

УДК 620.178.16; 631.316.022.4

**Н.Т. Кривочуров, В.В. Иванайский, А.В. Ишков,
Е.М. Таусенев, С.Б. Выставкин, М.В. Бедарев**
 N.T. Krivochurov, V.V. Ivanayskiy, A.V. Ishkov,
 Ye.M. Tausenev, S.B. Vystavkin, M.V. Bedarev

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗНОСА СТРЕЛЬЧАТЫХ ЛАП ПРОИЗВОДСТВА АО «АНИТИМ», ВЫПОЛНЕННЫХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

COMPARATIVE STUDIES OF WEAR OF V-SHAPED SWEEPS MANUFACTURED BY THE AO "ANITIM AND MADE OF DIFFERENTS CONSTRUCTION MATERIALS

Ключевые слова: износ, стрелчатая лапа, конструкционный материал, сталь 50, сталь 65Г, материаловедческий критерий, почвообрабатывающий посевной комплекс.

В настоящее время одним из основных типов рабочих органов сельскохозяйственных машин, предназначенных для обработки почвы, является стрелчатая лапа (СЛ). Для СЛ крупнейшего в Алтайском крае производителя рабочих органов АО «АНИТИМ», выполненных из сталей 50 и 65Г, исследовано влияние типа конструкционного материала, а также абразивных свойств почвы на характеристики их изнашивания. Сформулирован новый материаловедческий критерий выбора конструкционного материала для обеспечения высокой износостойкости СЛ. Критерий: на износостойкость лапы положительно влияют: повышенная (от 0,4 до 0,7-0,9%) доля углерода; содержание Si – 0,8-1,5%; содержание Mn – 0,8-1,5%; наличие легирующих элементов (Cr, Mo, V и др.), а также пониженная доля S и P (менее 0,005%) в стали, из которой изготовлена лапа. Показано, что при малом износе СЛ различие в удельной интенсивности изнашивания лап из сталей 50 и 65Г незначительное, а при большом износе, по износу носка, преимущество имеют СЛ из стали 50 (для менее абразивных почв), а по весовому износу всего рабочего органа – лапы из стали 65Г (для более абразивных почвах). При этом коммерческая стоимость конструкционных материалов может отличаться в 1,65 раза.

Keywords: wear, V-shaped sweep, construction material, steel 50 (in Russian), steel 65G (in Russian), new material science criterion, soil tillage and sowing complex.

At present, one of the main types of working tools of agricultural tillage machinery is a V-shaped sweep. The influence of the type of structural material and soil abrasive properties on the characteristics of their wear was studied for V-shaped sweeps of the largest manufacturer of the working tools in the Altai Region, AO "ANITIM". The V-shaped sweeps under study were made of steels 50 and 65G (in Russian). A new material science criterion for the choice of construction material to ensure high wear resistance of V-shaped sweeps has been formulated: the following factors have a positive effect on the wear resistance of a sweep: increased (from 0.4...0.7 to 0.7...0.9%) content of carbon, and Si – 0.8 to 1.5%; Mn – 0.8 to 1.5%, also content of alloying elements (Cr, Mo, V et al.), and reduced content of S and P ($\leq 0.005\%$) in the steel of a sweep. It is shown that the difference in specific wear rate of sweeps made of 50 and 65G steels (in Russian) is insignificant at low wear rate of sweeps, and at high wear rate of the point, sweep made of 50 steel (for less abrasive soils) has an advantage, and sweeps made of 65G steel (for more abrasive soils) have an advantage at weight wear of the whole working tool. At the same time, the commercial cost of the construction materials may differ 1.65 times.

Кривочуров Николай Тихонович, к.т.н., доцент, зав. каф. технологии конструкционных материалов и ремонта машин, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 203-313. E-mail: krivochurov_nt@mail.ru.

Иванайский Виктор Васильевич, д.т.н., с.н.с., проф., каф. технологии конструкционных материалов и ремонта машин, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 203-313. E-mail: viv174@bk.ru.

Ишков Алексей Владимирович, д.т.н., доцент, проф., каф. технологии конструкционных материалов и ремонта машин, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 203-313. E-mail: olg168@rambler.ru.

Тausenev Евгений Михайлович, к.т.н., доцент, каф. технологии конструкционных материалов и ремонта машин, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 203-313. E-mail: tausenev_e_m@bk.ru.

Выставкин Сергей Борисович, инженер, ст. преп., каф. технологии конструкционных материалов и ремонта машин, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 203-313. E-mail: vystsergej@yandex.ru.

Бедарев Михаил Викторович, инженер, гл. конструктор, АО «Алтайский научно-исследовательский институт технологии машиностроения» (АНИТИМ), г. Барнаул. Тел.: (3852) 50-37-03. E-mail: almaztd@almaztd.ru.

Krivochurov Nikolay Tikhonovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Head, Chair of Technology of Design Materials and Machinery Repair, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 20-33-13. E-mail: krivochurov_nt@mail.ru.

Ivanayskiy Viktor Vasilyevich, Dr. Tech. Sci., Senior Staff Scientist, Prof., Chair of Technology of Design Materials and Machinery Repair, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 20-33-13. E-mail: viv174@bk.ru.

Ishkov Aleksey Vladimirovich, Dr. Tech. Sci., Assoc. Prof., Prof., Chair of Technology of Design Materials and Machinery Repair, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 20-33-13. E-mail: olg168@rambler.ru.

Tausenev Yevgeniy Mikhaylovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Technology of Design Materials and Machinery Repair, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 20-33-13. E-mail: tausenev_e_m@bk.ru.

Vystavkin Sergey Borisovich, Engineer, Asst. Prof., Chair of Technology of Design Materials and Machinery Repair, Altai State Agricultural University. Ph.: 203-313. E-mail: vystsergej@yandex.ru.

Bedarev Mikhail Viktorovich, Engineer, Chief Structural Engineer, Altai Research Institute of Mechanical Engineering Technology (ANITIM), Barnaul. Ph.: (3852) 50-37-03. E-mail: almaztd@almaztd.ru.

Введение

Рабочие органы (РО) почвообрабатывающих машин работают в условиях абразивного, ударно-абразивного, коррозионного и других видов изнашивания [1]. В процессе изнашивания РО изменяют форму, размеры, остроту режущей кромки (затупляются), что приводит к снижению производительности труда, повышению расхода ГСМ, ухудшению агротехнических показателей и качества выполняемых работ. В связи с этим большое внимание уделяется не только разработке новых конструкций, технологий и способов упрочнения РО [2-4], но и поиску новых конструкционных и износостойких материалов, из которых изготавливаются и которыми упрочняются эти детали машин [5-7].

В настоящее время одним из основных типов РО сельскохозяйственных машин, предназначенных для обработки почвы, является стрельчатая лапа (СЛ). СЛ устанавливают на стойки плугов-плоскорезов, глубокорыхлителей, пропашных

культиваторов, сеялок, а также многочисленных современных почвообрабатывающих посевных комплексов (ППК) [8]. В последнем случае к СЛ предъявляются наиболее жесткие требования по долговечности и сохраняемости [9].

В хозяйствах Алтайского края насчитывается до 10000 культиваторов и более 20000 сеялок, для работы которых ежегодно требуется более 200 000 РО, наибольшим спросом среди них пользуются как раз СЛ. Проведенный анализ работы ППК показывает, что наибольшие потери времени и затраты на приобретение запасных частей вызваны как раз недостаточной долговечностью коммерческих СЛ. Так, затраты на ремонт (замену) их РО составляют до 100-120% от стоимости у отечественных ППК, за весь срок их службы, и более 250-300% – у импортных машин. Поэтому в рамках программы импортозамещения машиностроительными предприятиями выпускается широкий ассортимент аналогов импортных СЛ различных конструкций. Не является здесь

исключением и крупнейший в крае производитель РО почвообрабатывающих машин АО «АНИТИМ», входящий в объединение компаний «Алтайские машиностроительные заводы» (АЛМАЗ).

В ассортименте продукции предприятия более 50% занимают аналоги импортных СЛ (фирмы: Bednar, Horsch, John Deere, Kverneland, Bellota и др.). Выпускаются СЛ и для отечественной техники: культиваторов Алтай, КПК, АПК и др., сеялок «Омичка» и СЗС, а также СЛ для широко распространенного в крае ППК «Кузбасс» [10].

Производимые АО «АНИТИМ» СЛ выполняются, как правило, из сталей 50, 50Г, 50Г2, 50ХГА или стали 65Г (в зависимости от поставок, коммерческого предложения, стоимости проката им пр.), далее упрочняются индукционной наплавкой (сплавы: ПГ-УС25, ПГ-С27, Сормайт-1,2) с последующей ТВЧ-закалкой лезвия.

Такие СЛ имеют гарантийную наработку до 35-40 га, что превышает требования ОСТ 23.2164-87, но все равно недостаточно для проведения предпосевной обработки, сева, культивации и содержания паров, с помощью современных импортных и отечественных сельскохозяйственных машин. Кроме того, остается открытым вопрос сравнительной износостойкости СЛ из различных материалов.

Цель работы – оценка влияния конструкционного материала, а также абразивных свойств почвы на характеристики изнашивания коммерческих стрельчатых лап АО «АНИТИМ», изготовленных из различных сталей (50, 65Г), и достижения ими предельного состояния.

Экспериментальная часть

Исследования износа СЛ проводили в реальных условиях на опытных полях СПК «Тамбовский» Романовского района, а также СХА-племзавод (колхоз) «Степной» Немецкого национального района Алтайского края, при выполнении весенних полевых работ в мае-июне 2018 г. Обработку почвы в хозяйствах выполняли двумя МТА в составе трактора К-701(2), агрегатированного с ППК «Кузбасс-8,5».

Тип почвы в СПК «Тамбовский»: чернозем южный, содержание песчаных фракций (от 0,05 до 1 мм) – 24%. Тип почвы в СХА-племзавод (колхоз) «Степной» каштановая, содержание песчаных фракций (от 0,05 до 1 мм) – 65% [11].

Для испытаний были произведены две партии экспериментальных СЛ дет. 47.917.001 (n=18 шт.), выполненных из проката сталей 50 и 65Г, увеличенной толщины 10 мм. Для учета влияния на износ СЛ уплотнения почвы детали устанавливали в 1-, 2-, и 3-й ряд ППК, но мимо следа МТА. Для исключения влияния технологических факторов на износ СЛ [12] экспериментальные детали упрочняли в одинаковых условиях по одной и той же, принятой на заводе, технологии: наплавка твердого сплава ПГ-УС25, далее ТВЧ-закалка лезвия при 780-800°C в масле, затем средний отпуск при 550-580°C. Остальные операции мехобработки при изготовлении СЛ осуществляли по принятым на заводе режимам. Наплавку твердого сплава производили на режущую кромку СЛ, сверху.

При исследовании износа определяли следующие параметры: угол наклона затылочной фаски к плоскости крыла СЛ (α), весовой износ (U_m), линейный износ (U_l) – по ширине лезвия СЛ в средней части крыла, а также износу (длине) носовой части.

Удельную интенсивность изнашивания (линейного, мм/га и весового, г/га) рассчитывали по универсальной эмпирической формуле [13]:

$$J = 28 \frac{U}{S},$$

где J – интенсивность изнашивания, мм/га; г/га;

U – износ в установленных единицах измерения, мм; г;

S – общая наработка посевного агрегата на момент определения износа, га;

28 – переводной коэффициент, учитывающий размеры и массу исходной (неизношенной) СЛ.

При проведении измерений параметров износа использовали следующие универсальные измерительные приборы: угломер «УН-127» с нониусом, тип 2-2, мод. 1005-2' по ГОСТ 5378-88; штангенциркуль «ЕРМАК», тип ШЦЦ-I-125-0,01 по

ГОСТ 166-89, с цифровым индикатором; весы лабораторные «ANDHT-5 000», тип НТ (пр-во фирмы A&D Co., Ltd., Япония).

Результаты и их обсуждение

Способность сопротивляться изнашиванию (износостойкость) определяется не только конструкцией РО, типом упрочняющего покрытия (упрочняющим материалом), но и, прежде всего, конструкционным материалом, из которого изготовлена эта деталь, и запасенным (технологически наследованным) уровнем его прочностных и трибологических характеристик.

Так, за рубежом при изготовлении РО применяют в основном низко- и среднеуглеродистые стали с содержанием углерода от 0,3-0,4 до 1,2 мас. %. Например, в США для производства плужных лемехов многие фирмы используют стали, соответствующие отечественным маркам У8, У10, У12.

В большинстве стран Евросоюза для производства плужных лемехов, культиваторных и пропашных СЛ, а также ножей фрез и других РО применяют качественные (содержание S, P < 0,05%) кремнистые и кремнемарганцовистые стали, содержащие, мас. %: С – 0,4-0,5; Si – 1,5%; Mn – 1,5 [14]. Канадские СЛ, наиболее близкие по конструкции к отечественным, изготавливаются из аналогичной стали, содержащей, мас. %: С – 0,77; Mn – 0,86; Si – 0,86. Сталь такого же состава используется для изготовления СЛ в Австралии и Новой Зеландии. Твердость материала импортных РО после термической обработки, как правило, составляет величину 42-48 HRCэ.

В России СЛ изготавливаются в основном из углеродистых конструкционных сталей и сталей ресурсно-пружинной группы: 38ХС, 45, 50, 55, 50Г, 50Г2, 50ХГ(Ф)А, 55С2, 60С2А, 65Г, 70, 70Г, 9ХС, У8А и др., твердость которых после термообработки может достигать 55-58 HRCэ.

В литературе также имеются указания на опробование для рабочих органов различных инструментальных сталей, содержащих, мас. %: С – 1,6; Cr – 5-12; Mo – 0,2-0,6; V – 0,2-0,5 (твердость 55-58 HRCэ). Эти стали, в сравнении с низколегированными

углеродистыми и кремнеуглеродистыми и кремнемарганцовистыми сталями, показывают при испытании РО на разных почвах повышенную износостойкость, но они одновременно являются и более хрупкими [15].

Если сопоставить накопленный опыт и отзывы потребителей об износостойкости импортных и отечественных СЛ с содержанием основных элементов, входящих в состав сталей, из которых они изготовлены, то можно сформулировать новый, материаловедческий критерий этой характеристики для этого типа РО [16].

Критерий. На износостойкости СЛ положительно сказываются: повышенная (от 0,4 до 0,7-0,9%) доля углерода; содержание Si – 0,8-1,5%; содержание Mn – 0,8-1,5%; наличие легирующих элементов (Cr, Mo, V); пониженная доля S и P – менее 0,005%. Указанный состав конструкционного материала потенциально формирует (определяет технологическую наследственность) высокую износостойкость СЛ.

В таблице приведены нормативные требования, фактический состав и справочные характеристики исследованных конструкционных материалов.

Как следует из данных таблицы, по предложенному выше критерию, обе исследованные стали примерно равноценны, хотя по параметрам: твердость, временное сопротивление разрыву, предел текучести и ударная вязкость, сталь 65Г в 1,2-2,0 раза превосходит сталь 50. Но при этом коммерческая стоимость последней оказывается в 1,65 раза меньше, чем у аналога – стали 65Г [17, 18].

Однако при проведении лабораторных испытаний свойства конструкционных материалов (в т.ч. относительная износостойкость) оказываются постоянными величинами, в то время как в реальных условиях абразивного изнашивания в почве относительная износостойкость материалов будет величиной переменной, зависящей от многих параметров [1, 13]. Поэтому экспериментальную оценку износостойкости материалов, тем более изготовленных из них деталей, следует производить в условиях реальной эксплуатации,

учитывая возможное изменение качественных и количественных параметров среды, материала, процесса [12, 16].

Так, при проведении испытаний СЛ на полях СПК «Тамбовский» Романовского района общая наработка МТА с ППК «Кузбасс-8,5» составила 1210 га, в то время как в СХА-племзавод (колхоз) «Степное» Немецкого национального района – от

1254 до 2159 га (т.к. первая часть рабочих органов была снята с испытаний до окончания полевых работ по причине достижения ими предельного состояния и ухудшения качества высева).

На диаграммах (рис. 1) приведены данные по сравнительной удельной интенсивности линейного и весового изнашивания СЛ, выполненных из различных конструкционных материалов.

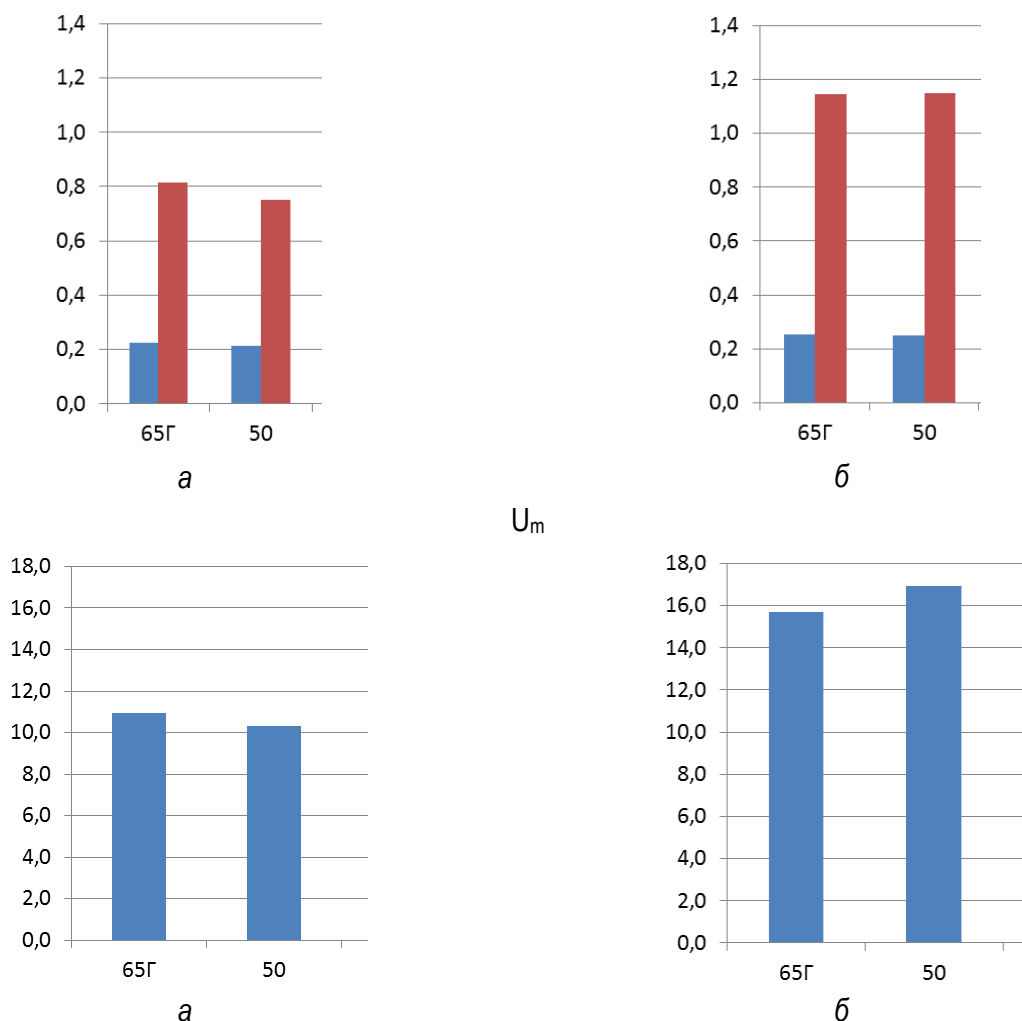
Таблица

Состав и некоторые характеристики сталей 50 и 65Г

Сталь 50							
состав		физико-механические свойства					
элемент	содержание, мас.% ГОСТ/факт	Ac ₁ /Ac ₃ , °C	HRCэ	σ _B , МПа	σ _T , МПа	E, *10 ⁻⁵ МПа	KCU, Дж/м ²
C	0,47-0,55/0,52	725/760	48-52	630	375	2,16	64
Si	0,17-0,37/0,19						
Mn	0,5-0,8/0,55						
Ni	≤0,3/0,31						
Cr	≤0,25/ 0,32						
Cu	≤0,3/0,1						
S	≤0,04/0,035						
P	≤0,035/0,032						
Сталь 65Г							
состав		физико-механические свойства					
элемент	содержание, мас.% ГОСТ/факт	Ac ₁ /Ac ₃ , °C	HRCэ	σ _B , МПа	σ _T , МПа	E, *10 ⁻⁵ МПа	KCU, Дж/м ²
C	0,62-0,70/0,65	720/745	52-56	980	785	2,15	76
Si	0,17-0,37/0,29						
Mn	0,9 1,2/1,1						
Ni	≤0,25/0,17						
Cr	≤0,25/0,11						
Cu	≤0,2/0,08						
S	≤0,035/0,032						
P	≤0,035/0,035						

Примечание. Ac₁, Ac₃ – температура критических точек материала; HRCэ – твердость материала по Роквеллу (эталонная), термообработанного в промышленных условиях; σ_B – предел кратковременной прочности; σ_T – предел пропорциональности (предел текучести для остаточной деформации); E – модуль упругости первого рода (модуль Юнга); KCU – ударная вязкость образцов с U-образным надрезом.

U_i



**Рис. 1. Сравнительные данные по удельной интенсивности линейного (U_l) и весового (U_m) изнашивания СЛ в различных почвенных зонах:
а – СПК «Тамбовский», б – СХА (колхоз) «Степное»; ■ – крыло; ■ – носок**

Как следует из рисунка 1, удельная интенсивность линейного изнашивания СЛ (U_l) по крыльям практически не зависит ни от стали, из которой изготовлен РО, ни от почвенно-климатических условий (почвенной зоны) проведения испытаний. Интенсивность линейного изнашивания крыла лап, изготовленных из разных сталей, практически одинаковая ($\leq 7\%$).

Однако при определении указанного параметра по носку СЛ имеется выраженное преимущество лап ($\sim 18\%$), изготовленных из стали 50, особенно на почвах СПК «Тамбовский». Такие лапы имеют и наименьший весовой износ (U_m), это преимущество проявляется еще более отчетливо на почвах СХА-племзавод (колхоз) «Степной» ($\sim 22\%$).

Таким образом, не установлено преимущество какой-либо стали в различных почвенно-климатических зонах. Несмотря на существенное отличие в интенсивности изнашивания в различных зонах можно отметить общую закономерность: относительная износостойкость лап, изготовленных из разных сталей, отличается несущественно.

Отсутствие большой разности в интенсивности линейного изнашивания крыла лап, изготовленных из различных материалов, объясняется тем, что износостойкость наплавленного слоя не зависит от материала основы. При полном же износе наплавленного слоя, что наблюдается в носовой части СЛ, начинает проявляться преимущество материала основы. При этом значительно изменяется и форма СЛ.

На рисунке 3 приведены фотографии лап, работавших в первом ряду ППК до окончания испытаний (до предельного состояния), в различных почвенных зонах.

Из приведенных на рисунке 3 фотографий видна разница в форме лап, испытанных на разных почвах в равных условиях (т.е. установленных в первом ряду ППК и идущих по уплотненной почве, по следу МТА).

Можно отметить, что при небольшой наработке, при сохранении наплавки на носовой части, лапы сохраняют свою форму, и разница между сталями также проявляется незначительно. При увеличении же наработки наплавленный слой в носовой части изнашивается, что приводит к существенному искажению формы лап по сравнению с исходной. Особенно это заметно на лапах, изготовленных из стали 50, в меньшей мере – на лапах из стали 65Г.

Полученные результаты противоречивы и не позволяют сделать однозначный вывод о преимуществах той или иной стали. Во многом это

обусловлено отсутствием стабильных характеристик зоны упрочнения.

На рисунке 4 показана наблюдаемая неравномерность износа крыльев СЛ. При этом отчетливо видна разница в износе участков с наплавкой и участков, где наплавленного слоя не осталось. Такая форма износа характерна, например, для лап, испытанных в СХА-племзавод (колхоз) «Степное».

Неравномерность износа обусловлена как различной интенсивностью изнашивания материала основы, так и технологическими факторами при выбранной технологии упрочнения. Наличие сколов наплавленного твердого сплава привело к неравномерному износу крыла, что отрицательно сказалось на точности определения величины износа и интенсивности линейного изнашивания.

Одной из вероятных причин наличия зон неравномерного износа наплавленного слоя может также являться и чрезмерное самозатачивание у исследованных СЛ.

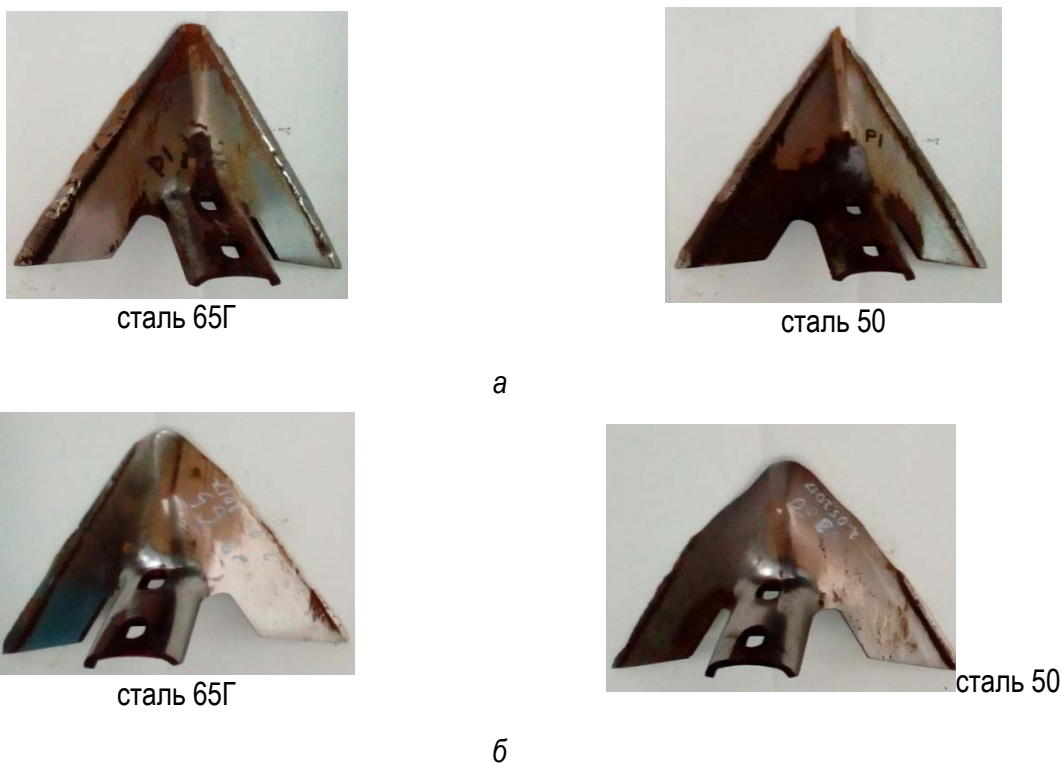


Рис. 3. Внешний вид стрелчатых лап после испытаний в различных почвенных зонах:
а – СПК «Тамбовский» (наработка 43 га/лапу);
б – СХА-племзавод (колхоз) «Степное» (наработка 72 га/лапу)



Рис. 4. Неравномерное изнашивание наплавленного слоя на крыльях стрелчатой лапы:
а – сколы вдоль крыла лапы; б – осыпание, выкрашивание наплавленного слоя

Выводы

1. Сформулирован новый материаловедческий критерий выбора конструкционного материала для обеспечения высокой износостойкости стрелчатых лап. На износостойкость лапы положительно влияют: повышенная (от 0,4 до 0,7-0,9%) доля углерода; содержание Si – 0,8-1,5%; содержание Mn – 0,8-1,5%; наличие легирующих элементов (Cr, Mo, V); пониженная доля S и P (менее 0,005%) в стали, из которой изготовлен рабочий орган. При этом химический состав стали потенциально формирует (определяет технологическую наследственность) высокую износостойкость стрелчатой лапы.

2. При малом износе стрелчатых лап, не превышающем ширину наплавленного слоя, различие в удельной интенсивности изнашивания лап из сталей 50 и 65Г незначительное. Потенциальная износостойкость конструкционного материала детали проявляется при большом износе лап, превышающем ширину наплавленного слоя. По износу носка преимущество имеют лапы из стали 50, интенсивность изнашивания которых на 18% меньше (на менее абразивных почвах), а по весовому износу всего рабочего органа преимущество имеют лапы из стали 65Г, интенсивность изнашивания которых на 22% меньше (на более абразивных почвах). При этом коммерческая стоимость материалов отличается в 1,65 раза.

3. Интенсивность изнашивания носка и крыльев стрелчатых лап неравномерная. Интенсивность изнашивания носка в 3,5-4,5 раза превышает интенсивность изнашивания крыльев лапы.

4. Нарботка до предельного состояния стрелчатых лап АО «АНИТИМ» зависит не толь-

ко от марки стали (50, 65Г), из которой они изготовлены, но и от вида и качества упрочнения, а также от абразивной способности почвы и составляет величину от 43 га (в СПК «Тамбовский») до 72 га на один рабочий орган (в СХА-племзавод (колхоз) «Степное»).

Библиографический список

1. Ткачев В.Н. Износ и долговечность рабочих органов почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение, 1964.
2. Аулов В.Ф., Кривочуров Н.Т., Иванайский В.В., Соколов А.В., Ишков А.В. Новая конструкция носовой части стрелчатых лап // Сельский механизатор. – 2013. – № 10. – С. 34-35.
3. Вольферц Г.А., Максимов А.А., Олейников Д.В. Использование сварочных и упрочняющих технологий при производстве лап культиваторов и сеялок // Ползуновский альманах. – 2003. – № 4. – С. 174-175.
4. Ишков А.В., Кривочуров Н.Т., Мишустин Н.М. и др. Износостойкие боридные покрытия для почвообрабатывающих органов сельхозтехники // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 9 (71). – С. 71-75.
5. Shchegolev A.V., Aulov V.F., Ishkov A.V., Ivanayskiy V.V., Krivochurov N.T. Modification of wear-resistant coatings of Fe-Cr-C system based on the Cr₃C₂ obtained with help of SHS method // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – Vol. 441. – № 012047. – 5 p. <https://www.doi.org/10.1088/1757-899X/441/1/012047>.

6. Иванайский В.В., Ишков А.В., Кривочуров Н.Т., и др. О выборе сталей для изготовления почвообрабатывающих органов сельхозтехники, упрочняемых методом индукционной наплавки // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 4 (90). – С. 70-74.

7. Ананьев М.И., Ишков А.В. Перспективы применения композиционных материалов для изготовления рабочих органов почвообрабатывающих орудий повышенной износостойкости // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. матер. XIII Междунар. науч.-практ. конф.: в 2 кн. – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2018. – С. 146-148.

8. Зиганшин Б.Г., Валиев А.Р., Мухамадьяров Ф.Ф. Современные почвообрабатывающие машины: регулировка, настройка и эксплуатация. – СПб.: Лань, 2016.

9. ОСТ 23.2164-87 Лапы и стойки культиваторов. Общие технические условия.

10. Официальный сайт АО «АНИТИМ». Лапы стрельчатые. – Режим доступа: <http://www.anitim-oao.ru/produksiya/zapchasti-k-selkhoztehnike/lapy-strelchatye>.

11. Бурлакова Л.М., Пудовкина Т.А. Почвы. Земельные ресурсы // Энциклопедия Алтайского края. – Барнаул: Алтайское книжное изд-во, 1995. – Т. 1. – С. 53-57.

12. Ишков А.В., Кривочуров Н.Т., Мишустин Н.М. и др. Влияние технологических факторов на износ поверхностно-упрочненных стрельчатых лап // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 10 (72). – С. 92-96.

13. Иванайский В.В., Ишков А.В., Кривочуров Н.Т., Шайхудинов А.С. Триботехника, надежность и работоспособность технических систем. Ч. 1. Трение и изнашивание. – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2016.

14. Михальченков А.М., Соловьев С.А., Новиков А.А. Об одной причине низкого ресурса деталей рабочих органов отечественных почвообрабатывающих орудий // Труды ГОСНИТИ. – 2014. – Т. 117. – С. 127-132.

15. Рабинович А.Ш., Винокуров В.Н. Анализ изнашивания культиваторных лап // Механизация

и электрификация сельского хозяйства. – 1963. – № 6. – С. 27-29.

16. Тененбаум М.М. Критерии оценки долговечности сельхозмашин и их рабочих органов // Тракторы и сельхозмашины. – 1979. – № 11. – С. 28-32.

17. Официальный сайт ООО «Атис сталь». Сталь 65Г. – Режим доступа: <http://www.atissteel.ru/konstrukcionnaja-stal/pruzhinno-ressornaja-stal/stal-65g/>.

18. Официальный сайт ООО «Атис сталь». Сталь 50. – Режим доступа: <http://www.atissteel.ru/konstrukcionnaja-stal/uglerodistaja-konstrukcionnaja-stal/stal-50/>.

References

1. Tkachev V.N. Iznos i dolgovechnost rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin. – M.: Mashinostroenie, 1964.

2. Aulov V.F., Krivochurov N.T., Ivanayskiy V.V., Sokolov A.V., Ishkov A.V. Novaya konstruktsiya nosovoy chasti strelchatykh lap // Selskiy mekhanizator. – 2013. – No. 10. – S. 34-35.

3. Volferts G.A., Maksimov A.A., Oleynikov D.V. Ispolzovanie svarochnykh i uprochnyayushchikh tekhnologiy pri proizvodstve lap kultivatorov i seylok // Polzunovskiy almanakh. – 2003. – No. 4. – S. 174-175.

4. Ishkov A.V., Krivochurov N.T., Mishustin N.M. i dr. Iznosostoykie boridnye pokrytiya dlya pochvoobrabatyvayushchikh organov selkhoztehniki // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2010. – No. 9 (71). – S. 71-75.

5. Shchegolev A.V., Aulov V.F., Ishkov A.V., Ivanayskiy V.V., Krivochurov N.T. Modification of wear-resistant coatings of Fe-Cr-C system based on the Cr₃C₂ obtained with help of SHS method // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – Vol. 441. – No. 012047. – 5 p. <https://www.doi.org/10.1088/1757-899X/441/1/012047>.

6. Ivanayskiy V.V., Ishkov A.V., Krivochurov N.T. i dr. O vybore staley dlya izgotovleniya pochvoobrabatyvayushchikh organov selkhoztehniki, uprochnyaemykh metodom induktsionnoy

naplavki // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – No. 4 (90). – S. 70-74.

7. Ananев M.I., Ishkov A.V. Perspektivy primeneniya kompozitsionnykh materialov dlya izgotovleniya rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh orudiy povyshennoy iznosostoykosti // Agrarnaya nauka – selskomu khozyaystvu.- Sbornik materialov XIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. V 2 kn. – Barnaul: RIO AGAU, 2018. – Kn. 2. – S. 146-148.

8. Ziganshin B.G., Valiev A.R., Mukhamadyarov F.F. Sovremennye pochvoobrabatyvayushchie mashiny: regulirovka, nastroyka i ekspluatatsiya. – SPb.: Lan, 2016.

9. OST 23.2164-87 Lapy i stoyki kultivatorov. Obshchie tekhnicheskie usloviya.

10. Ofitsialnyy sayt AO «ANITIM». Lapy strelchatye. [El. dann.]. – Rezhim dostupa: <http://www.anitim-oao.ru/produksiya/zapchasti-k-selkhoztehnike/lapy-strelchatye>.

11. Burlakova L.M., Pudovkina T.A. Pochvy. Zemelnye resursy // Entsiklopediya Altayskogo kraya. – Barnaul: Altayskoe knizhnoe izd-vo, 1995. – T. 1. – S. 53-57.

12. Ishkov A.V., Krivochurov N.T., Mishustin N.M. i dr. Vliyaniye tekhnologicheskikh faktorov na iznos poverkhnostno-uprochnennykh strelchatykh lap

// Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2010. – No. 10 (72). – S. 92-96.

13. Ivanayskiy V.V., Ishkov A.V., Krivochurov N.T., Shaykhudinov A.S. Tribotekhnika, nadezhnost i rabotosposobnost tekhnicheskikh sistem. Ch. 1. Trenie i iznashivaniye. – Barnaul: AGAU, 2016.

14. Mikhailchenkov A.M., Solovov S.A., Novikov A.A. Ob odnoy prichine nizkogo resursa detaley rabochikh organov otechestvennykh pochvoobrabatyvayushchikh orudiy // Trudy GOSNITI. – 2014. – T. 117. – S. 127-132.

15. Rabinovich A.Sh., Vinokurov V.N. Analiz iznashivaniya kultivatornykh lap // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva. – 1963. – No. 6. – S. 27-29.

16. Tenenbaum M.M. Kriterii otsenki dolgovechnosti selkhoz mashin i ikh rabochikh organov // Traktory i selkhoz mashiny. – 1979. – No. 11. – S. 28-32.

17. Ofitsialnyy sayt OOO «Atis stal». Stal 65G. [El. dann.]. – Rezhim dostupa: <http://www.atissteel.ru/konstrukcionnaya-stal/pruzhinno-ressornaya-stal/stal-65g/>.

18. Ofitsialnyy sayt OOO «Atis stal». Stal 50. [El. dann.]. – Rezhim dostupa: <http://www.atissteel.ru/konstrukcionnaya-stal/uglerodistajakonstrukcionnaya-stal/stal-50/>.



УДК 621.791.923

В.В. Иванайский
V.V. Ivanayskiy

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ТЕРМОИНДИКАТОРНОГО МЕТОДА В ИССЛЕДОВАНИЯХ ТЕХНОЛОГИИ ИНДУКЦИОННОЙ НАПЛАВКИ

THE POSSIBILITIES OF THERMAL INDICATION METHOD IN THE RESEARCH
OF INDUCTION BUILDING-UP WELDING TECHNOLOGY

Ключевые слова: порошковый материал, термометрия, индукционная наплавка, термоиндикатор.

Keywords: powder material, thermometry, induction welding, thermal indicator.