

**К вопросу об импортозамещении рабочих органов зарубежных почвообрабатывающих машин**

*М.Н. Ерохин, академик РАН, д-р техн.наук, профессор  
(ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА  
им. К.А. Тимирязева, г. Москва)*

*В.С. Новиков, д-р техн.наук, профессор  
(ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА им.  
К.А. Тимирязева, г. Москва)*

*Д.И. Петровский, канд.техн.наук, доцент  
(ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА  
им. К.А. Тимирязева, г. Москва, тел. 8-903-281-29-30, E-mail: dm\_petrovsky@  
rambler.ru)*

**Аннотация.** В статье изложен характер и особенности рабочих органов почвообрабатывающих машин, приведены критерии их замены в результате изнашивания, даны основные направления повышения долговечности рабочих органов. Показано, что ресурс отечественных рабочих органов, в частности, для плуга, в два раза ниже ресурса рабочих органов импортных плугов, в то же время удельные затраты на вспашку импортным плугом фирмы Lemken в два раза превышают подобные затраты отечественным плугом ПЛН-4-35. Представлена конструкция и результаты испытаний опытного лемеха для плуга фирмы Lemken, ресурс которого соответствует ресурсу фирменного лемеха, при этом затраты на его производство могут быть снижены по сравнению с ценой фирменного также не менее чем в два раза.

**Ключевые слова:** почва, обработка, плуг, рабочий орган, долговечность, эффективность.

За последние годы рынок сельскохозяйственной техники, в том числе почвообрабатывающих машин, в нашей стране значительно расширился за счет предложений зарубежных фирм, прежде всего таких известных, как Lemken (Германия), Kverneland (Норвегия), Vogel&Noot (Австрия), KUHN (Франция) и др.

Многие сельскохозяйственные предприятия сегодня предпочитают приобретать импортную технику в связи с тем, что она обладает целым рядом преимуществ перед отечественной.

Так, за рубежом получили широкое распространение оборотные плуги, обеспечивающие гладкую вспашку без свальных гребней и разъемных борозд. Зарубежные фирмы предлагают широкую номенклатуру плужных корпусов, отличающихся шириной захвата, формой и типом лемешно-отвальной поверхности, что позволяет потребителю подобрать наиболее подходящий вариант для своих почвенных условий.

Технический уровень почвообрабатывающих машин определяется в первую очередь совершенством их рабочих органов. Вследствие этого особенно привлекательным в зарубежной технике является ресурс их рабочих органов, который в большинстве случаев в два и более раз превышает ресурс рабочих органов отечественных почвообрабатывающих машин [1].

Взаимодействуя с почвой, рабочие органы интенсивно изнашиваются, изменяя свою форму и размеры, поэтому их приходится часто заменять или ремонтировать, чтобы обеспечить выполнение агротехнических требований при обработке почвы. Особенно это относится к деталям плужного корпуса [2], культиваторным лапам, дискам лушпильников, дисковых борон.

Многочисленные испытания рабочих органов почвообрабатывающих машин показывают, что выпускаемые отечественными предприятиями рабочие органы почвообрабатывающих машин недостаточно совершенны как с точки зрения износостойкости, так и прочности [3].

В связи с этим достаточно остро стоит вопрос о разработке и выпуске в стране высокоресурсных почворежущих рабочих органов как для отечественной, так и для импортной техники, обладающих ресурсом, близким к лучшим зарубежным образцам, а также конкурентоспособным с точки зрения их стоимости.

Особенное значение этот вопрос приобретает в связи с государственной программой импортозамещения, а также резким скачком цен на импортные почворежущие рабочие органы в рублёвом эквиваленте.

Повышение ресурса рабочих органов обеспечивается, как правило, по следующим направлениям:

- материаловедческому – за счёт применения более износостойких и прочных материалов и методов упрочнения при изготовлении [2, 5];
- конструкционному – за счёт придания деталям рабочих органов таких форм, при которых значительный износ не вызывал бы изменения служебных характеристик, т.е. обеспечение высокой конструкционной износостойкости [4, 7 – 11];
- технологическому – за счёт создания на наиболее изнашиваемых ограниченных участках деталей рабочих органов условий трения «почва – почва» вместо «почва – металл» при общем незначительном повышении коэффициента трения «почва – рабочий орган».

Рабочие органы в процессе эксплуатации сохраняют работоспособное состояние до тех пор, пока значения конструктивных параметров обеспечивают выполнение заданных функций в допустимых пределах отклонений.

Применительно к рабочим органам почвообрабатывающих машин, предельные износы устанавливаются прежде всего по технологическому критерию, т.е. по соблюдению агротехнических требований.

Так, выбраковочными параметрами лемеха являются: предельный износ по высоте носка, предельный износ по ширине лезвийной части, предельная толщина лезвия лемеха для данных условий вспашки, в результате чего снижается заглубляющая способность лемеха, не обеспечивается стабильная глубина вспашки, а также снижается ширина захвата.

Выбраковочными параметрами лапы культиватора являются: предельный износ носовой части лапы, затупление лезвий, в результате чего лапа переходит в разряд неработоспособных, так как в процессе обработки происходит скопление сорняков на концах её крыльев, не обеспечиваются подрезание сорняков и стабильная глубина обработки, а также снижается ширина захвата лапы.

Дисковые рабочие органы в процессе эксплуатации выбраковываются по причинам радиального износа их по диаметру, а также затупления их, вследствие чего уменьшается ширина захвата, нарушается сплошность и глубина обработки.

Институтом механики и энергетики им. В.П. Горякина были разработаны, изготовлены и испытаны опытные рабочие органы для импортных почвообрабатывающих машин. На рис. 1 в частности показан опытный лемех для зарубежного плуга фирмы Lemken (рис. 1), результаты испытания которого (рис. 2) показали, что его ресурс соответствует ресурсу фирменного лемеха.

Фирменный лемех для плуга фирмы Lemken состоит из долота и лезвийной части – собственно лемеха. Опытный лемех для этого плуга изготовлен из стали 40Х [5] одной деталью и носок его упрочнён с лицевой стороны

пластиной из стали 40Х толщиной 4 мм, с обратной стороны – наплавкой электродом ОЗИ-6.



Рис. 1. Опытный лемех для плуга фирмы Lemken

Результаты расчётов, подтверждённые опытной эксплуатацией для песчаных почв ( $m=0,42$ ), показали следующее:

- ресурс носка серийного лемеха П-702 составляет 13,7 га, лезвия – 42,9 га. Это соответствует реальным показателям на подобных почвах. Лемех заменяется в среднем через 14 га, при этом лезвийная часть недоиспользуется;

- расчётный ресурс долота фирменного лемеха для плуга фирмы Lemken составляет 36 га, лезвийной части – 74 га. Это также соответствует реальным данным;

- расчётный ресурс носка опытного лемеха для плуга фирмы Lemken составляет 42 га, а лезвийной части – 90 га. Фактическая наработка лемеха составила 48 га.

Особенностью конструкции опытного лемеха является то обстоятельство, что в нем обеспечена равностойкость носка и лезвийной части, характер износа которого виден на рис. 2.



Рис. 2. Характерный износ опытного лемеха для плуга фирмы Lemken

Исходя из принципа обеспечения равностойкости конструкций рабочих органов для почвообрабатывающих машин, предложена и конструкция культиваторной лапы, показанной на рис. 3. Испытания таких лап показывают (в настоящее время они продолжаются), что износ по массе более чем в два раза ниже по сравнению с серийными лапами.

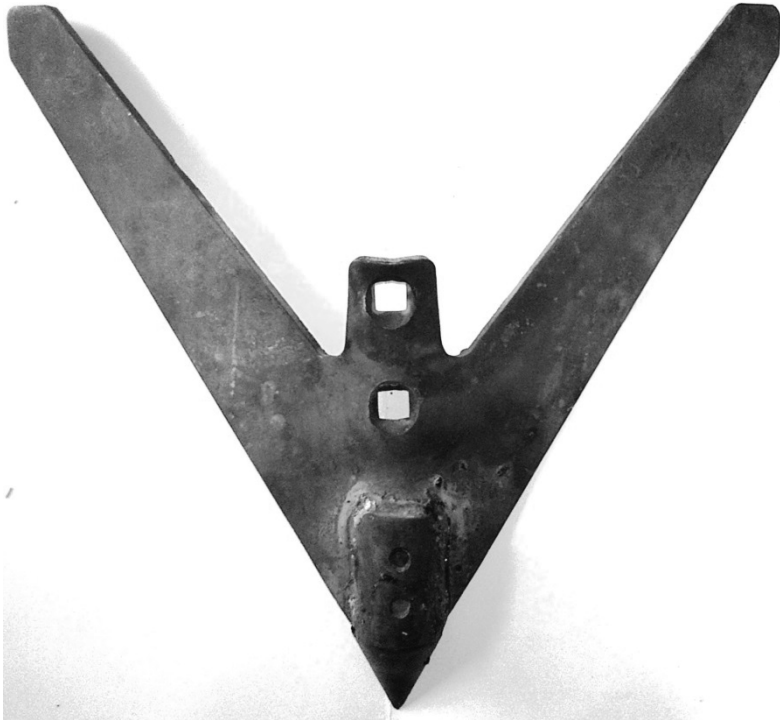


Рис. 3. Опытная лапа культиватора, упрочнённая конусной наставкой носка, из стали 9ХС

Расчётный ресурс опытной культиваторной лапы [11] составляет 38 га. Её фактическая наработка составила 25 га, остаточный ресурс – не менее 10 га, что примерно в 2 раза превышает ресурс серийной лапы.

Оценить эффективность рабочих органов или их отдельных элементов можно по выражению:

$$C_{уд} = \frac{C_p}{T} \rightarrow \min, \dots\dots\dots (1)$$

где  $C_p$  – стоимость рабочего органа, р.;  
 $T$  – ресурс рабочего органа, га.

Иногда очень важно определить эффективность не только одного рабочего органа, а в целом агрегата. В этом случае эффективность агрегата также определяется, исходя из удельных затрат на обработку почвы за срок службы агрегата, которую определяют по формуле:

$$C_n = \frac{1}{TW} \cdot \left[ C_m + \sum_1^n \left( \frac{TW}{P_i} - K \right) \cdot (C_{di} + C_p \cdot T_{pi}) \right] + \frac{C_p}{A \cdot K} (2)$$

где  $C_n$  – затраты на 1 га обработки почвы, р./га;  
 $C_m$  – цена машины (плуга, культиватора и др.), р.;  
 $T$  – срок службы (амортизации) машины, лет;  
 $W$  – среднегодовая наработка машины, га;  
 $P_i$  – ресурс  $i$ -той детали рабочего органа, га;  
 $C_{di}$  – цена  $i$ -той детали рабочего органа, р.;  
 $T_{pi}$  – трудоемкость замены  $i$ -той детали рабочего органа, чел.-ч;

Ср – часовая заработная плата рабочего при обработке почвы и замене рабочего органа, р./ч;

п – количество деталей, входящих в рабочий орган, шт.;

К – количество рабочих органов в машине, шт.;

А – производительность рабочего органа, га/ч.

Сравним удельные затраты на обработку почвы за срок службы отечественного 4-х корпусного плуга ПЛН-4-35 и 4-х корпусного оборотного плуга Lemken ЕврОпал-7.

Средние показатели по ресурсу, цене, трудоемкости замены и удельные затраты на замену деталей плужных корпусов представлены в таблице 4.

Таблица 1

Удельные затраты на замену деталей плужных корпусов плугов ПЛН-4-35 и Lemken ЕврОпал-7

Наименование детали	Ресурс, га	Цена, р.	Трудоемкость замены, чел.-ч	Удельные затраты на замену, р./га
Плуг ПЛН-4-35		86300		
Лемех	15	360	0,25	25,50
Крыло отвала	140	980	0,30	5,97
Грудь отвала	35	200	0,20	6,12
Полевая доска	30	250	0,20	8,78
			Итого:	46,35
Плуг Lemken ЕврОпал-7		540000		
Лемех	100	3000	0,30	23,76
Долото	30	800	0,25	25,80
Крыло отвала	200	8000	0,40	22,70
Грудь отвала	35	1700	0,20	45,48
Полевая доска	50	1600	0,20	28,9
			Итого:	146,54

Для расчетов примем следующие условия: продолжительность чистой работы в день для обоих плугов составляет 6 часов, среднегодовая нагрузка на пахоте – 60 рабочих дней, срок службы (амортизации) плуга – 8 лет, часовая тарифная ставка механизатора при обработке почвы и замене износившихся деталей – 120 руб/ч.

Подставляя в формулу 2 значения параметров, получим:

- для плуга ПЛН-4-35  $C_n=179,5$  р./га;

- плуга Lemken ЕврОпал-7  $C_n=387,25$  р./га.

Таким образом, разработанные в институте технологии изготовления и упрочнения рабочих органов как для отечественных, так и для импортных машин соответствуют, а в ряде случаев и превышают импортные образцы, а удельные затраты на вспашку импортным плугом фирмы Lemken в два раза превышают подобные затраты отечественным плугом ПЛН-4-35.

## Литература

1. Новиков, В.С. Упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин. Монография. М.: МГАУ, 2013. 48 с.
2. Ерохин, М.Н. Новые направления повышения долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин – применение технической керамики [текст]:/ М.Н. Ерохин, В.С. Новиков и др. Труды МГАУ. – М., 2000. – С. 45-54.
3. Новиков, В.С. Сравнительные исследования на долговечность серийных и опытных лемехов плуга [текст]:/ В.С. Новиков, Н.А. Поздняков, Д.А. Сабуркин // Международный научный журнал. – 2008. – №1. – С. 14-18.
4. Ерохин, М.Н. О совершенствовании конструктивных параметров рабочих органов плуга [текст] / М.Н. Ерохин, В.С. Новиков // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2005. – №1. – С. 25-30.
5. Ерохин, М.Н. Выбор марки стали для лемеха плуга [текст] / М.Н. Ерохин, В.С. Новиков, Д.А. Сабуркин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2008. – №1. – С. 5-8.
6. Сидоров, С.А. Методика расчёта на износостойкость моно- и биметаллических почворезущих рабочих органов [текст] / С.А. Сидоров // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2003. – №12. – С. 35-40.
7. Патент №53530 РФ, U1 A01B 15/06. Лемех плуга [текст]:/ М.Н. Ерохин, В.С. Новиков и др., 2006, бюл. №15.
8. Патент №2243631 РФ, С2, A01B 15/00. Рабочий орган почвообрабатывающего орудия [текст]:/ М.Н. Ерохин, В.С. Новиков и др., 2005, бюл. №1.
9. Патент №81619 РФ, МКП A01B 15/00. Лемех плуга [текст]:/ В.С. Новиков, М.Н. Ерохин, Д.И. Петровский и др., 2009, бюл. № 9.
10. Патент №60832 РФ, U1 A01B 15/00. Полевая доска плуга [текст]:/ М.Н. Ерохин, В.С. Новиков и др., 2007, бюл. №4.
11. Патент на полезную модель №110894 РФ, U1 A01B35/20. Стрельчатая лапа культиватора [текст]:/ В.С. Новиков, М.Н. Ерохин и др., 2011. бюл. №34.

## To the question about the substitution of the working bodies of tillage machines overseas

Erokhin M. N., academician of RAS, doctor of technical Sciences, professor (Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev)

Novikov V. S., doctor of technical Sciences, professor (Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev)

Petrovsky D. I., candidate of technical Sciences, associate professor (Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev) dm\_petrovsky@rambler.ru

**Annotation.** *The article describes the nature of the tear and wear of the working bodies of tillage machines, given the criteria for their replacement as a result of wear are the main directions of improvement of durability of working bodies. Presents calculations of efficiency of application of domestic plow PLN-4-35 and imported the Lemken Europa 7. It is shown that the efficiency of domestic use of the plow when plowing the soil 2 times the efficiency of import plow.*

**Keywords:** *soil, processing, plough, working organ, durability, efficiency.*

## References

Novikov, S.V. Hardening of working bodies of tillage machines. Monograph. M.: MSAU, 2013. 48 p.

Erokhin, M.N. New ways of increasing the durability of the working bodies of tillage machines – the use of technical ceramics [text]/ M.N. Erokhin, V.S. Novikov, etc. Works of this establishment. – Moscow, 2000. – P. 45 – 54.

Novikov, V.S. Comparative studies on the durability of commercial and experimental ploughshares [text]/ V.S. Novikov, N. and. Pozdnyakov, D.A. Sabourin // international scientific journal. – 2008. – No. 1. – P. 14 – 18.

Erokhin, M.N. On improving structural parameters of the working bodies of the plow [text] / M.N. Erokhin, V.S. Novikov // Vestnik of FGOU VPO MSAU. – 2005. – No. 1. – P. 25 – 30.

Erokhin, M.N. The choice of grade of steel for the ploughshare to the plough [text] / M.N. Erokhin, V.S. Novikov, D.A. Sabourin // Tractors and agricultural machines. – 2008. – No. 1. – p. 5 – 8.

Sidorov, S.A. Method of calculation of the wear resistance of mono - and bimetallic picwarehouse working bodies [text] / S.A. Sidorov // Tractors and agricultural machines. – 2003. – No. 12. – P. 35 – 40.

Patent No. 53530 RF, U1 AV from 15.06. Plough share [text]/ M.N. Erokhin, V.S. Novikov etc., 2006, bull. No. 15

Patent No. 2243631 RF, C2, AV 15/00. The working body tillage tools [text]/ M.N. Erokhin, V.S. Novikov etc., 2005, bull. No. 1.

Patent No. 81619 RF, Inc AV 15/00. Plough share [text]/ V.S. Novikov, M.N. Erokhin, Dmitry Petrovsky etc., 2009, bull. No. 9.

Patent No. 60832 RF, U1 AV 15/00. Field Board plough [text]/ M.N. Erokhin, V S. Novikov etc., 2007, bull. No. 4.

Patent for useful model No. 110894 RF, U1 A01B35/20. Hoe cultivator [text]/ V. S. Novikov, M. N. Erokhin etc., 2011. bull. No. 34.