

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кубанский государственный аграрный
университет имени И. Т. Трубилина»

Факультет механизации
Кафедра ремонта машин и материаловедения

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОЦЕССА УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ
ДЕТАЛЕЙ**

Методические указания
к выполнению расчётно-графической работы № 1
по дисциплине «Конструкционные и защитно-отделочные материалы»
для студентов, обучающихся по направлению
23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

Краснодар
КубГАУ
2017

Рецензент:

В.С. Курасов – доктор технических наук, профессор
(Кубанский государственный аграрный университет)

Составители: М. И. Чеботарёв, И.Г. Савин

Разработка технологического процесса упрочнения поверхностей деталей : Метод. указания к выполнению расчётно-графической работы № 1 для студентов обучающихся по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» / сост. М. И. Чеботарёв, И.Г. Савин – Краснодар : КубГАУ, 2017. – 21 с.

В методических указаниях приведены методика и пример выполнения расчетно-графической работы по разработке технологического процесса упрочнения поверхностей деталей. Она позволяет закрепить теоретические знания по конструкционным и защитно-отделочным материалам.

Предназначены для студентов, обучающихся по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства».

Рассмотрено и одобрено методической комиссией факультета механизации Кубанского госагроуниверситета имени И.Т. Трубилина, протокол № ____ от _____ 2017г.

© М. И. Чеботарёв,
И.Г. Савин, 2017

© ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный
аграрный университет
имени И. Т. Трубилина», 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Методика разработки технологического процесса и расчета режимов упрочнения поверхностей деталей	5
2 Пример выполнения расчетно-графической работы № 1	7
Список использованных источников.....	16
Приложение – Варианты индивидуальных заданий к расчетно-графической работе по теме: «Разработка технологического процесса упрочнения поверхностей детали»	17

ВВЕДЕНИЕ

Свойства металлов и сплавов определяются их внутренним строением – структурой. Одним из эффективных способов, позволяющих изменить в значительной степени структуру и улучшить свойства металлов и сплавов является термическая обработка, значение которой трудно переоценить в современном машиностроении.

Следует отметить, что повышение износостойкости деталей машин является важным и трудно усвояемым разделом дисциплины «Конструкционные и защитно-отделочные материалы». Поэтому самостоятельная работа студента по выполнению расчетно-графической работы, предусматривающая выполнение конструкционных и технологических мероприятий по повышению износостойкости деталей машин позволит ему закрепить теоретические знания и получить практические навыки для применения их в производственной деятельности.

В настоящих методических указаниях дана методика выполнения расчетно-графической работы № 1 «Разработка технологического процесса упрочнения поверхностей детали».

1 МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И РАСЧЕТА РЕЖИМОВ УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

1.1 Цель работы

Освоить методику и получить практические навыки по разработке технологического процесса и назначению режимов упрочнения поверхностей деталей машин.

1.2 Задание

1.2.1 Разработать технологический процесс и назначить параметры режима упрочнения поверхностей детали.

1.2.2 Оформить работу.

1.3 Оборудование рабочего места

Справочная литература по дисциплине «Конструкционные и защитно-отделочные материалы».

1.4 План выполнения работы

1.4.1 Получить у преподавателя вариант индивидуального задания с исходными данными для выполнения работы.

1.4.2 Предварительно до выполнения расчетно-графической работы изучить, используя учебники и справочную литературу по конструкционно-отделочным материалам, лекционные материалы, интернет-ресурсы, существующие производственные технологические процессы обработки деталей машин.

1.4.3 Дать описание материала, из которого изготовлена заданная деталь в состоянии поставки и обосновать его выбор.

1.4.4 Назначить способы обработки заданной детали, обосновать их выбор, и составить маршрутную карту технологического процесса.

1.4.5 Рассчитать параметры режима обработки заданной детали.

1.4.6 Разработать операционную технологическую карту процесса обработки заданной детали.

1.4.7 Сделать выводы и оформить работу.

1.5 Общие сведения

1.5.1 Выбор материала для конкретной детали

Приступая к проектированию технологического процесса опираются на техническое задание, в котором записаны основные требования к будущей детали. Размеры детали определяются расчетным путем, а окончательное конструктивное решение принимается, исходя из оптимального распределения напряжений. Качество детали формируется в процессе всех этапов ее изготовления, начиная с отливки, пластической деформации и кончая упрочняющей термической или химико-термической обработкой.

Анализируя условия работы детали, можно определить основные характеристики, которыми должен обладать материал.

В каждом конкретном случае, кроме схемы напряженного состояния, возникающего в условиях эксплуатации, необходимо учитывать характерные «отказы», которые наиболее часто встречаются на практике при работе детали. Для многих деталей разработаны стандарты, которые регламентируют конструктивные формы, размеры, требования по качеству и технологии изготовления.

Поэтому, начиная выполнение задания необходимо, в первую очередь, установить, какие нагрузки испытывает деталь во время работы, что является причиной их возникновения, а также определить все возможные отказы при работе детали. Например, условия работы шестерни: изгибающие напряжения, возникающие за счет крутящего момента, высокие контактные нагрузки при циклическом воздействии, возникающие при зацеплении зубьев, трение скольжения при передаче движения, наибольшие ударные нагрузки.

По условиям эксплуатации, устанавливаются какие дефекты (отказы) характерны для детали и, что является возможной причиной отказов. Анализируя причины отказов (разрушение в результате усталости, деформация при перегрузках, усталостное и механическое изнашивание, хрупкое разрушение), можно предположить, что материал, который может быть рекомендован для этих условий рабо-

ты шестерни, должен иметь высокий предел выносливости, предел текучести, хорошую вязкость и повышенную твердость поверхности. Из условий работы детали и поставленной задачи видно, какие значения характеристик должны быть взяты за основу.

Составив «профиль требований», пользуясь справочной литературой, выбирается материал, который после упрочняющей термической обработки удовлетворял бы этим свойствам. Выбрав марку стали, необходимо обосновать выбор, а также назначить способ и режим термической обработки, Обоснование выбора материала должно быть дано с учётом необходимости легирования, технологичности, стоимости. Термическая обработка выбирается из условий наибольшей целесообразности и экономичности.

2 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ «РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛИ»

ВВЕДЕНИЕ

Исходные данные для выполнения работы

Вариант № 1

Название детали	Вал ведущий
Номер по каталогу	КСКУ 38.06.602
Размер детали	Ø 60 × 120 мм
Упрочняемая поверхность	1
Марка материала	Сталь 40Х
Масса, кг	3,62
Технические условия, предъявляемые к детали после термической обработки	35–40 HRC

2.1 Цель работы

Освоить методику и получить практические навыки по разработке технологического процесса и назначению режимов упрочнения поверхности вала ведущего.

2.2 Задание

Выбрать материал, разработать технологический процесс и режим обработки поверхности вала ведущего.

2.3 Общие сведения

Износостойкость и усталостная прочность деталей машин зависит от правильного выбора материала, учета условий их эксплуатации, физико-химических и механических свойств материала, технологического процесса обработки (изготовления) и конструкционной их сборки.

Установлено, что до 80 % случаев потери работоспособности машин происходит вследствие износа деталей. К другим видам разрушения и повреждения деталей и сопряжений относят усталостное, термоусталостное, коррозионное разрушения, деформации в процессе хранения и эксплуатации вследствие перераспределения внутренних остаточных напряжений, ползучесть металлов, химические повреждения, нарушение регулировок механизмов.

Принято классифицировать износы на механический, молекулярно-механический и коррозионно-механический. К механическому изнашиванию относят абразивное, эрозионное (гидроабразивное и газоабразивное), кавитационное и другие.

Перечисленные выше причины вызывают постепенное или резкое ухудшение технического состояния отдельных конструктивных элементов деталей и сопряжений и, как следствие этого, потерю работоспособности машины в целом. Этот сложный физический процесс ухудшения технического состояния машин происходит неизбежно и непрерывно во времени.

Для выявления фактических причин потери работоспособности деталей необходимо использовать методику исследования химического состава и механических свойств материала, параметров точности формы, волнистости, шероховатости и физико-

механического состояния поверхностного слоя, получившего повреждения, а также уметь правильно определять методы и средства для контроля этих параметров. Следует иметь в виду, что качество отдельных поверхностей конструктивных элементов деталей принято характеризовать волнистостью, шероховатостью и физико-механическим состоянием поверхностного слоя. Физико-механическое состояние поверхностного слоя характеризуется микротвердостью, характером, величиной и глубиной распространения внутренних остаточных напряжений, структурными и фазовыми превращениями.

Отклонения формы, волнистость и шероховатость поверхности детали уменьшают физическую площадь контакта в сопряжении, который происходит по отдельным дискретным участкам. Несущая поверхность зависит от шероховатости и метода обработки. Так, при высоте микронеровностей от 2,5 до 8 мм после развертывания и шлифования она составляет 10 %; при высоте микронеровностей от 0,8 до 2,5 мкм, для тех же методов обработки, она увеличивается до 40 %. При алмазном и тонком точении резцами из сверхтвердых материалов (СТМ) и обычной притирке она достигает 63 %, а в результате тонкого шлифования, алмазного выглаживания, тонкой притирки и суперфиниширования – 80–90 %.

На рисунке 2 показано влияние высоты микронеровностей на износ трущихся поверхностей. Кривая 1 соответствует более легким, а кривая 2 более тяжелым условиям работы. Из рисунка видно, что уменьшение шероховатости целесообразно производить до определенного предела. На очень чистых поверхностях смазка удерживается плохо и начинает преобладать молекулярно-механический износ.

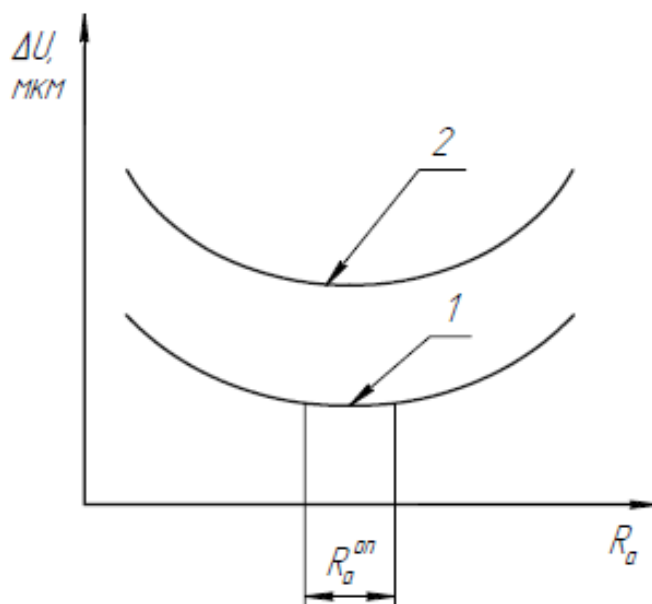


Рисунок 2 – Влияние высоты микронеровностей (R_a) на износ трущихся поверхностей (ΔU): 1 – легкие условия работы; 2 – тяжелые условия работы

На износостойкость трущихся поверхностей оказывает влияние тип направления микронеровностей. Наименее выгодное направление штрихов обработки у обеих трущихся деталей перпендикулярно к направлению скольжения. Наибольшей износостойкостью характеризуется перекрещивающийся и наклонный тип направления микронеровностей. Для высокоответственных поверхностей сопрягаемых деталей необходимо назначать все шесть количественных параметров шероховатости, R_a , R_z , R_{max} , S_m , S , t_p * и тип направления микронеровностей.

- * R_a – среднее арифметическое отклонение профиля поверхности, мкм;
- R_z – высота неровностей профиля поверхности по десяти точкам, мкм;
- R_{max} – наибольшая высота профиля, мкм;
- S_m – средний шаг неровностей профиля, мм;
- S – средний шаг местных выступов профиля, мм;
- t_p – относительная опорная длина профиля, %, где p – значение уровня сечения профиля, %.

На рисунке 3 показано влияние микротвердости поверхностного слоя на его износ. Целенаправленное применение методов поверхностного деформирования (ПД) при механической обработке деталей способствует повышению их износостойкости.

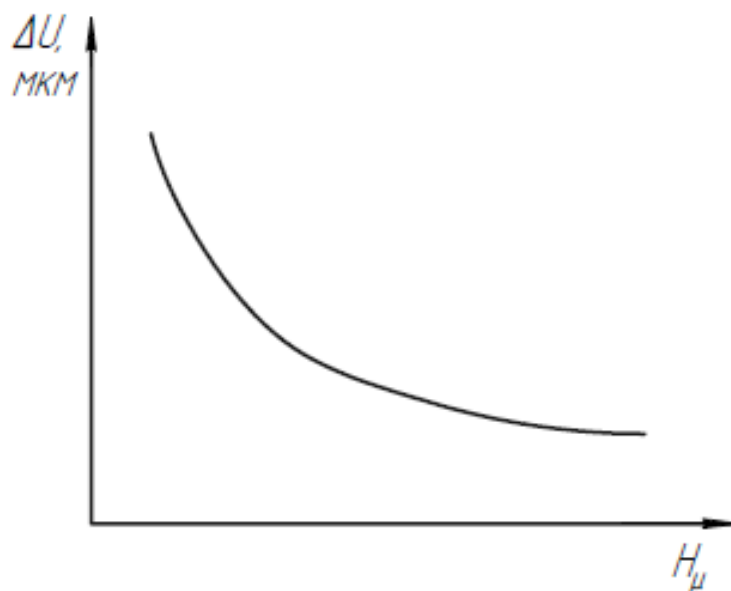


Рисунок 3 – Влияние микротвердости поверхностного слоя (H_μ) на износ (ΔU)

Значительное уменьшение износа достигается облагораживанием поверхностного слоя деталей термической и химико-термической обработкой (поверхностная закалка, цементация, цианирование, азотирование, диффузное хромирование, борирование, сульфидирование и другое), наплавкой твердых сплавов, а также гальваническим нанесением твердых покрытий (хромирование).

2.4 Обоснование выбора материала для изготовления детали

Соединение вала (охватываемой поверхности) и отверстия (охватывающей поверхности), (рисунок 1) должно обладать большой прочностью, обеспечивать соосность вала и отверстия, с возможностью осевого перемещения детали вдоль оси. В процессе экс-

платации соединение испытывает статические, циклические и динамические нагрузки, работает с износом поверхности.

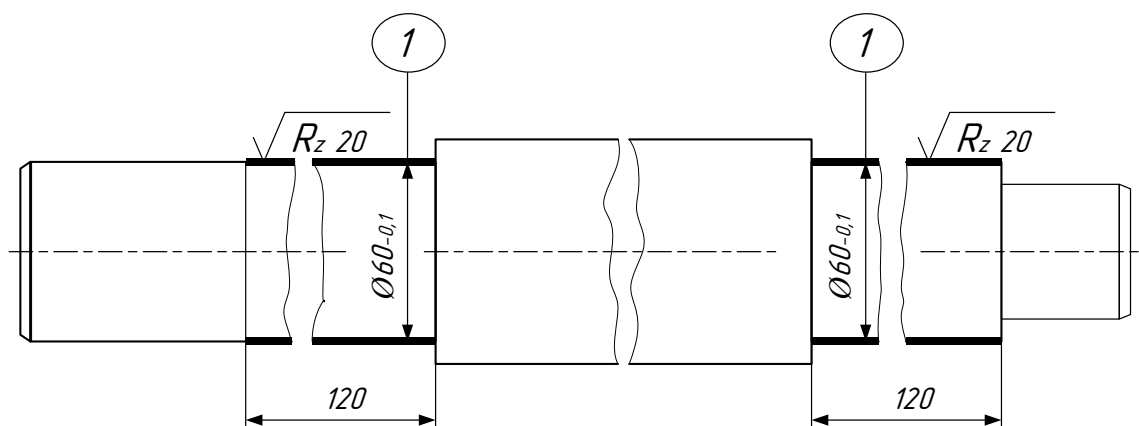


Рисунок 1 – Эскиз вала ведущего

2.4.1 Характеристика материала для изготовления заданной детали

Из задания следует, что вал ведущий изготовлен из стали 40. Сталь 40 относится к группе конструкционных, углеродистых, высококачественных марок сталей. В промышленности из этой стали изготавливают трубы, поковки, крепежные детали, валы, диски, роторы, фланцы, зубчатые колеса, втулки для длительной и весьма длительной службы при температурах до 450 °С.

Виды поставки: сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 1050-88, калиброванный прутки ГОСТ 7417-75.

Химический состав стали 40 и механические свойства приведены в таблицах 1 и 2 соответственно.

Таблица 1 – Химический состав стали 40

Химический элемент	Содержание, %	Влияние на свойства стали
Углерод С	0,37–0,45	Оказывает основное влияние на свойства стали. Увеличение углерода ведет к изменению структуры стали, повышению твердости, прочности и понижению пластичности.
Сера (S)	до 0,04	Вредная примесь в стали в виде FeS. Придает ей хрупкость при высоких температурах 800–1200 °С. Например, при нагреве под ковку или прокатку вызывает трещины, а также ведет к разрушению заготовки.

Химический элемент	Содержание, %	Влияние на свойства стали
Фосфор (P)	до 0,035	Вредная примесь стали. Растворяясь в феррите повышает ее твердость и вызывает хладноломкость, то есть, сталь становится хрупкой при нормальной и особенно при низкой температуре.
Кремний (Si)	0,17–0,37	Полезная примесь в стали. Растворяясь в феррите, повышает твердость, упругость и жесткость стали.
Марганец (Mn)	0,50–0,80	Полезная примесь в стали. Растворяясь в феррите, увеличивает прочность стали. Устраняет вредное влияние серы.
Хром (Cr)	0,25	Повышает прокаливаемость, способствует получению высокой и равномерной твердости стали.
Медь (Cu)	до 0,25	Повышает коррозионную стойкость.
Никель (Ni)	до 0,25	Благоприятно влияет на все свойства стали, повышая сопротивление хрупкому излому, пластичность и ударную вязкость.

Таблица 2 – Механические свойства стали 40

$\sigma_{0,2}$ (МПа)	σ_b (МПа)	σ_5 (%)	Ψ %	КСУ (Дж/см ²)	НВ, не более
215	430	18	40	44	123–167

2.5 Разработка технологического процесса упрочнения поверхности детали

С учетом физико-химических показателей материала вала, его марки, прочностных свойств выбираем для упрочнения поверхности *l* вала хромирование.

2.5.1 Определение параметров технологической операции

- Название операции – гальваническая
- Последующая операция – хонингование

Последовательность работы

Нанести на изношенную часть вала *l* слой хрома вневан-ным способом: поверхность *l* с диаметра $\varnothing 59,95$ мм до $\varnothing 60,15$ мм на длине $L = 120$ мм.

Определяем площадь покрытия:

$$S_l = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot L, \quad (1)$$

где R – радиус изношенной части детали, дм;

L – длина изношенной части детали, дм.

После подстановки получим:

$$S_l = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,3 \cdot 1,2 = 2,11 \text{ дм}^2$$

Определяем толщину слоя покрытия, принимаем $h = 0,10$ мм.

Выбираем катодную плотность тока при хромировании из литературных источников находим, $D_k = 55\text{--}60$ А/дм². Принимаем $D_k = 60$ А/дм².

Основное время при хромировании будет:

$$T_o = 99500 \frac{h}{D_k}, \quad (2)$$

где h – толщина слоя покрытия, мм;

D_k – катодная плотность тока, А/дм².

После подстановки значений h и D_k , получим:

$$T_o = 99500 \frac{0,1}{60} = 166 \text{ мин.}$$

Норму времени на технологическую операцию определяем по формуле:

$$T_H = \frac{T_o + T_{\text{вн}} + T_{\text{оп.неп}}}{n \cdot K_u} \cdot 1,12, \quad (3)$$

где $T_{\text{вн}}$ – вспомогательное время (неперекрываемое) на монтаж приспособления (или загрузку деталей в ванну) и демонтаж приспособления, мин, [7, таблица 4.319],

$T_{\text{вн}} = 0,48$ мин;

$T_{\text{оп.неп.}}$ – оперативное (неперекрываемое) время на все операции, следующие после покрытия деталей (кроме сушки их в сушильном шкафу), мин, [7, таблица 4.320],

$T_{\text{оп.неп.}} = 6,39$ мин;

1,12 – коэффициент, учитывающий подготовительно-заключительное и дополнительное время, мин;
 n – число деталей одновременно загружаемых в ванну, шт.;
 K_{II} – коэффициент использования оборудования ($K_{II} = 0,1-0,85$), принимаем $K_{II} = 0,8$.

С учетом представленных данных и найденного значения T_0 , имеем:

$$T_H = \frac{(166+0,48+6,39)1,12}{1 \cdot 0,8} = 242 \text{ мин.}$$

2.5.2 Составление карты технологического процесса упрочнения поверхности детали

Технологическая карта может быть представлена в форме маршрутной карты ремонта, или карты технологического процесса ремонта (по выбору). (Приложение 1)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Афанасьев, А. А., Погодин, А. А. Технология конструкционных материалов : Учебник / Старый Оскол : ТНТ. 2014. – 655 с.
- 2 Зюзин, А. А., Казьмин, Б. Н. Конструкционные и защитно-отделочные материалы. Учебное пособие. – Липецк : ЛГТУ, 2008. – 178 с.
- 3 Материаловедение. Учебник для ВУЗов по направлению подготовки специалистов в области техники и технологии. / Азамасов Б. Н., Макарова В. И. и др. – М. : МГТУ им. Баумана, 2005. – 646 с.
- 4 Савин, И. Г. Технология ремонта машин. Учебное пособие. – Краснодар : КубГАУ, 2013. – 499 с.
- 5 Черноиванов, В. И., Лялякин, В. П. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве. Учебное пособие. – М. ГОСНИТИ, 2003. – 990 с.
- 6 Юдин, М. И., Лялякин, В. П. Технологии восстановления и упрочнения деталей машин. Учебное пособие. – Краснодар : КубГАУ – ВНИИТУВИД. 2000. – 345 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Карта технологического процесса гальванического упрочнения детали

ГОСТ 3.1105-84, форма 7	
Дробл.	
Взам.	
Т.дол.	
КуДГАУ	Вал ведущий
Разработ.	
Проект.	
Провер.	
Согласов.	

The technical drawing shows a shaft with a diameter of $\varnothing 60_{-0.01}$ and a length of 120 mm. The drawing includes a cross-section view showing the diameter and a longitudinal view showing the length. The shaft is labeled as 'Вал ведущий' (Driving Shaft).

КЭ Карта эскизов

Дубл.															
Взам.															
Лобл.															
										МХРМ.000000.111	5	1			
Разрабо.	Иванов														
Пров.	Петров									КСКУ 38.06.602А					
Н.контр.	Смирнов														
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	КЮ	Проф. Конц.	СМ	Р	УТ	Обозначение документа				
Б					Код, наименование оборудования	Код			Вязкость	Фракция	Плотность				
М					Вспомогательный материал	рН	ОПА/К		Д тока	Магн. поле	Время				
Р1					Давление	t									
А01				010	Гальваническая										
Б02					Стол монтажный								4		1
О03					1 Смонтировать детали на подвеску										
Т04					70-7892-2053/000 Подвеска										
О5															
Б06					Ванна 70-7888-1093/000 ; выпрямитель ВАС-600-300								4		1
О07					2 Завесить подвеску в ванну										
О8															
О09					3 Произвести обезжиривание электрохимическим способом на катоде										
М10					Нагр едкий технический ГОСТ 2263-79	NaOH - 10-12 г/л					Жидкое стекло - 25-35 г/л				
М11					Сода кальцинированная техн. ГОСТ 5100-85						Кальцинированная сода - 50-75 г/л				
М12					Тринатрий фосфат техн. ГОСТ 201-76	Тринатрий фосфат, NaOH - 40-50 г/л									
М13					Сода кальцинированная - 50-75 г/л	Жидкое стекло - 3-5 г/л									
М14					Вода питьевая ГОСТ 2874-79										
Р15					0,4 МПа	80°С					A/дм²				3 мин.
КТТП КТТП электрохимических покрытий															

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Варианты индивидуальных заданий к расчетно-графической работе «Анализ конструкционных и технологических мероприятий по повышению износостойкости деталей машин»

№ пп	Наименование детали	Варианты	Размер детали	Марка сплава	Технические условия предъявляемые к детали после термообработки
1	Вал ведущий	1	Ø60×120	СТ40Х	HRC 35–40
2	Палец комбайна	1; 3	Ø35×140	СТ40	HRC 45–47
3	Ступица колеса	1; 2	Ø123×114	СТ40	HRC 46–50
4	Цапфа ведущего вала	1; 3; 4	Ø55×487	СТ40	HRC 45–50
5	Вал ведомый	1; 3	Ø25×402	СТ40	HRC 32–35
6	Цапфа ведущая нижняя	1; 3; 4; 5	Ø35×472	СТ40	HRC 37–42
7	Приводной вал	1; 2; 3; 4	Ø45×523	СТ40	HRC 45–50
8	Ось катка трактора	1; 3	Ø47×356	СТ30	HB 300–350
9	Вал сцепления	1	Ø60×367	СТ65	HB 240–300
10	Палец кривошипа	1; 3	Ø35×140	СТ40	HRC 45...
11	Палец комбайна	1; 2	Ø35×140	СТ40	HRC 45...
12	Цапфа ведомого вала комбайна	1; 3; 4	Ø35×292	СТ40	HRC 37–42
13	Цапфа ведомая нижняя комбайна	1; 3; 4; 5	Ø55×325	СТ40	HRC 37–42
14	Вал редуктора жатки	1; 3; 4; 5	Ø40×465	СТ45	HRC 45–50
15	Вал трансмиссионный жатки	3; 4	Ø30×1435	СТ40	HRC 35–40
16	Вал заднего контрпривода комбайна	4; 5	Ø35×1688	СТ45	HRC 45–50
17	Цапфа ведущего вала комбайна	1; 3; 4	Ø55×487	СТ40	HRC 37–42

Учебное издание

Чеботарёв Михаил Иванович
Савин Иосиф Григорьевич

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ**

*Методические указания
к расчетно-графической работе № 1*

В авторской редакции

Подписано в печать _____ 2017. Формат 60×80¹/₁₆.
Усл. печ. л. – 1,5. Уч.-изд. л. – 1,0
Тираж ... экз. Заказ № ...

Типография Кубанского государственного аграрного университета
имени И. Т. Трубилина.
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13