МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧЕРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕСИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ – ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАЛИНИНГРАДСКИЙ ФИЛИАЛ

Кафедра механизации сельского хозяйства

Разработка технологии упрочнения быстро изнашиваемой поверхности лемехов точечной наплавкой и нанесением покрытий одиночными валиками

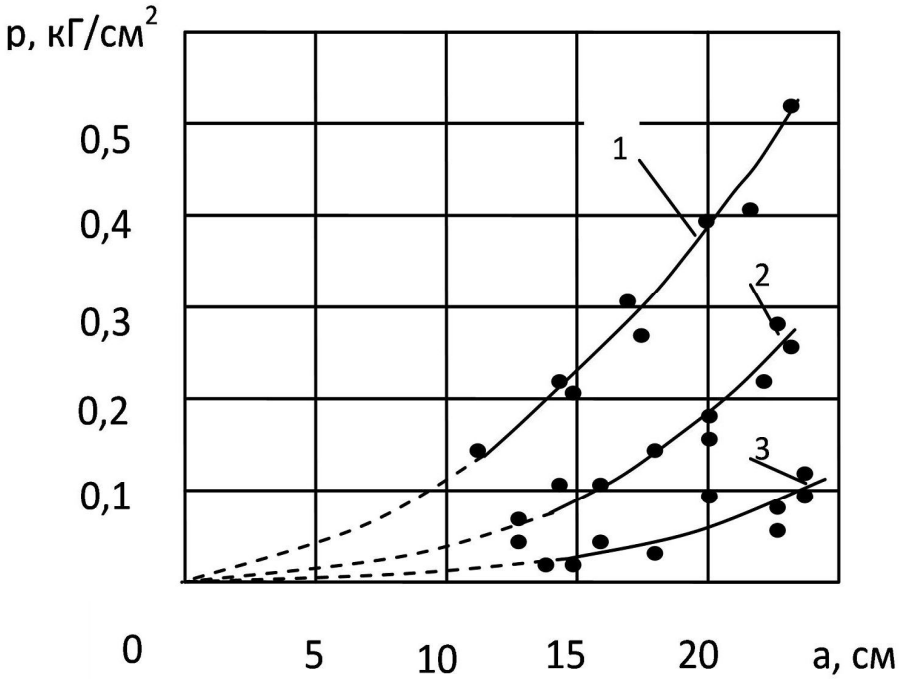
Разработал: Садаускас В.Б. Руководитель: к.т.н. Рожков А.С.
Научный консультант и автор технологии: д.т.н., профессор Ожегов Н.М.

Лемех плуга – одна из наиболее массовых деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин. Он работает в тяжелых условиях абразивного изнашивания, подвергается большим силовым нагрузкам, может испытывать удары о камни, находящиеся в почве. В связи с этим лемеха быстро выходят из строя и поэтому расходуются и изготовляются десятками миллионов штук в год.

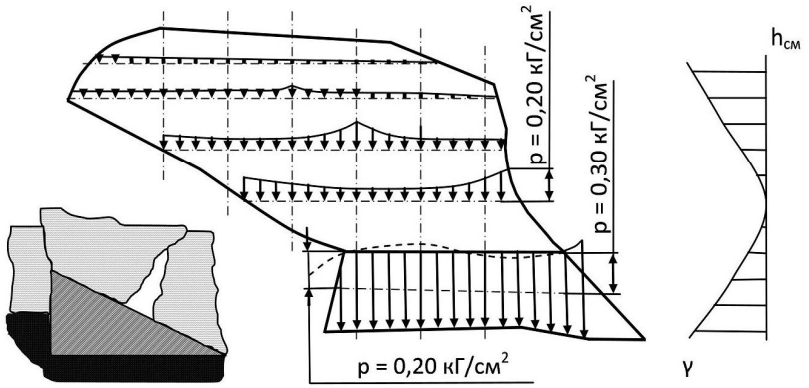
Основная обработка почвы с использованием лемешно – отвальных плугов

В процессе эксплуатации почвообрабатывающих машин и агрегатов рабочие поверхности подвергаются неравномерному изнашиванию, что снижает ресурс деталей и увеличивает затраты на их замену и обновление. Скорость изнашивания рабочих поверхностей деталей зависит от механического состава почвы, ее плотности, материала и твердости поверхности трения, удельного давления почвы и скорости перемещения частиц

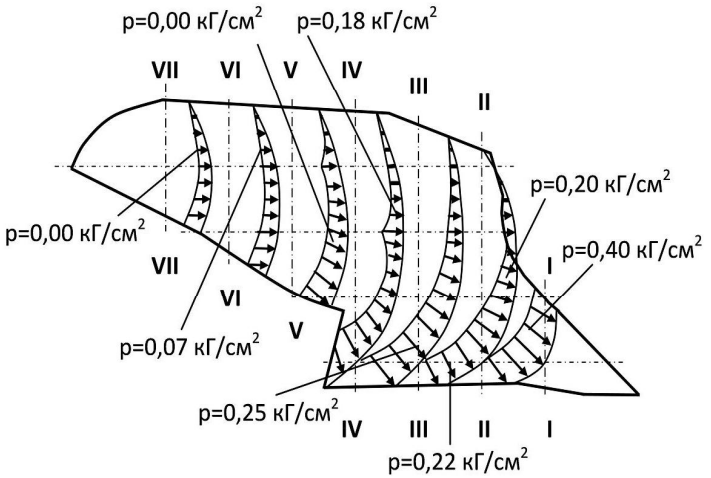
Изменение удельного давления на носок (1), пятку (2) лемеха и грудь отвала (3) при различной глубине вспашки глинистой почвы



Распределение давлений почвы по горизонтальным (а) и вертикальным (б) образующим лемешно-отвальной поверхности корпуса плуга



а



б

Интенсивность изнашивания лемеха по толщине

Поверхность изнашивания	Скорость движения (м/с)				
	1,25	1,55	2,22	2,77	3,33
	Интенсивность изнашивания поверхности лемеха (мм/га)				
Поверхность лемеха в зоне носка	0,29	0,44	0,61	0,76	0,81
Поверхность лемеха в средней части и пятке	0,14	0,17	0,16	0,19	0,22

Интенсивность абразивного изнашивания почвообрабатывающих деталей (по М.М. Северневу)

$$\Delta G = f\,(P,\ L,\ S,\ m,\ H)$$

где P – давление почвы, Па; S – площадь трения, м^2;
L – путь трения, м; H – твердость поверхности детали, (Нμ);
m – показатель изнашивающей способности почвы

Силы фиксации частиц в контактном слое почвы

$$\Delta F = z\,p\,f_1\left(\frac{f}{f_1}-\tau\right)$$

где z – количество частиц, взаимодействующих с поверхностью;
f_1 – коэффициент внутреннего трения между частицами почвы;
f – коэффициент трения частиц о металлическую поверхность детали;
τ- постоянная величина, зависящая от числа контактов;
p – удельное давление (кгс/см^2).

Средний объем осенней пахоты, выполняемой пятикорпусным плугом, составляет 250 – 350 га, а на один лемех приходится 50 – 70 га. Недостаточный ресурс лемехов приводит к необходимости их трех – семикратной замены в течении пахотного сезона.

Цены на детали плугов иностранных производителей

Наименование детали	Цена детали, руб.			
	Плуги IBIS и VIS (Unia)	Плуги Kuhn	Плуги Lemken	Плуги Kverneland
Лемех	1960.00	2280.00	2100.00	1450.00
Долото поворотное	540.00	580.00	1200.00	270.00
Грудь отвала	970.00	2190.00	1100.00	850.00
Доска полевая	790.00	1190.00	1250.00	короткая 1590.00 длинная 1890.00

Интенсивность изнашивания плужных лемехов по результатам полевых испытаний в условиях глинистых и суглинистых почв

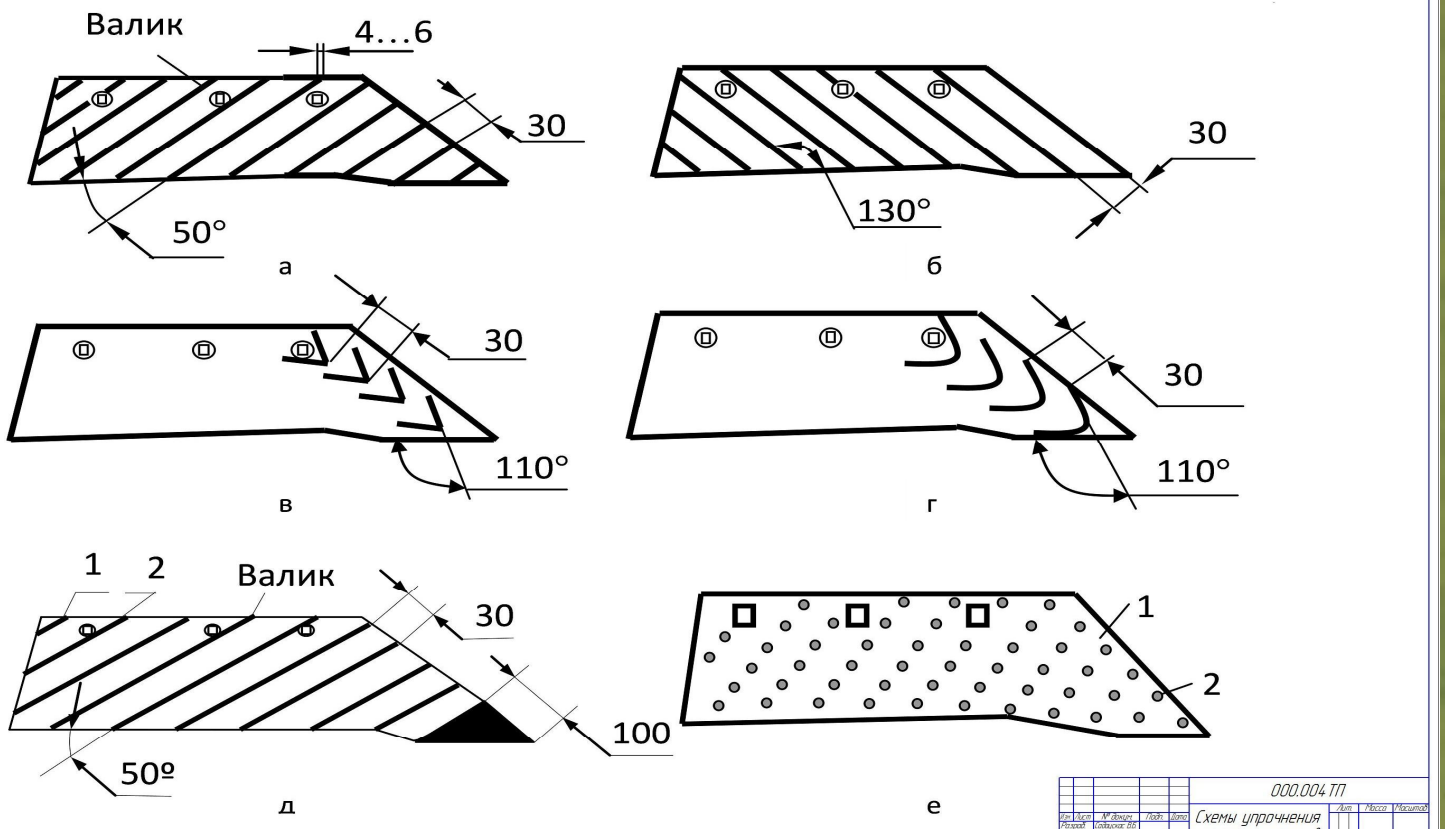
Испытуемые детали	Наработка на лемех, га	Интенсивность изнашивания, г/га
Серийные в состоянии поставки	10 – 12	98
Серийные, наплавленные малоуглеродистым электродом в сочетании с термоупрочнением валика и околошовной зоны	18 – 20	66
Серийные, наплавленные электродом Т – 590 по слою порошка «Сормайт-1»	30 - 32	39

Как показали испытания полевых досок и отвалов плугов, наплавленных электродом Т – 590 по слою порошкового сплава «Сормайт-1», интенсивность изнашивания поверхности груди отвалов и пятки полевых досок в условиях обработки глинистых и суглинистых почв в сравнении с износом поверхности лемехов по выбраковочным показателям оказалась практически одинаковой

Разработка технологии упрочнения быстроизнашиваемой поверхности лемехов точечной наплавкой и нанесением покрытий одиночными валиками

000.004 ТП

Схема упрочнения поверхности плужных лемехов методом прерывистой наплавки (а, б, в, г, д) с применением электродов для сварки углеродистых сталей и электроконтактного нагрева (е)



					000.004 ТП			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Схемы упрочнения плужных лемехов	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Сабуров В.В.						
Пров.		Рожков А.С.				Лист	Листов 1	
Н.контр.						Калининградский филиал ФГБОУ ВПО СПбГАУ		
Утв.								

Копировал

Формат А1

Технологические преимущества импульсно – дуговой и точечной наплавки в большей степени проявляются при наплавке тонкостенных поверхностей деталей.

Пульсирующее изменение теплоты в зоне термического влияния позволяет обеспечить более тонкую дозировку теплоты в основной металл

Графитовая форма для наплавки точечных покрытий различного диаметра по слою металлического порошка

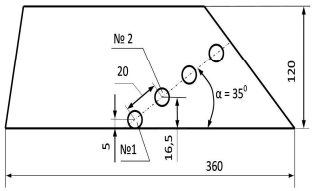
В условиях использования дополнительного присадочного материала в виде металлического порошка, эффективная тепловая мощность дуги, введенная в изделие снижается за счет прослойки частиц порошка в объеме формы , что обеспечивает эффект экранирования и снижения зоны термического влияния на основном металле

Твердость наплавленного слоя и основного металла

Материал наплавки на лемешную сталь	Твердость		
	наплавленного слоя	околошовной зоны	основного металла
Проволока 1,6 Нп - 30ХГСА ГОСТ 10543 - 82	HRC 45	HRC 22	HRB 93
Электрод Э-320Х25С2ГР-Т-590 ø4 мм ГОСТ 9466-75	HRC 64	HRC 39	HRB 93
Электрод Э-320Х25С2ГР-Т-590 ø4 мм ГОСТ 9466-75 по слою порошкового материала «Сормайт-1»	HRC 59	HRC 39	HRB 93
Электрод Э50А-УОНИ-13/55 ø4 мм ГОСТ 9466-75 по слою порошкового материала «Сормайт-1»	HRC 48	HRC 39	HRB 93
Электрод Э50А-УОНИ-13/55 ø4 мм ГОСТ 9466-75	HRC 42	HRC 39	HRB 93

1 2

Качество точечной наплавки с образованием развитой околошовной зоны: 1 – электродом Т-590; 2 – электродом Т-590 по слою порошка «Сормайт-1»



РТМ 10.0024-94. Форма 12ф

Операция	Режимы	Оборудование и оснастка	Расходный материал	То, мин
Наплавочная				
1. Установить деталь на сварочный стол		Сварочный стол		1
2. Произвести разметку рабочей поверхности по длине наплавки		Шаблон		2,5
3. Установить наплавочную форму ø20 мм высотой 4 мм и закрепить		Графитовая форма		3
4. Засыпать и уплотнить наплавочный порошок		Уплотнительный стержень, молоток		1,5
5. Произвести наплавку твердого сплава штучным электродом	$I_{св}$ = 140 А $U_д$ = 25 В	Выпрямитель ВДУ-504	Электрод Т-590 "Сормайт-1" порошок	6 ряд

Режим точечного упрочнения приведен в таблице

Наплавку точек ведут с перекрытием, в шахматном порядке при шаге наплавки меньше диаметра наплавляемой точки.

Процесс наплавки управляется микропроцессором.

Параметры режима наплавки	Режимы горения дуги		
	Начальный	Промежуточный	Завершающий
Сварочный ток, А	450 – 750	450 – 750	450 – 750
Напряжение дуги, В	46 – 65	46 – 65	46 – 65
Скорость подачи проволоки, м/ч	45 – 72	120 – 500	70 – 100
Длительность режима, с	0,2 – 0,5	0,5 – 5	0,3 – 0,5
Вылет электрода, мм	27	27	27

Теория и практика сварки плавлением показывает, что размеры зоны термического влияния на основном металле зависят от толщины свариваемого или наплавляемого металла способов и режимов сварки, а также источника нагрева

		Ширина участков ЗТВ, мм					
			Участки нагрева выше Ac_3				
		1	2	3	4	5	
Газовая	3 10	0,2 0,15…0,2	4…7 10…12	3…5 9…10	3,0 5,0	4,0 8,0	12,0…13,02 5,0…30,0
Электрошлаковая	50	0,15	3…5	3…4	2…5	5…7	3,0…18,0
Дуговая	10	0,1	1,0	1,5…2,0	1,0	1,5…2,0	3,0…5,5

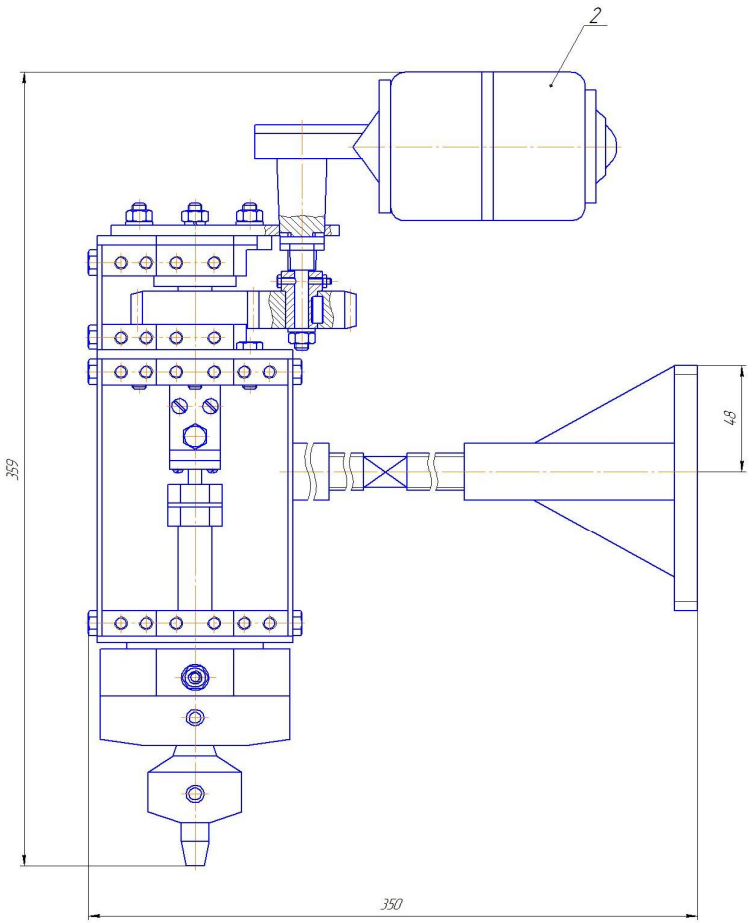
Химический состав и твердость присадочных материалов, принятых при разработке технологии наплавки и упрочнения быстроизнашиваемых поверхностей плужных корпусов

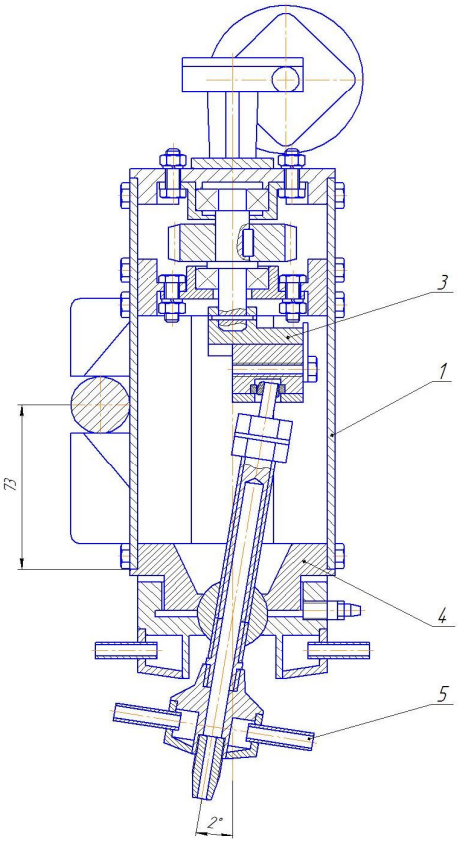
Марка материала	Химический состав наплавленного металла, %							Твер-дость
	Cr	Ni	B	Si	Mn	C	Fe	
Электрод Э-320Х25С2ГР - Т-590 ø4 мм ГОСТ 9466-75	25,0		1,0	2,2	1,2	3,2	ост.	HRC 61-64
Электрод Э50А-УОНИ-13/55 ø4 мм ГОСТ 9466-75 ТУ1272-015-11142306-2006				0,18 – 0,50	0,65 - 1,2	0,11	ост	
«Сормайт-1» порошковый	25-31	3-5		2,0-4,2	1,5	2,5-3,3	ост.	HRA 49-54
«Сормайт-2» порошковый	13-17	1,3-2,2		1,5-2,2	1,0	1,5-2,0	ост	HRA 40-45
Проволока 1,6Нп-30ХГСА ГОСТ 10543-82	0,8-1,1	0,4		0,9-1,2	0,8-1,1	0,27 – 0,35	ост.	

Технологические затраты на упрочнение поверхности плужных корпусов прерывистой наплавкой электродом Т – 590 по слою порошкового сплава «Сормайт-1»

№ п/п	Показатели	Единицы измерения	Значение показателей на один комплект
1	Затраты на наплавочные материалы ($З_м$)	руб.	103,2
2	Затраты на электроэнергию ($З_э$)	руб.	4,23
3	Заработная плата сварщика ($З_п$)	руб.	27,76
4	Затраты на запасные части: - лемех - отвал - полевая доска	 руб. руб. руб.	 400 1200 200
5	Суммарные затраты на приобретение и упрочнение комплекта деталей плужного корпуса твердыми сплавами	руб.	1935,19
6	Удельные затраты - при использовании серийного комплекта - при использовании серийного комплекта деталей, упрочненных твердыми сплавами	 руб. руб.	 180 64,5
7	**Экономия удельных затрат**	**руб./га**	**115,5**

Для улучшения качества сварки и повышения производительности, разработан вращатель электрода





000.001 СБ

Вращатель электрода

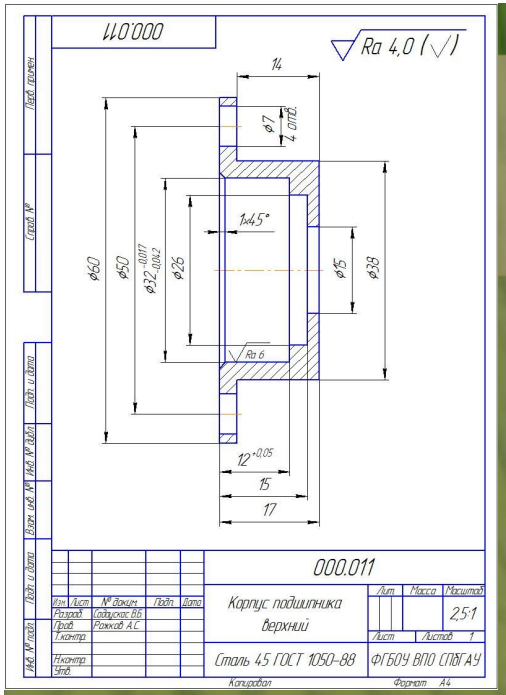
Лит | Масса | Масштаб
11

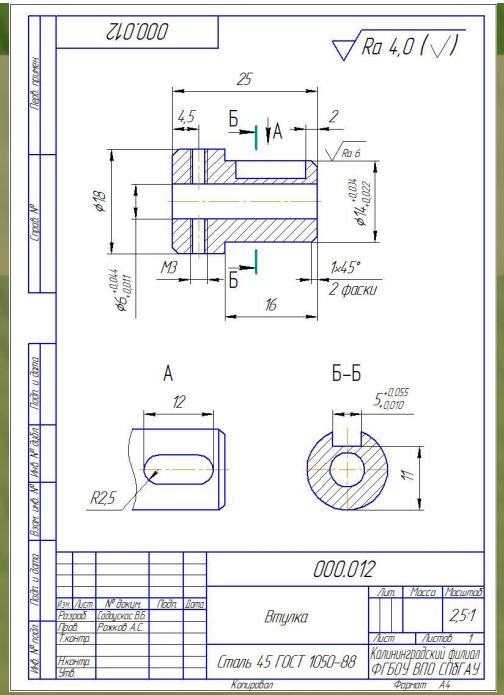
Лист | Листов 1

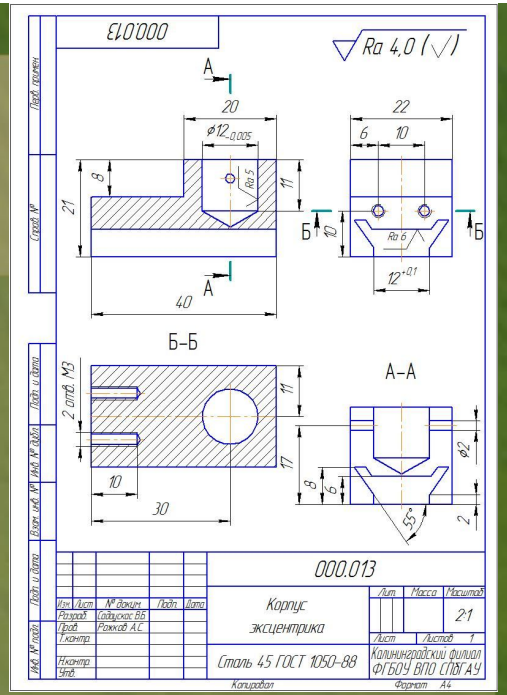
Калининградский филиал ФГБОУ ВПО СПбГАУ

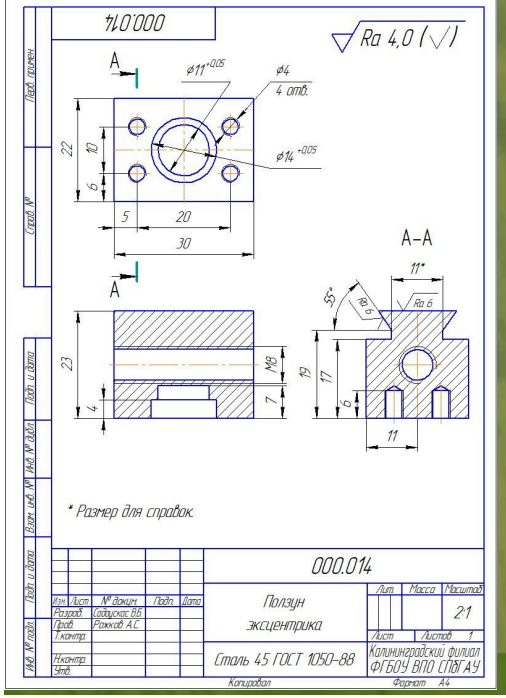
Копировал

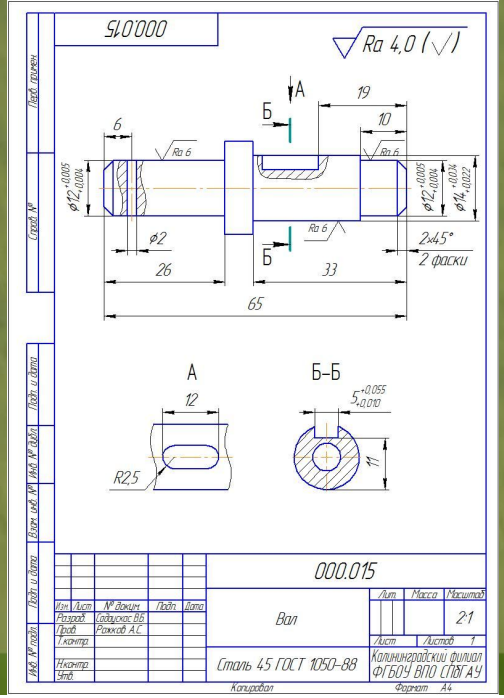
Формат А1

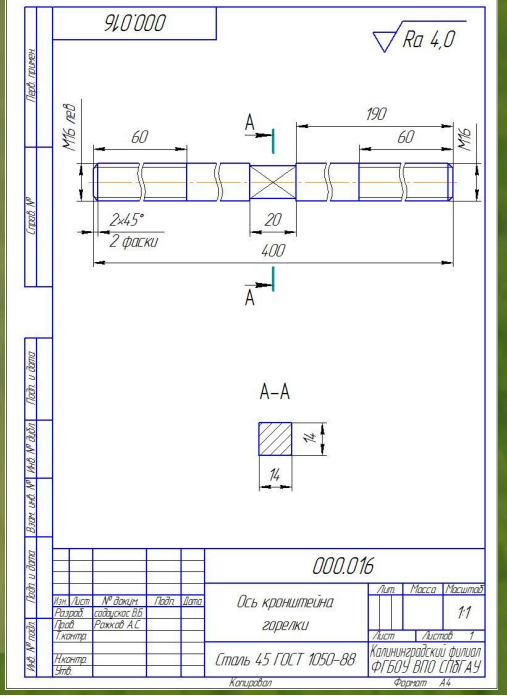

000.011
Ra 4,0
14
ø7
4 отв.
ø60
ø50
ø32 -0,017 -0,042
ø26
1x45°
ø35
ø38
Ra 6
12 +0,05
15
17
000.011
Корпус подшипника верхний
Сталь 45 ГОСТ 1050-88
ФГБОУ ВПО СПбГАУ
Масса
Масштаб
2,5:1
Разраб. Садыков В.Б.
Пров. Рожков А.С.
Копировал
Формат А4


000.012
Ra 4,0
25
4,5
Б
А
2
Ra 6
ø18
ø14 +0,024 +0,022
М3
ø6 -0,044 -0,011
1x45°
2 фаски
16
А
Б-Б
12
5 +0,055 +0,010
R2,5
11
000.012
Втулка
Сталь 45 ГОСТ 1050-88
Калининградский филиал ФГБОУ ВПО СПбГАУ
Масштаб
2,5:1
Разраб. Садыков В.Б.
Пров. Рожков А.С.
Копировал
Формат А4


000.013
Ra 4,0
А
20
ø12 -0,005
22
6
10
8
21
Ra 5
11
Б
10
Ra 6
12 +0,1
40
Б-Б
А-А
2 отв. М3
11
17
10
30
8
6
ø12
2
55°
000.013
Корпус эксцентрика
Сталь 45 ГОСТ 1050-88
Калининградский филиал ФГБОУ ВПО СПбГАУ
Масштаб
2:1
Разраб. Садыков В.Б.
Пров. Рожков А.С.
Копировал
Формат А4


000.014
Ra 4,0
А
ø11 +0,05
ø4
4 отв.
22
10
6
ø14 +0,05
5
20
30
А-А
11°
55°
18
Ra 6
23
М8
4
7
19
17
6
11
* Размер для справок.
000.014
Ползун эксцентрика
Сталь 45 ГОСТ 1050-88
Калининградский филиал ФГБОУ ВПО СПбГАУ
Масштаб
2:1
Разраб. Садыков В.Б.
Пров. Рожков А.С.
Копировал
Формат А4


000.015
Ra 4,0
А
Б
19
10
6
Ra 6
ø12 -0,005 -0,014
ø12 +0,005 +0,014
ø14 +0,024 +0,022
ø2
26
33
2x45°
2 фаски
65
А
Б-Б
12
5 +0,055 +0,010
R2,5
11
000.015
Вал
Сталь 45 ГОСТ 1050-88
Калининградский филиал ФГБОУ ВПО СПбГАУ
Масштаб
2:1
Разраб. Садыков В.Б.
Пров. Рожков А.С.
Копировал
Формат А4


000.016
Ra 4,0
М16 гв
60
А
190
60
М16
2x45°
2 фаски
20
400
А-А
14
14
000.016
Ось кронштейна горелки
Сталь 45 ГОСТ 1050-88
Калининградский филиал ФГБОУ ВПО СПбГАУ
Масштаб
1:1
Разраб. Садыков В.Б.
Пров. Рожков А.С.
Копировал
Формат А4

Таким образом упрочнение быстроизнашиваемых деталей плуга путем наплавки твердыми сплавами обеспечивает снижение удельных затрат на 346,5 руб./га, что полностью покрывает удельные затраты на дизельное топливо.

Приведенный расчет не учитывает дополнительного снижения затрат на промежуточную замену деталей серийных комплектов, имеющих значительно меньшую износостойкость.

Ожидаемый экономический эффект от применения разработанной технологии упрочнения быстроизнашиваемых деталей лемешно – отвальных плугов дуговой наплавкой твердыми сплавами в расчете на 100 га пашни составляет 11550 руб.

ЦЕ1 000080

Технико-экономические показатели проекта

	Наименование	Ед. изм.	При использовании серийного комплекта	При использовании серийного комплекта деталей, упрочненных твердыми сплавами	Изменения, %
1	Удельные затраты	руб	180	64,5	35,8
2	Экономия	руб/га		115,5	
3	Затраты на приобретение и упрочнение комплекта деталей	руб	1800	1935,19	107,51
4	Выработка на лемех	га	10	30	300
	Экономический эффект, в расчете на 1000 га	руб	-	115500	-

080.000 ТЭП

Технико-экономические показатели

Лит. | Масса | Масштаб

Лист | Листов 1

Комсомольский филиал ФГБОУ ВПО ГГТУ им.П.О.

Производительность с учетом изменения коэффициента наплавки определяют следующим образом:

$$Q = \alpha_н I_{св} t ,$$

где $\alpha_н$ – коэффициент наплавки,г/Ач;

$I_{св}$ – ток сварки, А;

t – время горения дуги, ч.

Данные измерения твердости наплавленного слоя и металла околошовной зоны, полученные на поперечных макрошлифах,

Вид наплавленной поверхности лемеха Квернеданд одиночными валиками рыхления контактного слоя почвы

Материал наплавки на лемешную сталь	Твердость		
	наплавленного слоя	околошовной зоны	основного металла
Проволока 1,6 Нп - 30ХГСА ГОСТ 10543 - 82	HRC 45	HRC 22	HRB 93
Электрод Э-320Х25С2ГР-Т-590 ø4 мм ГОСТ 9466-75	HRC 64	HRC 39	HRB 93
Электрод Э-320Х25С2ГР-Т-590 ø4 мм ГОСТ 9466-75 по слою порошкового материала «Сормайт-1»	HRC 59	HRC 39	HRB 93
Электрод Э50А-УОНИ-13/55 ø4 мм ГОСТ 9466-75 по слою порошкового материала «Сормайт-1»	HRC 48	HRC 39	HRB 93
Электрод Э50А-УОНИ-13/55 ø4 мм ГОСТ 9466-75	HRC 42	HRC 39	HRB 93

В таблице приведены результаты эксплуатационных испытаний плужных лемехов при обработке глинистых и суглинистых почв на участке площадью 50 га, проведенных с 3.09.2012 в Калининградской области, в Гусевском районе, в п. Лермонтово при скорости перемещения пахотного агрегата 9 – 11 км/час.

Испытуемые детали	Затраты на новые детали руб/шт	Вид упрочнения рабочей поверхности	Наработка на деталь, га	Интенсивность изнашивания детали	
				по ширине рабочей поверхности, мм/га	по массе, г/га
Лемех РЗЗ ПЛЖ 31702 корпуса плуга ПЛН-3-35 с наплавкой тыльной стороны по технологии РЗЗ	455	Наплавка несущей поверхности лемеха отдельными валиками	17	1,2	86,2

Данные исследования подтверждают эффективность применения наплавочных методов упрочнения деталей, снижающих скорость изнашивания закаленной поверхности в области наибольшей интенсивности трения контактного слоя почвы за счет нанесения покрытий деформирующего действия.

Для снижения скорости изнашивания носовой части лемеха необходимо дополнительное ее упрочнение методом нанесения более износостойкого материала.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ