tip, radial wear, geometric parameters, operation.

**Cite as:** Kozarez I.V., Mikhal'chenkova M.A., Lavrov V.I., Perepechina YU.I. The influence of the reinforcement of the chisel-shaped area of the ploughshare on the change in the geometric parameters of radial wear during operation. Traktory i sel'skhoz mashiny. 2021. No 3, pp. 69–75 (in Russ.). DOI: 10.31992/0321-4443-2021-3-69-75.

## Введение

В соответствии с исследованиями [1], проведенными на почвах нечерноземья РФ, установлено, что более 80 % плужных лемехов снимаются с эксплуатации по причине образования лучевидного износа носовой части детали. Изучению специфики появления такого вида износа в известных информационных источниках уделялось достаточно большое внимание [2, 3]. В то же время исследования по динамике его развития требуют продолжения. Например, отсутствуют сведения, объясняющие характер изменения ширины ( $l_i$ ) и глубины ( $k_i$ ) деталей заводского исполнения, подвергшихся упрочнению наплавочным армированием (НА) в период проведения пахоты суглинистых почв (в зависимости от наработки ( $T$ )) [4]. Причем метод наплавочного армирования может реализоваться в виде различных технологических схем (вариантов).

## Цель исследований

Выявление характера (динамики) изменения  $l_i$  и  $k_i$  лучевидного износа лемехов заводского исполнения, подвергшихся технологическим воздействиям методом НА по разным технологическим схемам в процессе эксплуатации [5]. Сведения об изменении ширины и глубины такого износа позволяет рационально подойти к решению вопроса по оптимизации упрочнения долотообразной области цельнометаллических плужных лемехов.

## Материалы и методы

Влияние наработки на характер изменения  $l_i$  и  $k_i$  лучевидного износа изучались у опытных лемехов после их упрочнения по технологическим вариантам, показанным в табл. 1.

Формирование армирующих валиков осуществлялась электродами Э42А-УОНИИ-13/45, предназначенными для сварки углеродистых сталей. Режим наплавки: диаметр электрода 3 мм; сила сварочного тока 120–140 А, напряжение на сварочной дуге 16–21 В; скорость наплавки валиков 0,1 м/мин.

Износы опытных деталей фиксировались в трех сечениях в соответствии со схемой (рис. 1). В качестве измеряемых параметров выступали: ширина ( $l_i - l_1, l_2, l_3$ ) и максимальная глубина лучевидного износа ( $k_i - k_1, k_2, k_3$ ) по сечениям I, II, III, отстоящим от спинки лемеха на расстоянии 35, 60 и 80 мм (рис. 1).

Опытная пахота проводилась на суглинистых почвах, так как они имеют наибольшее распространение в нечерноземной зоне РФ [6].

Ширина и глубина лучевидного износа периодически определялись после вспашки 3,5; 6,8; 11,0; 15,0; 20,0; 24,0; 27,2 га.

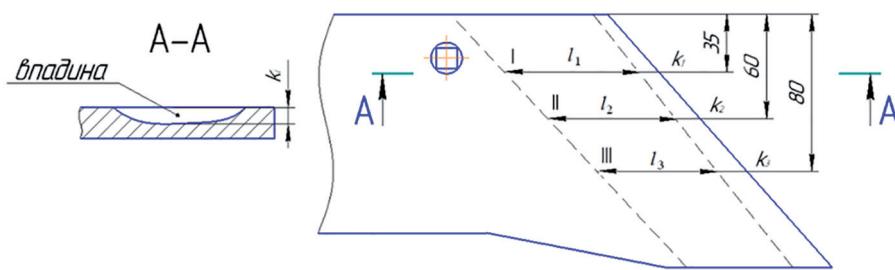
Для испытаний использовался восьмикорпусной plug ПЛН-8-40, агрегируемый трактором «Кировец К-744Р1 Пром». Каждая технологическая схема упрочнения реализовывалась на пяти лемехах. Установка экспериментальных изделий производилась в следу-

Таблица 1

### Применяемые схемы формирования армирующих валиков

Table 1. Applied schemes for the formation of reinforcing rollers

№ варианта	Технология упрочнения	Рисунок
1	Лемех в заводском исполнении	
2	Армирование долотообразной части эллипсовидными валиками	
3	Армирование носка и пятки	
4	Наплавка заглубляющей части на длину около 100 мм и армирование носка и пятки	



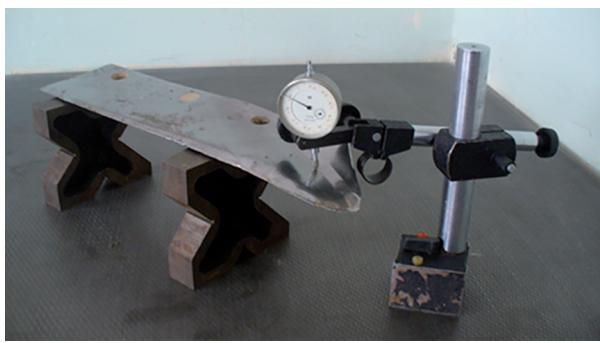
**Рис. 1. Схема измерения ширины и глубины лучевого износа**

*Fig. 1. Scheme for measuring the width and depth of radiation wear*

ющим порядке: пять опытных деталей после упрочнения и три лемеха в состоянии поставки. Суммарное число изучаемых опытных лемехов, в течении весенних и осенних полевых работ составило 24 штуки.

Для контроля ширины износа применялся штангенциркуль с точностью измерения 0,05 мм. Границы «луча» определились визуально, что несколько снижало точность получаемых результатов, однако большой статистический материал нивелировал неточности измерений.

Глубина области износа лемеха определялась при помощи поверочной плиты, призм, индикаторного микрометра с точностью 0,01 мм (рис. 2). Постоянное положение экспериментальных деталей достигалась путем нанесения меток на призмах и четкой установке, которая осуществлялась за счет того, что метки располагались в соответствии с крепежными отверстиями. Разметка сечений проводилась штангенциркулем для каждого  $k_i$  после очередной наработки.



**Рис. 2. Опытная установка для определения глубины лучевидного износа**

*Fig. 2. Installation for determining the depth of radial wear*

Методика определения  $k_i$  заключалась в следующем. Индикаторный микрометр в тече-

ние проведения исследований находился в одном и том же положении. Его расположение высоте оставалось неизменным. Установка микрометра проводилась с учетом толщины детали и выбега штока прибора. Максимальная глубина определялся путем перемещения индикатора по длине сечения.

## Результаты и обсуждение

Кривые, показанные на рис. 3, имеют две области. Первая область характеризуется высокой степенью интенсивности нарастания ширины износа, вторая – отличается стабильностью процесса изнашивания. Следует отметить, что динамика изменения  $l_i$  остается постоянной независимо от приема технологического воздействия и сечения, где проводились измерения.

Такой характер поведения  $l_i$  объясняется эффектом совместности изнашивающей среды и испытуемого объекта (лемеха). Т.е. в начальной стадии изнашивания происходит приработка системы «лемех – почвенная среда», а затем имеет место адаптация рабочей части к свойствам почвы и условиям пахоты [7].

Максимальная наработка в 17 га, когда происходит процесс самоорганизации изнашивания соответствует деталям, у которых произведено армирование подковообразными валиками, а также лемехам без технологических воздействий (рис. 3, 1 и 2). Армирование по схеме 2 (табл. 1) увеличивает степень веерного перемещения почвы [8]. У деталей заводского исполнения наработка на первом этапе возрастает, тем самым увеличивается длительность процесса самоорганизации, так как отсутствуют помехи для естественного движения почвенной среды.

Темп прироста ширины исследуемого износа ( $i$ ) у изделий в состоянии поставки и упрочненных по вариантам 3, 4 примерно

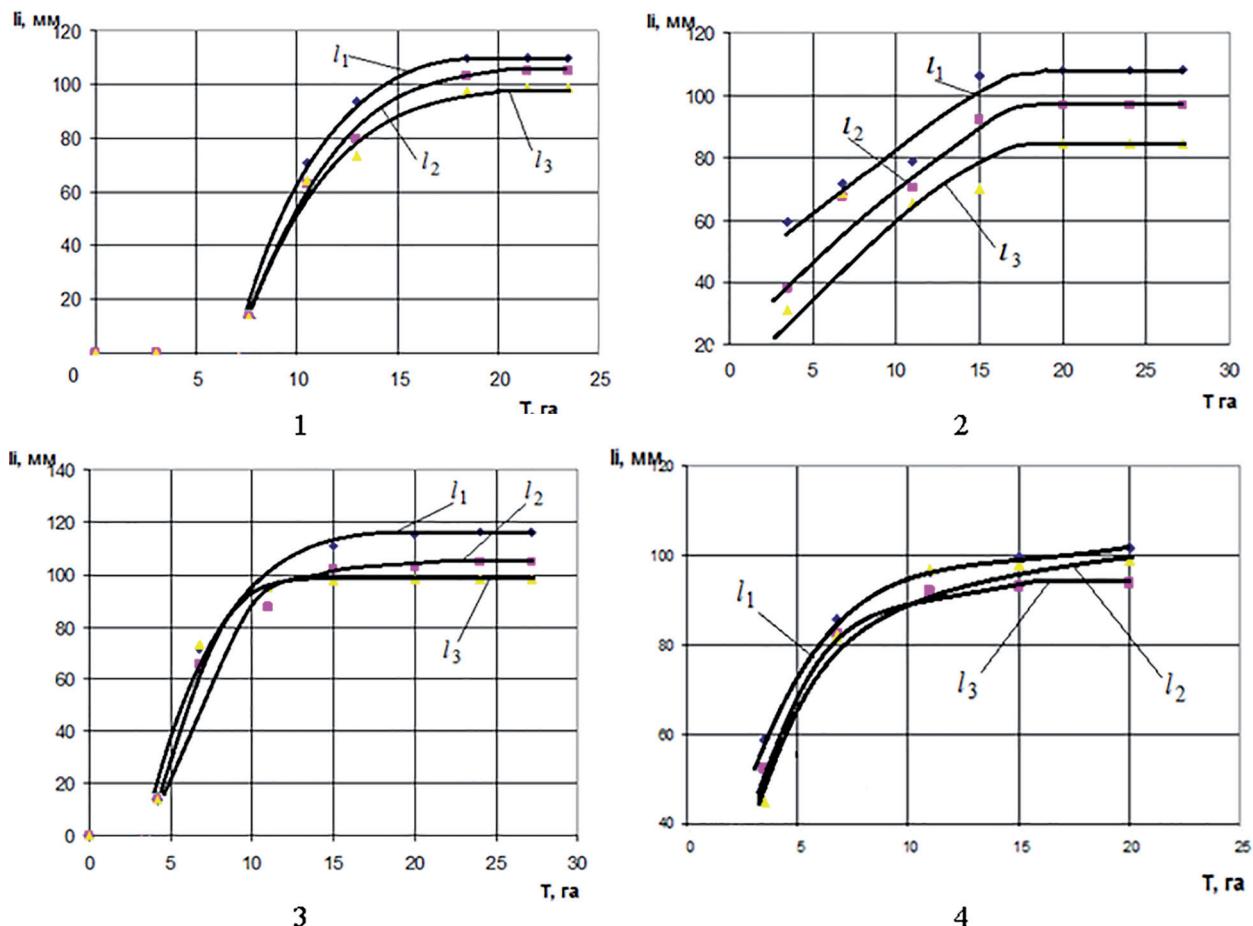


Рис. 3. Изменение ширины лучевидного износа в функции наработки:  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_3$  – ширина износа по сечениям, соответственно, I, II, III; 1, 2, 3, 4 – варианты упрочнения согласно нумерации в табл. 1

Fig. 3. Change in the width of radial wear as a function of operating time:  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_3$  – wear width along sections I, II, III respectively; 1, 2, 3, 4 – hardening options according to the numbering in table 1

одинаковы (рис. 4). Это указывает на отсутствие влияния вариантов армирования на процесс изнашивания в начальный его период. Наименьшая скорость изнашивания имеет место у деталей, упрочненных по схеме 2, что связано с изменением траектории перемещения почвы по рабочей поверхности носовой области лемеха. Наличие подковообразных валиков способствует повышению степени «рассеивания» почвенной среды при ее движении по поверхности контактирования, тем самым уменьшая истирающее воздействие абразивной фракций.

Лучевидный износ, как следует из графиков (рис. 3, 1–4) фиксируется при неодинаковой наработке в соответствии с различными технологическими воздействиями. Например, у деталей заводского исполнения заметный износ проявляется при вспашке 7,5 га, тогда как у опытных деталей, упрочненных по технологическим схемам 2 и 3 «луч» образовал-

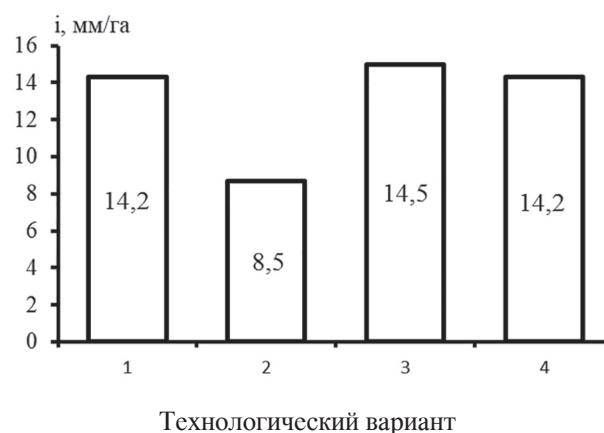


Рис. 4. Интенсивность развития ( $i$ ) ширины лучевидного износа по технологическим схемам наплавочного армирования

Fig. 4. Intensity of development ( $i$ ) width of radial wear according to technological schemes of surfacing reinforcement

ся уже при вспашке около трех га. Наличие же наплавки на рабочей поверхности заглубляющей части (технологическая схема 3) позволяет видимый износ получить после вспашки 5 га, что говорит о положительном влиянии применяемой схемы армирования.

Результаты по технологической схеме 3 демонстрируют наработку на отказ в 20,8 га (рис. 3, схема 3). У деталей, где имеет место «чистое» армирование, износ проявляется сразу и в сравнительно значительных размерах – от 20 до 60 мм (рис. 3: схемы 2, 3). В этом случае присутствие армирующих валиков будет способствовать его развитию из-за их отрицательного влияния на триботехнические показатели упрочненной поверхности. В частности, имеет место нарушение структурной однородности и увеличенное сопротивление перемещению почвенной массы.

Если ширина лучевидного износа во многом влияет на выбор технологии его устранения и определяет расход ремонтных материалов, то глубина износа является критерием предельного состояния лемеха. Кроме того,  $k_1$ , так же как и  $l_1$ , оказывает влияние на разработку технологического процесса восстановления деталей. Примером может служить использование для ресновации двухслойной наплавки [9].

Как следует из графиков, отображенных на рис. 5, характер изменения (динамика) глубины лучевидного износа одинаков независимо от контролируемого сечения и технологического приема упрочнения. Во всех случаях имеет место интенсивное увеличение глубины износа примерно до наработки в 15 га. После этого процесс износа в определенной мере стабилизируется. Следует полагать, что в этом случае имеет место приработка изделия

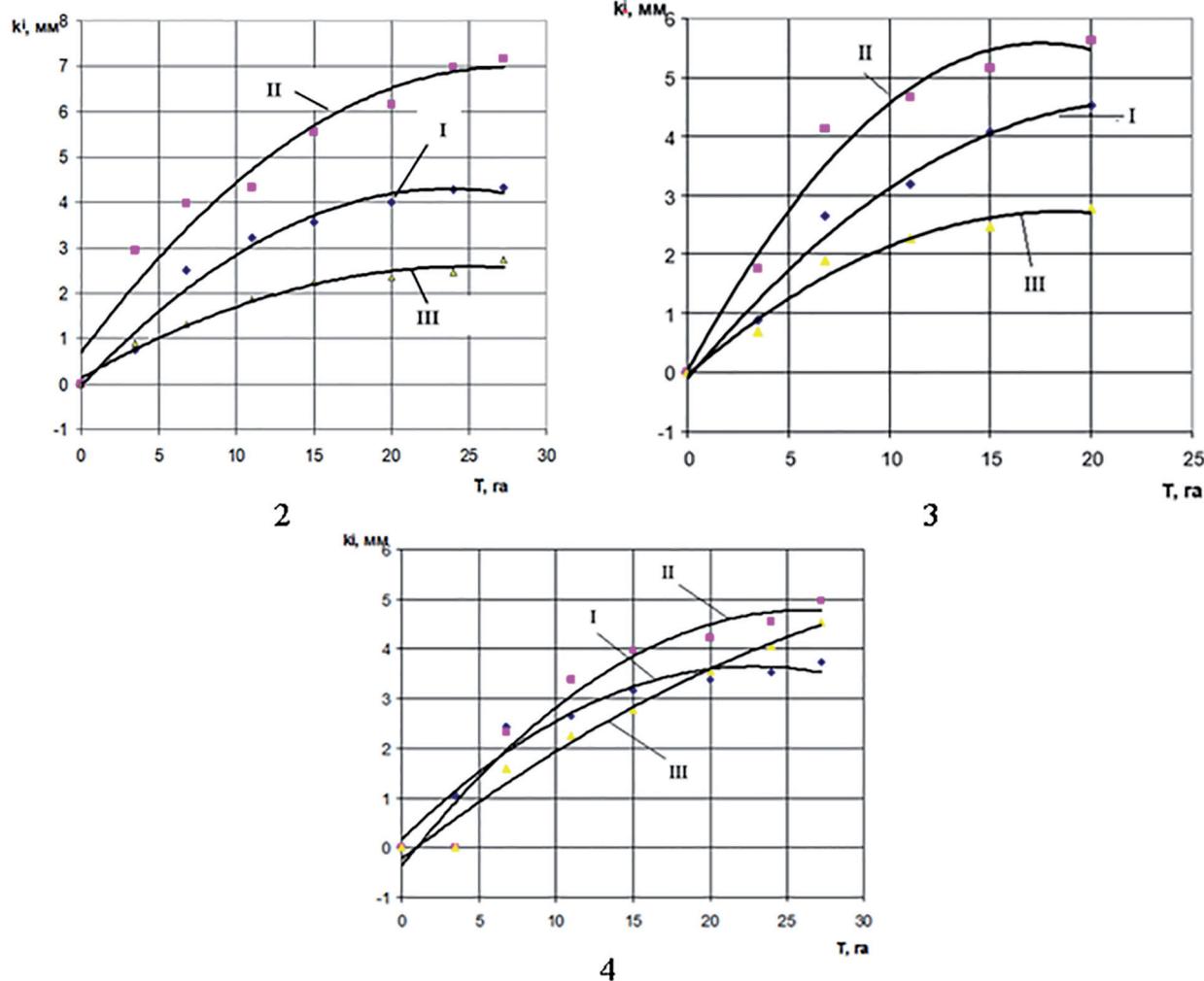


Рис. 5. Изменение глубины лучевидного износа в процессе пахоты: 2, 3, 4 – технологические приемы в соответствии с обозначениями на рис. 4; I, II, III ( $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$  соответственно) – сечения рис. 1

Fig. 5. Change in the depth of radial wear during plowing: 2, 3, 4 – technological methods in accordance with the designations in Fig. 4; I, II, III ( $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$  respectively) – sections in Fig. 1

или достижение совместимости между ним и условиями изнашивания [8]. То есть динамика  $k_i$  аналогична динамике  $l_i$ , что подтверждает единый характер процесса образования лучевидного износа.

В то же время для технологической схемы 3 (армирование опытных лемехов валиками перпендикулярными к полевому обрезу, с наплавкой заглубляющей части на длину 100 мм и армирование пятки) имеют место некоторые отклонения и стабилизация изнашивания не столь ярко выражена, особенно для сечения I. Это связано с наличием дополнительной наплавки на заглубляющую часть лемеха, которая обеспечивает торможение изнашивания.

Кроме этого отмечается, что лемеха, упрочненные по схеме 3 (наплавочное армирование опытных деталей валиками, перпендикулярными полевому обрезу, и армирование пятки) были сняты с эксплуатации после наработки 20 га по причине затупления и износа заглубляющей части более 45 мм. Данное обстоятельство объясняется нанесением армирующего валика слишком близко к концу заглубляющей части, что в определенной мере нивелирует противоизносные свойства нанесенного с тыльной стороны слоя сормайта вследствие тепловых нагрузок.

Критерием предельного состояния при рассмотрении лучевидного износа может служить его глубина, превышающая 8 мм, так как при этом остаточная толщина детали будет равна 2 мм, что позволяет производить устранение такого дефекта наплавочными методами.

Авторы сочли целесообразным не приводить данные по изменению глубины лучевидного износа применительно к лемехам заводского исполнения без технологических воздействий, так как при наработке 18–20 га имеет место превышение глубины более 8 мм, а при наработке в 25 га наблюдается сквозное протирание. То есть деталь становится непригодной к восстановлению.

Исходя из полученных данных наибольшее сопротивление изнашиванию области носка лемеха обеспечивает технологический процесс путем наплавки армирующих валиков с одновременным формированием дополнительного металла на заглубляющей части (рис. 5, схема 4).

Проведение наплавочного армирования лемехов в состоянии поставки оказывает су-

щественное влияние на торможение образования и развития глубины лучевидного износа. Наличие армирования позволяет увеличить ресурс в 1,3–1,5 раза, при этом глубина лучевидного износа не превышает 6 мм.

## Выводы

1. Разработана методика для периодического контроля определения глубины лучевидного износа плужного лемеха в процессе его эксплуатации.

2. Характер изменения геометрических параметров лучевидного износа (ширина и глубина) одинаков для всех технологических приемов армирования, что связано с процессом самоорганизации изнашивания.

3. Наибольшее сопротивление образованию лучевидного износа оказывает технологический прием, заключающийся в армировании опытных лемехов валиками перпендикулярными к полевому обрезу, с наплавкой заглубляющей части на длину 100 мм и армирование пятки.

## Литература

1. Михальченков А.М., Ковалев А.П., Козарез И.В. Геометрические параметры лучевидного износа лемехов // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 1. С. 44–47.
2. Мударисов С.Г., Фархутдинов И.М., Аминов Р.И. Моделирование технологического процесса обработки почвы mde- и cfd-методами // Инновации в сельском хозяйстве. 2019. № 3 (32). С. 147–155.
3. Титов Н.В., Коломейченко А.В., Хамзин А.В. Способ восстановления и упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин, имеющих лучевидный износ: патент России № 2626129. 2017, Бюл. № 21.
4. Кожухова Н.Ю., Емельянов С.С., Ищенко Н.В. Изменение ширины лучевидного износа армированных малоуглеродистым углеродом лемехов при эксплуатации на суглинках // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 1 (65). С. 45–50.
5. Денисов В.А., Кожухова Н.Ю., Орехова Г.В., Михальченкова М.А. Влияние конструкции лемеха и наплавочного армирования на твердость его носовой части // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 7. С. 36–40.
6. Молявко А.А., Марухленко А.В., Борисова Н.П., Белоус Н.М., Ториков В.Е. Продуктивность короткоротационных севооборотов на дерново-подзолистой почве // Вестник Брянской го-

- сударственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 1 (77). С. 3–7.
7. Бишутин С.Г. Оценка износостойкости поверхностей трения, сформированных при абразивной обработке // Вестник Брянского государственного технического университета. 2011. № 2 (30). С. 14–17.
8. Михальченков А.М., Бутарева Е.В., Михальченкова М.А. Изнашивание локально упрочненных деталей при свободном перемещении в абразивной среде (на примере плужного лемеха) // Упрочняющие технологии и покрытия. 2014. № 3 (111). С. 39–44.
9. Козарез И.В., Михальченкова М.А., Лавров В.И., Синяя Н.В. Повышение абразивной износостойкости деталей варьированием техники наплавки двухслойных покрытий с твердой поверхностью // Тракторы и сельхозмашин. 2016. № 10. С. 38–40.

## References

1. Mikhal'chenkov A.M., Kovalev A.P., Kozarez I.V. Geometrical parameters of radial wear of plowshares. Traktory i sel'khozmashiny. 2011. No 1, pp. 44–47 (in Russ.).
2. Mudarisov S.G., Farkhutdinov I.M., Aminov R.I. Modeling the technological process of soil cultivation by MDE and CFD methods. Innovatsii v sel'skom khozyaystve. 2019. No 3 (32), pp. 147–155 (in Russ.).
3. Titov N.V., Kolomeychenko A.V., Khamzin A.V. Sposob vosstanovleniya i uprochneniya rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin, imeyushchikh luchevidnyy iznos [Method of restoration and hardening of working bodies of tillage ma-
- chines with radial wear]. Patent Rossii No 2626129. 2017. Byul. No 21.
4. Kozhukhova N.YU., Yemel'yanov S.S., Ishchenko N.V. Change in the width of radial wear of plowshares reinforced with low-carbon carbon during operation on loam. Vestnik Bryanskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2018. No 1 (65), pp. 45–50 (in Russ.).
5. Denisov V.A., Kozhukhova N.YU., Orekhova G.V., Mikhal'chenkova M.A. Influence of the ploughshare design and surfacing reinforcement on the hardness of its nose parts. Traktory i sel'khozmashiny. 2016. No 7, pp. 36–40 (in Russ.).
6. Molyavko A.A., Marukhlenko A.V., Borisova N.P., Belous N.M., Torikov V.E. Productivity of short-rotation crop rotations on sod-podzolic soil. Vestnik Bryanskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2020. No 1 (77), pp. 3–7 (in Russ.).
7. Bishutin S.G. Evaluation of wear resistance of friction surfaces formed during abrasive processing. Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2011. No 2 (30), pp. 14–17 (in Russ.).
8. Mikhal'chenkov A.M., Butareva YE.V., Mikhal'chenkova M.A. Wear of locally hardened parts during free movement in an abrasive environment (for example, a plow share). Uprochnyayushchiye tekhnologii i pokrytiya. 2014. No 3 (111), pp. 39–44 (in Russ.).
9. Kozarez I.V., Mikhal'chenkova M.A., Lavrov V.I., Sinyaya N.V. Increasing the abrasive wear resistance of parts by varying the surfacing technique of two-layer coatings with a hard surface. Traktory i sel'khozmashiny. 2016. No 10, pp. 38–40 (in Russ.).