

ISSN 2414-3820

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

**КОНСТРУЮВАННЯ, ВИРОБНИЦТВО
ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ
МАШИН**



**Загальнодержавний міжвідомчий
науково-технічний збірник**

Заснований у 1971 р.

За загальною редакцією М.І. Черновола

**Випуск 47
Частина I**

КРОПИВНИЦЬКИЙ • 2017

УДК 631.3.001.1 (082)

Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, вип. 47, ч.І. – Кіровоград: КНТУ, 2017. – 276 с.

В збірнику викладені питання конструювання, розрахунку, удосконалення, створення і дослідження нових робочих органів сільськогосподарських машин, засобів механізації, електрифікації та автоматизації сільськогосподарського виробництва. Наведені результати досліджень в галузі технологій виробництва і експлуатації машин та забезпечення їх надійності і довговічності. Викладені практичні рекомендації по використанню результатів досліджень і дослідно-конструкторських розробок в сільськогосподарській і інших галузях машинобудування. Збірник розрахований на наукових та інженерно-технічних працівників науково-дослідних установ, ВНЗ, конструкторських організацій та промислових підприємств.

Рекомендовано до друку Вченою радою Кіровоградського національного технічного університету, протокол від 18 грудня 2017 року № 4.

Редакційна колегія: Черновол М.І., д.т.н., проф. – головний редактор;
Петренко М.М., к.т.н., проф. – заст. головного редактора;
Петренко Д.І., к.т.н. – відповідальний секретар;
Адамчук В.В., д.т.н.;
Бойко А.І., д.т.н., проф.;
Бойко Л.Й., д.т.н. (Білорусь);
Булгаков В.М., д.т.н., проф.;
Гамалій В.Ф., д.ф-м.н., проф.;
Кропівний В.М., к.т.н., проф.;
Лобачевский Я.П., д.т.н., проф. (Росія);
Носуленко В.І., д.т.н., проф.;
Осадчий С.І., д.т.н., проф.;
Павленко І.І., д.т.н., проф.;
Сало В.М., д.т.н., проф.;
Свірень М.О., д.т.н., проф.
Vladimir Jurcha, д.т.н., проф. (Чехія);
Janusz Nowak, д.т.н., проф. (Польща);
Marian Wesołowski, д.т.н., проф. (Польща);

Адреса редакційної колегії: 25030, м. Кропивницький, пр. Університетський, 8, Центральноукраїнський національний технічний університет, тел.: 390-581, 390-472, 55-10-49.

Автори опублікованих матеріалів несуть відповідальність за підбір і точність наведених фактів, цитат, економіко-статистичних даних, власних імен та інших відомостей, а також за те, що матеріали не містять даних, які не підлягають відкритій публікації. Редакція може публікувати статті в порядку обговорення, не поділяючи точки зору автора.

Включений до переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватись результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук з технічних наук (бюлетень ВАК №5 від 2010р., наказ Міністерства освіти і науки України від 21 грудня 2015 року №1328).

Збірник наукових праць зберігається в загальнодержавній реферативній базі даних «Україніка наукова» Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського та представлений у міжнародній наукометричній базі даних *Google Scholar*

Реєстраційне свідоцтво: серія КВ № 15254 – 3826 ПР від 30.04.2009 р.
ISSN 2414-3820

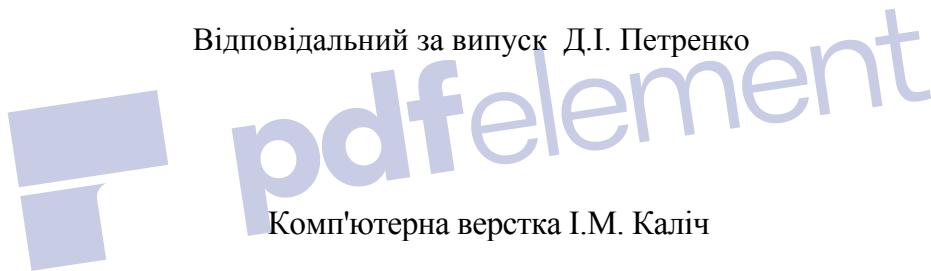
**Конструювання, виробництво та експлуатація
сільськогосподарських машин**

Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник

Заснований у 1971 році

Випуск 47
Частина I

Відповідальний за випуск Д.І. Петренко



Комп'ютерна верстка І.М. Каліч

Тиражування О. Г. Каліч

*Приватне підприємство «Ексклюзив-Систем»
Свідоцтво про реєстрацію № 05720-ПП-1 від 10.12.1996.
25006, м. Кіровоград, вул. Шевченка, 25
тел./факс 24-35-53*

Здано в набір 15.12.2017 Підписано до друку 18.12.2017. Формат 60x84 1/8.
Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman Умов. друк. арк. 34,5
Обл. вид. арк. 37,7. Наклад 300 прим. Замовлення №0072.

УДК 621.793.620.172

В.Я. Николайчук, ст. препод.

Винницький національний аграрний університет, г. Винниця, Україна

Е.К. Соловых, проф., д-р техн. наук, Т.В. Ворона, канд. техн. наук, С.Е. Катеринич, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, г. Кропивницький, Україна, E-mail: katerinichs@ukr.net

Повышение сопротивляемости абразивному изнашиванию рабочих органов сельскохозяйственных машин

Проведены исследования износостойкости стальных покрытий при трении по абразиву. Показана целесообразность изготовления рабочих органов сельскохозяйственной техники, эксплуатирующихся при наличии абразива, с покрытиями из сталей мартенситного класса для повышения их сопротивляемости абразивному изнашиванию. Испытания ножей с покрытиями из мартенситной стали 40X13 показали повышение их износостойкости на 25-30%, а срока службы - в 2,5-3 раза.

износостойкость, рабочие органы, сопротивление абразивному изнашиванию, покрытия, газотермическое напыление, электроконтактная обработка

В.Я. Ніколайчук, ст. викл.

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

Є.К. Солових, проф., д-р техн. наук, Т.В. Ворона, канд. техн. наук, С.Є. Катеринич, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Підвищення опору абразивному зношуванню робочих органів сільськогосподарських машин

Проведено дослідження зносостійкості сталевих покриттів при терті по абразиву. Показана доцільність виготовлення робочих органів сільськогосподарської техніки, що експлуатуються при наявності абразиву, з покриттями із сталей мартенситного класу для підвищення їх опору абразивному зношуванню. Випробування ножів з покриттями з мартенситної сталі 40X13 показали підвищення їх зносостійкості на 25-30%, а терміну служби - в 2,5-3 рази.

зносостійкість, робочі органи, опір абразивному зношуванню, покриття, газотермічне напилення, електроконтактна обробка

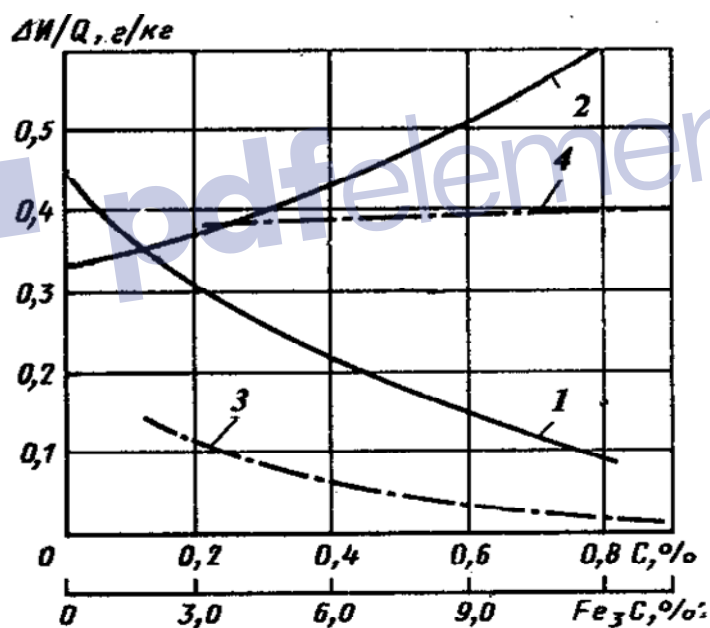
Постановка проблемы. Выход из строя сельскохозяйственных машин в основном связан с износом рабочих органов, которые испытывают в процессе работы комбинированное влияние агрессивных сред, высоких удельных нагрузок, трения, вибраций и других факторов [1-2]. В подавляющем большинстве случаев разрушается только рабочая поверхность, которую можно упрочнить при изготовлении или восстановить путем нанесения слоя материала со специальными свойствами [2-3].

Анализ последних исследований и публикаций. Изготовление рабочих органов сельскохозяйственных машин с износостойкими покрытиями осуществляется, как правило, в целях повышения их сопротивляемости абразивному изнашиванию [1-3]. Для противодействия воздействию абразивной среды металл должен иметь твердую составляющую. Такой составляющей в металле могут быть карбиды, бориды, карбобориды, карбонитриды, интерметаллические соединения, а в ряде случаев эти функции может выполнять мартенсит [4-6].

© В.Я. Николайчук, Е.К. Соловых, Т.В. Ворона, С.Е. Катеринич, 2017

Свойства мартенсита зависят от содержания в нем углерода [4-5]. Низкоуглеродистый мартенсит благодаря высокой вязкости может удерживать включения твердых износостойких частиц и обеспечивать повышение сопротивления ударным нагрузкам, характерным при ударно-абразивном изнашивании рабочих органов сельскохозяйственных машин. При повышении содержания углерода в мартенсите износостойкость при трении по абразиву будет непрерывно повышаться. Повышение содержания углерода в стали является показателем увеличения количества карбидной фазы. Увеличение количества карбидов более эффективно влияет на износостойкость при трении по абразиву и менее эффективно при ударно-абразивном изнашивании. При ударно-абразивном изнашивании повышение износостойкости будет происходить только до определенного содержания углерода в мартенсите, после чего будет снижаться. В сталях, содержащих углерода примерно 1,2%, после закалки и низкого отпуска свободные карбиды в структуре практически отсутствуют [5]. Изменение содержания углерода в стали изменяет содержание углерода в мартенсите, что позволяет судить об их износостойкости [5].

На рисунке 1 представлена зависимость интенсивности изнашивания (отношение массы потерь металла $\Delta И$ к массе абразива Q , вызвавшего это изнашивание) покрытий в зависимости от содержания в них углерода при воздействии абразивного потока [6].



1, 2 – покрытие из СВ-08 в скользящем и ударном потоке;
3, 4 – покрытие из 40X13 в скользящем и ударном потоке

Рисунок 1 – Влияние содержания углерода в стальных покрытиях на интенсивность их изнашивания $\Delta И/Q$ в абразивном потоке

Согласно результатам исследований, представленных на рисунке 1, лучшую стойкость к абразивному изнашиванию показало покрытие из стали 40X13. Таким образом, наиболее целесообразно для изготовления рабочих органов сельскохозяйственной техники, эксплуатирующихся при наличии абразива, использовать покрытия из сталей мартенситного класса.

Постановка задачі. Исследование результатов нанесения износостойких упрочняющих покрытий на рабочие органы сельскохозяйственных машин, работающих в условиях абразивного изнашивания.

Изложение основного материала. Покрытия наносили газотермическим напылением с последующей обработкой. Общая схема получения покрытий, включающая методы и режимы их нанесения и обработки, а также используемые материалы, представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Методы и режимы формирования износостойких покрытий для рабочих органов сельскохозяйственных машин, работающих в присутствии абразивных частиц

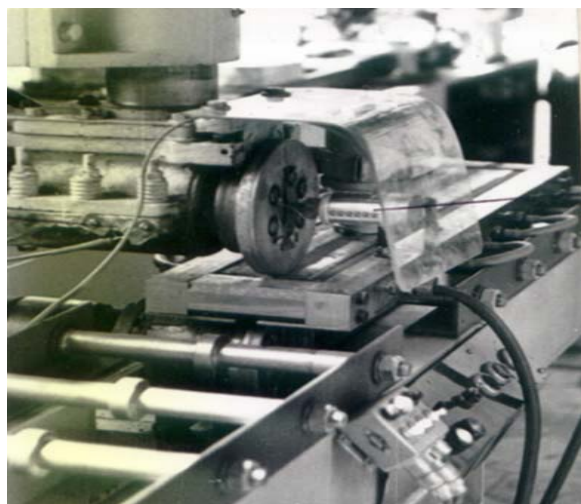
Вид технологии	Материал покрытий и режимы его обработки			
	Газотермическое напыление (нанесение покрытия)	Тип покрытия	Горючая смесь	Расстояние, мм
40X13		Ацетилен + кислород	150,0	1,0-1,2
Электрохимическая полировка (вскрытие пор)	Состав электролита	Температура электролита, °С	Плотность тока, А/см ²	Время, мин
	H ₃ PO ₄ (760 г) + CrO ₃ (100 г)	40-50	0,5	10,0
Ультразвуковая обработка	Материал Покрытия	Частота колебания, Гц	Время, мин	Среда обработки
	40X13	44,0	7,0-8,0	Спирт этиловый C ₂ H ₅ OH
Электроконтактная обработка	Ток нагрева, I, кА	Давление, МПа	Время нагрева, T _н , с	Время импульсов-пауз, t, с
	3,5	20,0	8-10	0,02÷0,04

Результаты исследований показали, что одним из наиболее эффективных путей решения задачи повышения износостойкости и срока службы рабочих органов сельскохозяйственных машин, эксплуатирующихся в присутствии абразивных частиц, является использование электродугового напыления покрытий в сочетании с электроконтактной обработкой.

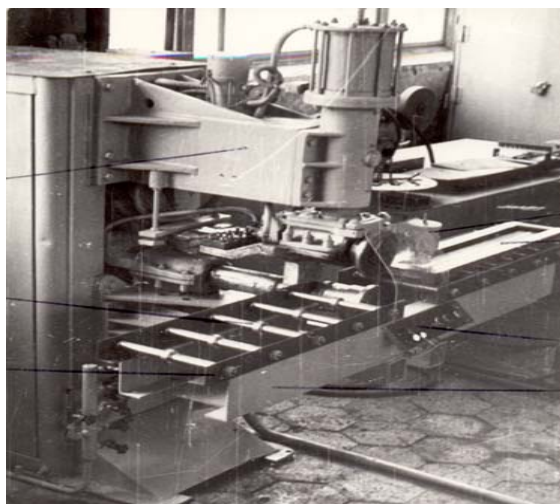
Проведенные испытания покрытий показали эффективность применения газотермического напыления и электроконтактной обработки для получения покрытий с высокими физико-механическими и триботехническими свойствами.

Покрытия наносили на ножи измельчающего барабана комбайна (рис. 2).

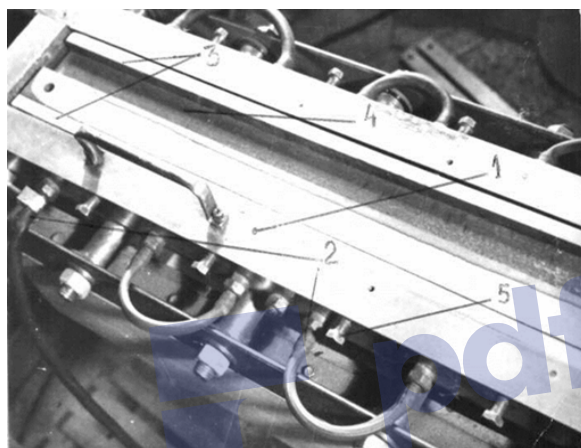
В таблице 2 приведены результаты испытаний ножей и противорежущих брусьев комбайна, а также ножей для срезания ботвы свеклы свеклоуборочных машин с покрытиями, полученными электродуговым напылением стали 40X13 с последующей электроконтактной обработкой.



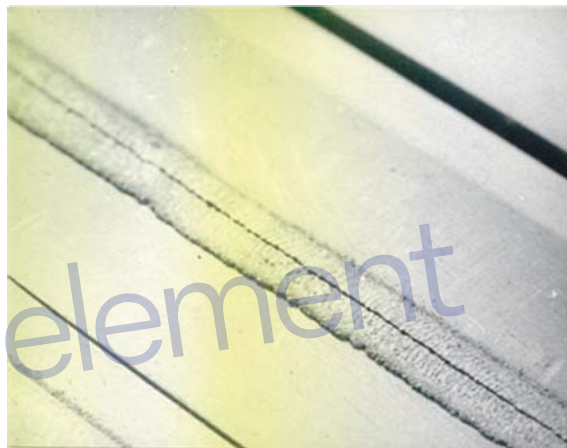
а



б



в



г

а) процесс нанесения покрытий электродом-роликот на режущую кромку ножа; б) установка для нанесения покрытий; в) закрепление ножа в приспособлении; г) ножи с покрытием на режущих кромках

Рисунок 2 – Процесс нанесения покрытий на ножи измельчительного барабана комбайна

Таблица 2 – Результаты испытаний рабочих органов с-х машин с покрытиями

Способ восстановления	Деталь	Материал детали	Прочность сцепления, МПа	Среднее значение износа, мм
Комбинированный метод ЭДН+ЭКО	Нож для срезания ботвы свеклы	сталь 45	220	0,01-0,02
	Копач для выкапывания свеклы	сталь 45	220	0,01-0,02
Новые детали	Нож измельчительного барабана комбайна	сталь 45	-	0,05-0,15
	Противорежущий брус комбайна	сталь 45	-	0,05-0,1

Испытания ножей с покрытиями из мартенситной стали 40X13, полученные электродуговым напылением с последующей электроконтактной обработкой, показали повышение износостойкости ножей на 25-30% и срока службы в 2,5-3 раза.

На рисунке 3 представлены ножи измельчающего барабана комбайна с покрытиями.

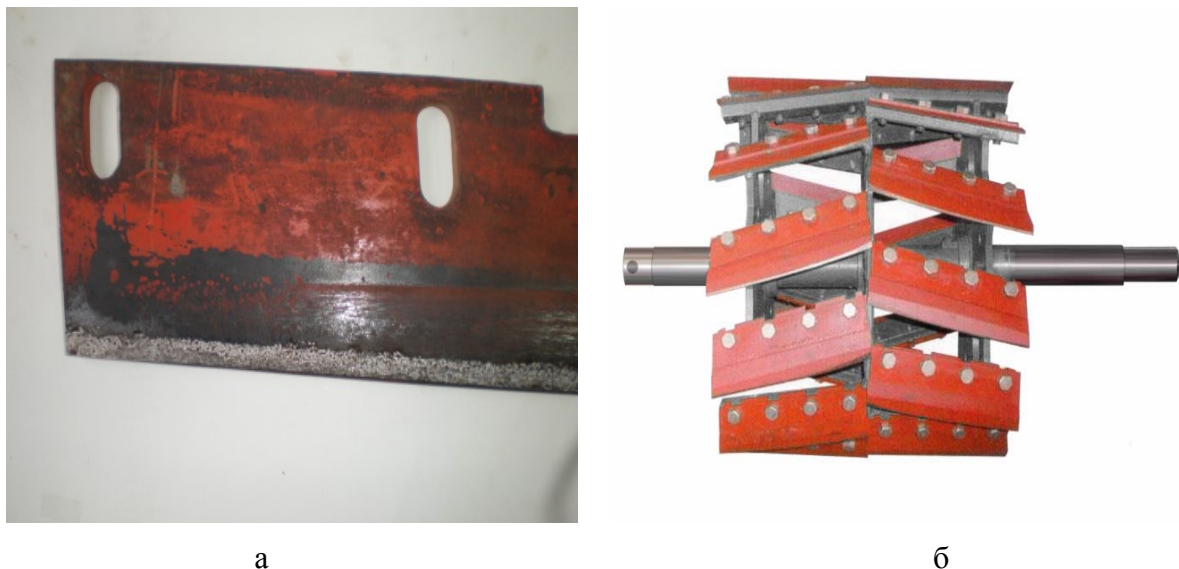


Рисунок 3 - Нож (а) измельчающего барабана (б) комбайна

Разработанная опытно-промышленная технология изготовления ножей с покрытиями прошла апробацию на Полтавском опытно-механическом заводе.

Выводы. Согласно результатам исследований, наиболее целесообразно для изготовления рабочих органов сельскохозяйственной техники, эксплуатирующихся при наличии абразива, использовать покрытия из сталей мартенситного класса. Испытания ножей с покрытиями из мартенситной стали 40X13 показали повышение их износостойкости на 25-30%, а срока службы - в 2,5-3 раза.

Список литературы

1. Черновол, М. І. Умови експлуатації і основні причини виходу з ладу ріжучих елементів робочих органів сільськогосподарських машин [Текст] / М. І. Черновол, Т.В. Ворона // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – Кіровоград: КДТУ, 2011. – Вип. 24. – С. 344-351.
2. Аулін, В.В. Аналіз характеру зношування лез ґрунторіжучих деталей та підвищення їх ресурсу лазерними технологіями [Текст] / В.В.Аулін, Є.К.Солових, В.М.Бобрицький // Зб. наук. праць «Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин» Загальнодержавний міжвідомчий наук.-техн. зб. – Кіровоград: КНТУ, 2005. – Вип. 35. – С. 153-157.
3. Черновол, М.І. Повышение надежности машин методами наплавки и напыления [Текст] / Зб. наук. праць. – Харків: НТУХПУ, 2002. – Вип.1. – С. 432-436.
4. Солових, Є.К. Вибір матеріалів для зміцнення робочих органів деталей сільськогосподарської техніки [Текст] / Є.К.Солових, А.Є.Солових, А.В.Ворона // Зб. наук. праць Кіровоградського національного технічного університету «Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація». – Кіровоград: КНТУ, 2011. – Вип.24. – С. 23-28.
5. Зельдович, И.В. Мартенситные превращения, вызванные действием высоких статических и динамических давлений [Текст] / И.В. Зельдович, Е.Ф. Хомская, К.М. Грязнов [и др.] // ФММ, 1990. – № 1. – С. 151–158.

6. Черновол, М.И. Повышение износостойкости деталей сельскохозяйственной техники электроконтактной обработкой стальных газотермических покрытий [Текст] / М.И. Черновол, Т.В. Ворона, В.И. Жорник, М.А. Белоцерковский // Материалы III международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в машиностроении» (ИннТехМаш-15) 28–29 октября 2015 года, Полоцкий государственный университет (ПГУ), Новополоцк, 2015. – С. 211-214.

Vladimir Nikolaychuk, Lect.

Vinnitsky National Agrary University, Vinnitsa, Ukraine

Yevhen Solovykh, Prof., DSc., Tetiana Vorona, PhD tech. sci., Stanislav Katerinich, Assoc. Prof., PhD tech. sci.
Central Ukrainian National Technical University, Kropivnitsky, Ukraine

Increase of resistance to abrasive wear of working bodies of agricultural machines

Manufacture of working bodies of agricultural machines with wear-resistant coatings is carried out, as a rule, in order to increase their resistance to abrasive wear. To counteract the effects of abrasive media, the metal must have a solid component. Such a component in the metal can be carbides, borides, carboborides, carbonitrides, intermetallic compounds, and in some cases these functions can perform martensite.

The results of the research showed that one of the most effective ways to solve the problem of increasing the wear resistance and the service life of the working parts of agricultural machines operating in the presence of abrasive particles is the use of electric arc spraying of coatings in combination with electrocontact treatment. The tests of the coatings have shown the effectiveness of the application of gas-thermal spraying and electrocontact treatment for the production of coatings with high physicomechanical and tribological properties. According to the results of the studies the best resistance to abrasive wear showed a coating of 40X13 steel. Thus, it is most expedient to use coatings of martensitic steels for the manufacture of working bodies of agricultural machinery, which are operated in the presence of abrasive.

Investigations of the wear resistance of steel coatings in abrasive friction have been carried out. It is shown, expediency, the working bodies of agricultural machinery, operating in the presence of abrasive, be made from a coating of martensitic grade steels to increase their resistance to abrasive wear. Tests of knives with coatings from martensitic steel 40X13 showed an increase in their wear resistance by 25-30%, and their service life by 2.5-3 times.

wear resistance, working bodies, resistance to abrasive wear, coatings, gas-thermal spraying, electrocontact treatment

Получено 10.11.17

УДК 631.365

Б.І. Котов, проф., д-р техн. наук

[Подільський державний аграрно-технічний університет \(ПДАТУ\)](#), м. Кам'янець-Подільський, Україна

С. П. Степаненко, канд. техн. наук

Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», м. Київ, Україна, E-mail: stepanenko_s@ukr.net

Р.А. Калініченко, канд. техн. наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Концептуальні основи створення технічних засобів первинної обробки зерна в умовах господарств АПК

Обґрунтовано перспективу подальшого вдосконалення технічних засобів первинної обробки зерна, визначені математичні залежності повітряного фракціонування зерна.

технічні засоби, первинна обробка, зерно, повітряне фракціонування зерна

© Б.І. Котов, С. П. Степаненко, Р.А. Калініченко, 2017