

Специальность «Технология машиностроения»

На тему:

Проектирование технологии восстановления валов распределительных с разработкой производственного участка ремонта деталей

Студент(ка)	Соколов К.О.	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Руководитель	Бобровский А.В.	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Консультанты	Горина Л.Н.	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	Зубкова Н.В.	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	Виткалов В.Г.	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)

Допустить к защите

И.о. заведующего кафедрой

к.т.н, доцент _____ А.В.Бобровский
(личная подпись)

« » 2016 г.

Тольятти 2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой _____ А.В.Бобровский

«__» _____ 2016 г.

ЗАДАНИЕ

**на выполнение выпускной квалификационной работы
(уровень специалиста)**

направление подготовки 151001.65 «Конструкторско-технологическое обеспечение автоматизированных машиностроительных производств

Специальность «Технология машиностроения»

Студент Соколов Кирилл Олегович, гр. ТМз-1001

1. Тема Проектирование технологии восстановления валов распределительных с разработкой производственного участка ремонта деталей

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «__» _____ 2016 г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе *Материалы преддипломной практики, чертежи деталей и сборочных единиц*

4. Содержание выпускной квалификационной работы (объем 90-120 с.)

Титульный лист. Задание. Реферат (аннотация). Содержание.

Введение, цель проекта

1)Общий раздел

1.1. Обоснование темы

1.2. Область применения

1.3. Конструктивные и технические особенности детали

1.4. Анализ технического состояния изношенного распределительного вала

1.5. Выбор рационального способа восстановления распределительных валов

2) Конструкторский раздел

2.1. Выбор приспособления и принцип его действия

2.2. Расчет индуктора

3) Проектирование производственного участка

3.1. Режимы работы и фонды времени

3.2. Определение годовой трудоёмкости

3.3. Расчёт количества рабочих

3.4. Определяем загрузку рабочего места

3.5. Расчёт количества основного оборудования

3.6. Расчёт производственных площадей

3.7. Разработка планировки участка

4) Технологический раздел

4.1. Характеристика плазменного нагрева

4.2. Оборудование для плазменной наплавки распределительного вала

4.3. Выбор схемы и оптимизация режимов наплавки кулачков распределительных валов двигателей ЯМЗ-238

4.3.1. Выбор схемы и устройств наплавки

4.4. Технология восстановления распределительных валов.

Технология наплавки. Выбор режимов наплавки

4.5. Расчёт норм времени на обработку

4.5.1. Плазменная наплавка

4.5.2. Токарная обработка

4.6. Выбор наплавочного порошка, плазмообразующего и транспортирующего газов

4.7. Порядок работы на установке

4.8. Тепловые процессы в токарных станках при реализации наплавки

5) Экономическая эффективность проекта

6) Безопасность и экологичность технического объекта

Заключение.

Литература.

Приложения

Аннотация

УДК 621.9.01

Соколов Кирилл Олегович

Проектирование технологии восстановления валов распределительных с разработкой производственного участка ремонта деталей

Дипломный проект. Тольятти. Тольяттинский государственный университет. Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

В данном дипломном проекте выполнена разработка установки для наплавки рабочих поверхностей распределительных валов. Предложено упрощение и сокращение сроков по обслуживанию и ремонту двигателя внутреннего сгорания.

Разработан технологический процесс восстановления распределительных валов строительной и дорожной техники плазменной наплавкой, а также маршруты восстановления на основании операций технологического процесса восстановления. Расчет технико-экономических показателей дает также основание считать разработку технологии восстановления распределительных валов строительной и дорожной техники методом плазменной наплавки экономически эффективной.

Предложены мероприятия по обеспечению безопасности и экологичности технических объектов, рассматриваемых в дипломном проекте.

Дипломный проект состоит из пояснительной записки (которая включает в себя также приложения) и графической части:

СОДЕРЖАНИЕ

Введение, цель проекта

1 Общий раздел

1.1 Обоснование темы

1.2 Область применения

1.3 Конструктивные и технические особенности детали

1.4 Анализ технического состояния изношенного

распределительного вала

1.5 Выбор рационального способа восстановления

распределительных валов

2 Конструкторский раздел

2.1 Выбор приспособления и принцип его действия

2.2 Расчет индуктора

3 Эксплуатационный раздел

3.1 Режимы работы и фонды времени

3.2 Определение годовой трудоёмкости

3.3 Расчёт количества рабочих

3.4 Определяем загрузку рабочего места

3.5 Расчёт количества основного оборудования

3.6 Расчёт производственных площадей

3.7 Разработка планировки участка

4 Технологический раздел

4.1 Характеристика плазменного нагрева

4.2 Оборудование для плазменной наплавки распределительного
вала

4.3 Выбор схемы и оптимизация режимов наплавки кулачков
распределительных валов двигателей ЯМЗ-238

4.3.1 Выбор схемы и устройств наплавки

4.4 Технология восстановления распределительных валов.

Технология наплавки. Выбор режимов наплавки

4.5 Расчёт норм времени на обработку

4.5.1 Плазменная наплавка

4.5.2 Токарная обработка

4.6 Выбор наплавочного порошка, плазмообразующего и транспортирующего газов

4.7 Порядок работы на установке

4.8 Тепловые процессы в токарных станках при реализации наплавки

5 Экономическая эффективность проекта

6 Безопасность и экологичность технического объекта

Заключение

Список литературы

Приложения

Введение, цель проекта

В настоящее время инженерно-технические и дорожно-строительные предприятия России характеризуются наличием большого парка автомобилей, тракторов, строительных и дорожных машин, применяемых для решения широкого спектра задач.

В связи с сокращением производства и физическим старением строительных машин возникла проблема высокоэффективного их использования, повысились требования к их эксплуатационной надежности, качеству технического обслуживания и ремонта, восстановлению изношенных деталей. Постоянная необеспеченность ремонтного производства запасными частями является серьёзным фактором снижения технической готовности парка строительных машин.

Расширение производства запасных частей связано с увеличением материальных и трудовых затрат, в том числе с увеличением стоимости импортных комплектующих. Вместе с тем около 75% выбраковываемых деталей строительных и дорожных машин, являются ремонтпригодными. Поэтому целесообразной альтернативой расширению производства запасных частей является вторичное использование изношенных деталей, восстанавливаемых в процессе ремонта.

С позиции материалоемкости воспроизводства экономическая целесообразность ремонта обусловлена возможностью повторного использования после восстановления большинства деталей как годных, так и предельно изношенных. Это позволяет осуществлять ремонт в более короткие сроки с меньшими затратами материалов по сравнению с затратами при изготовлении новых деталей.

Реальной стратегией обеспечения работоспособности строительных и дорожных машин является восстановление деталей, выступающее как одно из приоритетных направлений ресурсосбережения. Использование новейших технологий приближает восстановленные детали по уровню их качества к новым и стирает грань между первичными и вторичными ресурсами, превращая их в альтернативные.

Значительного повышения ресурса восстанавливаемых деталей возможно достичь при рациональном использовании порошковых твердых сплавов. Одним из эффективных механизированных способов нанесения покрытий различной толщины порошковыми твердыми сплавами является плазменная наплавка. Плаз-

менная наплавка характеризуется высокой температурой сжатой дуги (порядка 1000 - 2000°C), концентрированным вводом в изделие теплоты, что как следствие обеспечивает повышение производительности процесса наплавки.

Поэтому для поддержания машинного парка в постоянной готовности необходимо расширять и совершенствовать эксплуатационную базу существующих ремонтных предприятий. На рассматриваемом ремонтном предприятии одним из узких мест является выход из строя в результате интенсивного изнашивания распределительных валов строительной и дорожной техники.

В настоящее время решение этого вопроса имеет существенное народнохозяйственное значение, особенно, в условиях высоких цен на изготовление новых комплектующих, и возникла большая потребность в запасных частях. Выбор рационального способа восстановления распределительных валов является актуальной задачей, решение которой позволит избежать не только простоев машин, но и сэкономить трудовые, материальные и топливо энергетические ресурсы.

Целью дипломного проекта является разработка технологии и организация участка в сварочно-наплавочном цехе для восстановления деталей строительной и дорожной техники плазменной наплавкой, а также пополнение бюджета ремонтного предприятия за счет выполнения различных работ по восстановлению различных изделий по договорам.

1 Общий раздел

1.1 Обоснование темы

Разработан ряд способов восстановления распределительного вала. Например, кулачки распределительного вала можно ремонтировать шлифованием с сохранением профиля кулачка или наплавкой с последующей обработкой до первоначальных размеров. Кулачки шлифуют по копиру на шлифовальном станке. Кулачок перешлифовывают до выведения следов износа.

После шлифования кулачка высота подъема клапана не изменяется. Это подтверждается следующим:

Высота подъема клапана при неизношенном кулачке равна:

$$h = H - 2R, \quad (1.1)$$

Высота подъема при перешлифованном кулачке:

$$h_1 = H_1 - 2R_1, \quad (1.2)$$

При шлифовании изношенного кулачка его размеры уменьшаются по всему профилю на одинаковую величину b , равную сумме величин износа и припуска на шлифование, т.е.

$$H_1 = H - 2b, \quad (1.3)$$

$$2R_1 = 2R - 2b \quad (1.4)$$

Подставив значение H_1 и $2R_1$ в формулу (1.2) для определения h_1 , получим:

$$h_1 = H - 2b - 2R + 2b = H - 2R = h \quad (1.5)$$

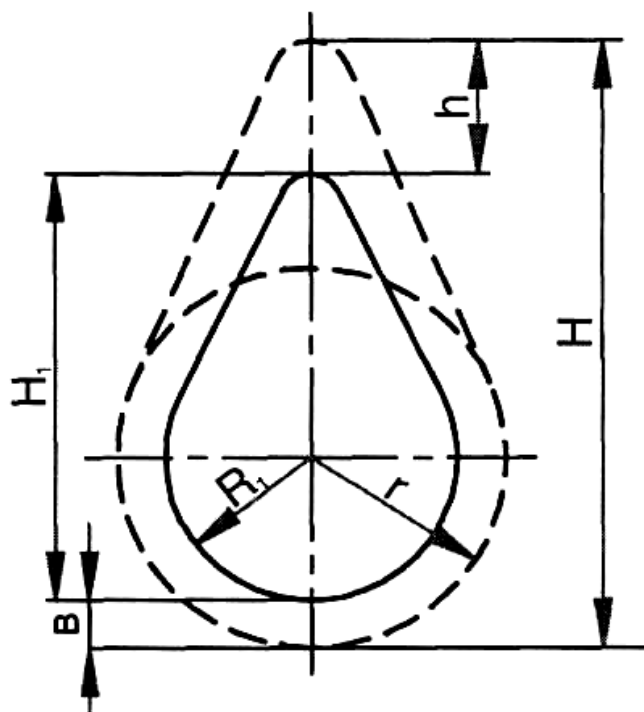


Рисунок 1.1 - Схема кулачка распределительного вала

Таким образом, высота подъема клапана при неизношенном кулачке равна высоте подъема клапана при перешлифованном кулачке.

При значительном износе кулачка по высоте ремонт его шлифованием под ремонтный размер становится невозможным из-за снятия большого слоя металла, что в свою очередь, приводит к уменьшению радиуса закругления вершины кулачка. Поэтому здесь целесообразно применять плазменную наплавку, которая будет обеспечивать требуемую твердость детали после наплавки.

Сравнительный анализ результатов исследования способов восстановления деталей, а это перешлифовка, электродуговое напыление, газовая наплавка сормайтотом, индукционная наплавка, хромирование, показал, что для обеспечения высокой износостойкости и долговечности поверхностей при незначительных производственных недорогих материалов, наиболее рациональным способом восстановления является плазменная наплавка.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод, что для улучшения показателей производственной деятельности ремонтной мастерской, целесообразны разработка и внедрение наиболее перспективных технологических процессов вос-

становления распределительных валов строительной и дорожной техники плазменной наплавкой, а также проектирование участка, оснащенного соответствующим оборудованием.

1.2 Область применения

В настоящее время огромное значение придается совершенствованию и развитию ремонтно-обслуживающей базы, так как поддержание строительной, дорожной и автомобильной техники в работоспособном состоянии – важнейшая народнохозяйственная задача.

Повышение качества отремонтированной техники, снижение затрат на ее ремонт неразрывно связаны с оптимальным размещением, производственной мощностью ремонтного предприятия, с рациональным их использованием.

Инженерно-технические формирования, объединения и предприятия на территории РФ, а также другие министерства и ведомства из года в год оснащаются все более сложной и высокопроизводительной техникой. Для поддержания ее в работоспособном состоянии и восстановления утраченного ресурса должна создаваться ремонтная база, в состав которого входят предприятия, необходимые для восстановления деталей и ремонтной техники.

Структура, размеры и функция объектов этой ремонтной базы, прежде всего, обусловлены работами, выполняемыми при восстановлении деталей и ремонте машин в целом.

Анализ многочисленных работ показывает, что они должны быть, как правило, централизованными (действовать в составе ремонтного предприятия) и децентрализованными (действовать как самостоятельное подразделение). Для выполнения ремонтных работ необходимо организовать предприятия (участки) более высокой оснащенности – это центральные ремонтные мастерские, цехи по ремонту машин и восстановлению и тому подобное.

Ремонтные и другие работы высокой сложности (восстановление деталей) следует выполнять на предприятиях с высокой оснащенностью производства, высокой квалификации производственных работ и инженерно-технических работников.

В данном дипломном проекте проектируется участок по восстановлению

распределительных валов автомобильных двигателей методом плазменной наплавки. Участок по восстановлению деталей может действовать как в составе ремонтного предприятия, так и самостоятельно. В данном случае участок по восстановлению распределительных валов автомобильных двигателей плазменной наплавкой действует в составе цеха по ремонту и восстановлению деталей строительной и дорожной техники плазменной наплавкой.

Такой участок может быть организован на любом предприятии, занимающемся вопросами эксплуатации, ремонта и восстановления деталей (авторемонтные предприятия, предприятия технического сервиса, мастерские по капитальному ремонту техники, цеха (участки) восстановления изношенных деталей и другие предприятия оборонного комплекса).

Таким образом, все решения, принимаемые при проектировании, должны быть подчинены перспективному развитию ремонтной базы инженерно-технических формирований и подразделений Спецстроя Российской Федерации.

1.3 Конструктивные и технические особенности детали

Распределительные валы изготавливают из стали 45 (у двигателей ЗИЛ -130 и ЯМЗ - 238) и стали 40 селенг (у ЗМЗ - 53). Кулачки, эксцентрики, шестерни и опорные шейки распределительных валов подвергнуты поверхностной закалке с нагревом ТВЧ на глубину 2-5 мм. Твердость поверхности зубьев шестерни распределительного вала двигателя ЗИЛ - 130 $HRC_{\text{э}} = 40-56$, остальных термически обработанных поверхностей $HRC_{\text{э}} = 52-62$.

В процессе эксплуатации распределительный вал с конструктивно заложенной малой жесткостью подвергается действию переменных, разнесенных по длине нагрузок, причем каждая нагрузка прилагается с угловым смещением по отношению к другой. Вследствие этого распределительный вал работает не только на изгиб, но и на кручение. Значительные контактные давления, возникающие в соединении "кулачок-толкатель", являются причиной износа кулачков распределительных валов.

1.4 Анализ технического состояния изношенного распределительного вала

Основными дефектами распределительных валов являются: изгиб, износ опорных шеек и шейки под распределительную шестерню, кулачков, шпоночной канавки, износ или повреждение резьбы.

Поверхности опорных шеек следует восстанавливать при износе более 0,1...0,4 мм. Износ кулачков сосредотачивается в области, примыкающей к вершине кулачка, и не превышает 0,05 мм за пределами 20°...25° относительно вершины кулачка, допустимый износ зависит от типа двигателя и составляет 0,2...1,4 мм. Резьбовую поверхность восстанавливают при износе, выкрашивании, срыве более двух ниток резьбы. Правку валов проводят при изгибах, превышающих 0,1...0,15 мм. Шпоночные пазы восстанавливают при износах по ширине более 0,07...0,09 мм.

1.5. Выбор рационального способа восстановления детали

Для повышения долговечности восстановленных деталей большое значение имеют научно обоснованные способы и технологические процессы их восстановления. Решение этого вопроса имеет огромное народнохозяйственное значение, особенно в связи с развитием централизованного восстановления деталей на специализированных предприятиях. Выбор оптимального способа является одним из основных вопросов при разработке технологических процессов восстановления изношенных деталей.

Большой вклад в развитие теоретических основ выбора рационального способа восстановления изношенных деталей автомобилей, тракторов, строительной и дорожной техники внесли Батищев А.Н., Конкин М.Ю., Черноиванов В.И. и другие отечественные ученые [2, 11, 27].

Анализ литературных источников [12, 20,21] показали, что в настоящее время оценка способов восстановления деталей производится по трем критериям:

- технологическому (критерий применимости)
- техническому (критерий долговечности)
- технико-экономическому.

Таблица 1.1

Дефекты распределительных валов

Дефект	Коэффициент повторяемости для двигателей					
	ЯМЗ-238	СДМ-60	А-01	ЗМЗ-53	ЗИЛ-130	КамАЗ-740
Изгиб вала	0,3	0,2	0,9	0,3	0,2	-
Износ:						
- поверхности опорных шеек в пределах ремонтных размеров	0,02	0,04	0,01	0,08	0,04	0,02
- опорных шеек выходящих за пределы ремонтных размеров	0,5	0,6	0,5	0,6	0,4	-
- кулачков по высоте	0,16	0,02	0,08	0,4	0,02	0,9
- шпоночного паза выше допустимого	0,04	0,06	0,04	-	0,06	-
- шейки под эксцентрик	-	-	-	0,05	-	-
- шейки под распределительную шестерню (зубчатое колесо)	0,01	0,07	0,03	0,05	0,07	-
Повреждение резьбы (резьбового отверстия)	0,05	0,07	0,02	0,05	0,07	-

По технологическому критерию выбор способов производят на основании возможностей их применения для устранения конкретного дефекта заданной детали с учетом величины и характера износа, материала детали и ее конструктивных особенностей. По этому критерию назначают все возможные способы, которые в принципе могут быть использованы для устранения конкретного дефекта.

По техническому критерию оценивают технические возможности детали, восстановленной каждым из намеченных по технологическому критерию способом, т.е. этот критерий оценивает эксплуатационные свойства детали в зависимости от способа восстановления. Оценка производится по таким основным показателям как:

- сцепляемости
- износостойкости
- усталостной прочности
- микротвердости
- долговечности.

2. КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Выбор приспособления и принцип его действия

В данном разделе описываем технические решения, касающиеся модернизированной установки для наплавки. При восстановлении кулачков распределительного вала наплавкой возникают трудности. Поэтому для наплавки кулачков по всей площади разработано приспособление, состоящее из копировального устройства и позволяющее наплавить кулачок со всех сторон. Крепится данное устройство на вращателе установки. В качестве базового станка (на который крепится) предложено использовать широко распространенный станок 16к20.

на базе станка представлена на Рисунке 2.1. Она включает в себя установку порошкового питателя, плазмотрона и механизма колебаний, а также узел продольного и поперечного перемещения суппорта станка. Блок получения плазмы собран с использованием узлов и деталей установки для наплавки модели упп5-69.

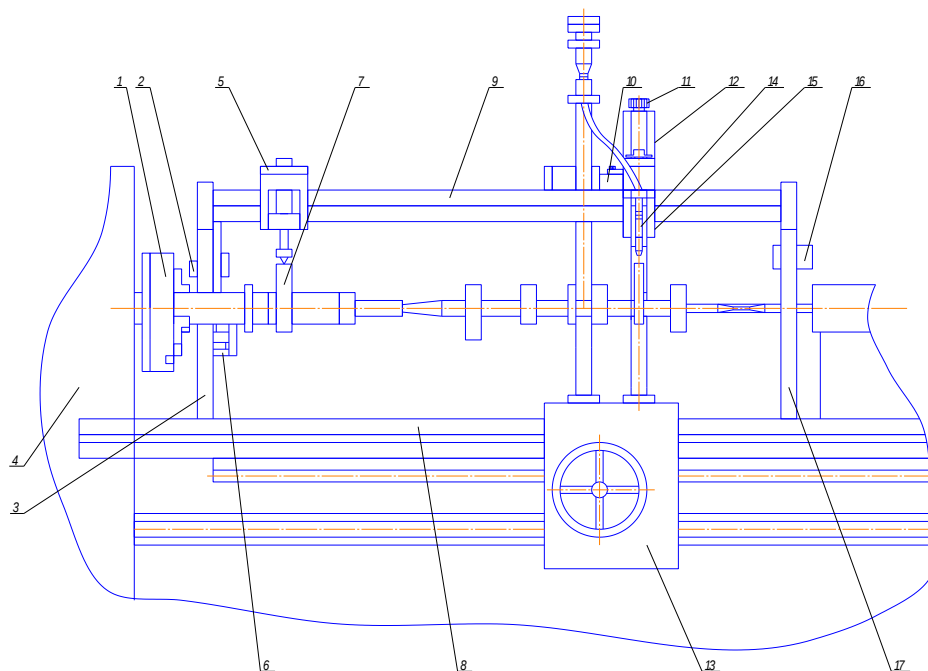


Рисунок 2.1 – Общий вид проектируемой установки

2.2 Расчет индуктора

Индукторы для закалки и нагрева поверхностей выполняют в виде плоских спиралей или одиночных витков, располагающихся над нагреваемой поверхностью. Индуцированный ток вследствие эффекта близости концентрируется под индуктором. При закалке плоских поверхностей чаще всего используется непрерывно-последовательный нагрев

Нагрев будем вести непрерывно-последовательным способом. Для расчета используем следующие параметры:

- толщина пластины $d=25$ мм;
- ширина $l_n=100$ мм

Частоту индуктора выберем $f=25000$ Гц.

1. Из [35 ст.34] находим время нагрева $t_k=15$ с;
удельная мощность – $p_0 = 1,5$ кВт.
2. Ширина паза в магнитопроводе:

$$\nu = \frac{0.6P_{\bar{A}}}{l_n \cdot p_0}; \quad (2.1)$$

Принимаем $P_{\Sigma} = 100$ кВт, тогда

$$\nu = \frac{0.64 \cdot 100}{20 \cdot 1.5} = 2.1 \text{ мм}$$

3. Ширина индуктирующего провода (на изоляцию с каждой стороны оставим $b=0.15$ см):

$$b = a - 2 \cdot \Delta b \quad (2.2)$$

тогда

$$b = 2,1 - 2 \cdot 0,15 = 1,8 \text{ мм}$$

4. Высота индукторного провода выбирается из наличия сортамента круглых трубок, из которых изготавливается прямоугольная трубка для провода. При

этом нужно иметь в виду, что для пропуска воды высота трубки в свету не должна быть меньше 0,5 см.

5. Ширина башмака магнитопровода:

$$c = (0.3 \div 0.75)a = 0.63 \div 1.6 \text{ м} \quad (2.3)$$

Принимаем $c = 1$ см.

6. Напряжение на индуктирующем проводе:

$$U = I_n U_0 \sqrt{p_0} \quad (2.4)$$

$$U = 20 \cdot 0.75 \sqrt{1.2} = 16.4 \text{ В}$$

7. Ток в индукторе:

$$I = a \cdot I_0 \sqrt{p_0} \quad (2.5)$$

$$I = 2.1 \cdot 3400 \sqrt{1.2} = 7821 \text{ А}$$

8. Определяем реактивное сопротивление токопроводящих шин.

Размеры шины:

$$l = 10 \text{ см}$$

$$b_1 = 2.5 \text{ см}$$

$$b_2 = 9 \text{ см}$$

$$b' = \frac{9 + 2.8}{2} = 5.75 \text{ м}$$

— длина контактной колодки понижающего трансформатора.

Реактивное сопротивление:

$$x_\theta = 2.5 \cdot 10^{-8} \cdot f \cdot l_\theta \cdot (2.3 \cdot \lg \frac{4 \cdot l_\theta}{b' + \Delta} + 0.5)$$

$$x_{\sigma} = 2.5 \cdot 10^{-8} \cdot 2500 \cdot 10 \cdot (2,3 \cdot \lg \frac{4 \cdot 10}{5.75 + 0,14} + 0.5) = 1500 \hat{f} \hat{z}$$

9. Падение напряжения на токопроводящих шинах:

$$U_{\sigma} = 6.5 \cdot 10^{-3} \cdot 7821 = 50.84 B$$

10. Напряжение на индукторе:

$$U_f = 16.4 + 50.84 = 67.24 B$$

11. Мощность, подводимая к индуктору

$$P_f = \frac{p_0 \cdot l_n \cdot a}{\eta_n};$$

$$P_f = \frac{1.2 \cdot 20 \cdot 2.1}{0.8} = 63 \hat{z} \hat{z};$$

2.3 Выбор индукционной печи для наплавки

Для плавки сормайта выбираем электропечь индукционную плавильную типа ИСТ-0,06/0,1

Электропечь индукционная плавильная тигельная типа ИСТ-0,06/0,1 ёмкостью 0,06 т. предназначена для индукционной плавки и перегрева черных, цветных и драгоценных металлов токами средней частоты.

Электропечь может быть использована в литейных производствах промышленных предприятия всех отраслей народного хозяйства и для поставок на экспорт, в страны с умеренным и тропическим климатом.

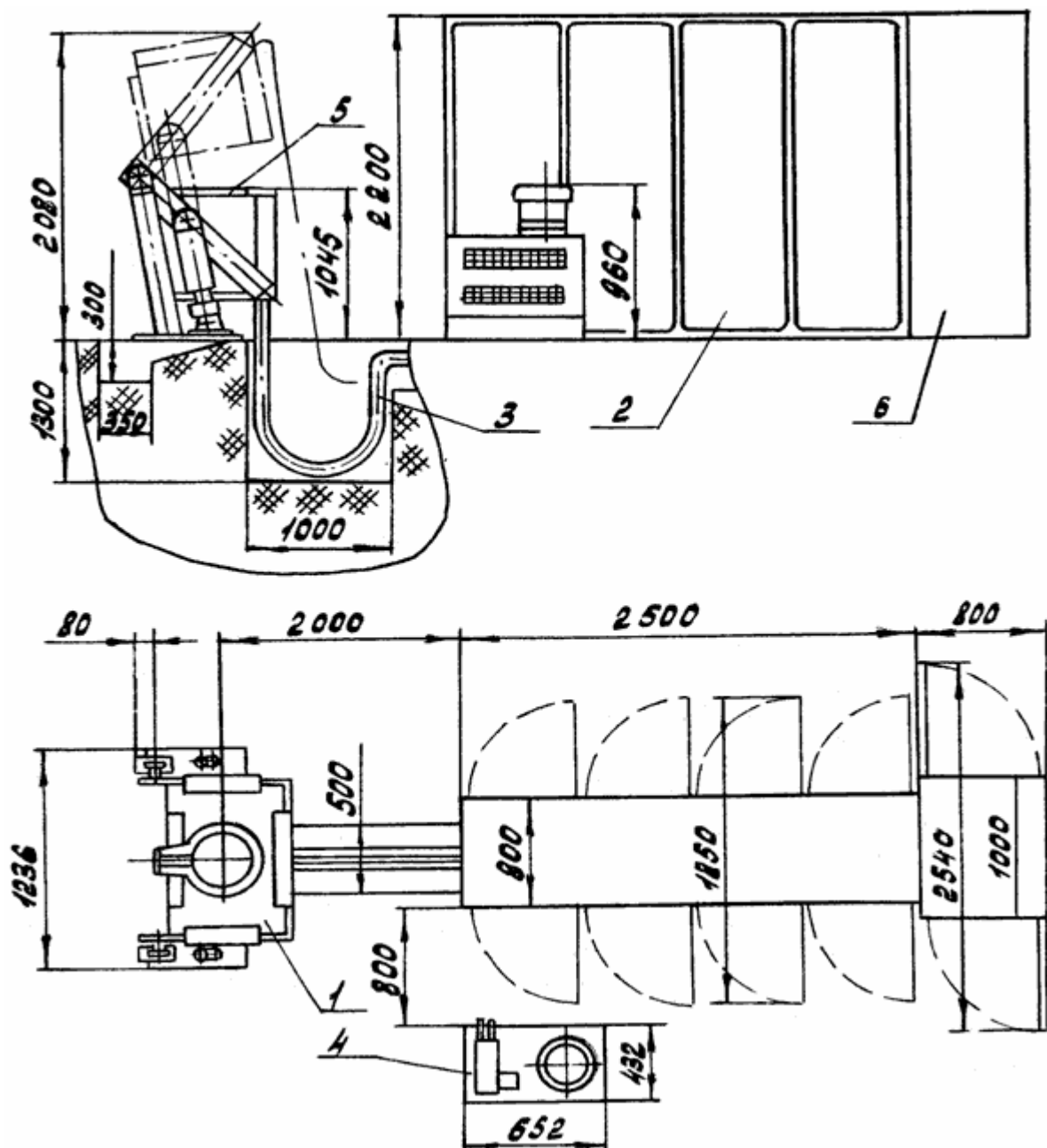


Рисунок 2.2 - Габаритные, установочные размеры и рекомендуемое размещение комплектующего оборудования плавильной печи.

1 – электропечь индукционная ИСТ-0,06/0,1; 2 – шкаф управления; 3 – токопровод; 4 – гидропривод; 5 – шаблон; 6 – тиристорный преобразователь частоты.

3 Эксплуатационный раздел

3.1 Режимы работы и фонды времени

Режим работы предприятия принимаем односменный при пятидневной рабочей неделе.

Номинальный годовой фонд времени работы рабочих и оборудования определяем по формуле (3.1):

$$\Phi_H = (K_P - t_{CM} - K_{II} \cdot t_C) \cdot n, \quad (3.1)$$

где, K_P – число рабочих дней в году ($K_P = 253$);

t_{CM} – продолжительность смены ($t_{CM} = 8,2$ ч);

K_{II} – число праздничных дней;

n – число смен ($n = 1$).

$$\Phi_H = (253 \cdot 8,2 \cdot 6 \cdot 1) \cdot 1 = 2068,6 \text{ ч}$$

Действительный годовой фонд времени работы рабочего определяется вычитанием из номинального фонда времени всех потерь времени:

$$\Phi_{ДР} = (\Phi_H - K_O \cdot t_{CM}) \cdot \eta_P, \quad (3.2)$$

где, Φ_H – номинальный годовой фонд времени работы;

K_O – общее число рабочих дней отпуска в году ($K_O = 24$);

η_P – коэффициент потерь времени работы, принимаем из таблицы $\eta_P = 0,97$

$$\Phi_{ДР} = (2068,6 - 24 \cdot 8,2) \cdot 0,97 = 1863,37 \text{ ч.}$$

Действительный годовой фонд времени работы оборудования рассчитывается по формуле (3.3):

$$\Phi_{до} = \Phi_H \cdot n_C \cdot \eta_O \quad (3.3)$$

где, Φ_H – номинальный годовой фонд времени работы;

n_C – число смен в сутки;

η_O – коэффициент использования оборудования, принимаем из таблицы $\eta_O = 0,95$

$$\Phi_{до} = 2068,6 \cdot 1 \cdot 0,95 = 1965,17 \text{ ч.}$$

3.2. Определение годовой трудоемкости производственной программы

Общий такт ремонта рассчитывается по формуле (3.4):

$$r_O = \frac{\Phi_D}{N_K}, \quad (3.4)$$

где, Φ_D – действительный годовой фонд времени работы рабочих;

N_K – годовая производительная программа.

$$r_O = \frac{1863,37}{1000} = 1,86.$$

Годовая программа предприятия по ремонту распределительных валов авто-двигателей составляет 1000 шт.

Таблица 3.1 – Годовая программа предприятия

Наименование операции	Норма времени		Годовая трудоемкость	Расчет количества рабочих	
	мин	час		расчетное	принятое
1. Токарная обработка	5	0,08	640	0,3	3
2. Наплавка	22	0,3	2400	1,2	
3. Правка	3	0,05	400	0,03	
4. Шлифование	9	0,15	120	0,06	
5. Контрольная проверка	2	0,03	240	0,12	
ИТОГО		0,61	3800	1,71	3

3.3 Расчет количества рабочих

Расчет количества рабочих определяется по формуле (3.5):

$$P_C = \frac{T_G}{\Phi_D \cdot K}, \quad (3.5)$$

где: P_C – списочное число рабочих;

T_G – годовая трудоемкость по наплавке;

K – планируемый коэффициент перевыполнения норм выработки $K = 1,05 \dots 1,15$.

Для наплавки:

$$P_C = \frac{2400}{1863,37 \cdot 1,05} = 1,2.$$

Для токарной обработки:

$$P_C = \frac{640}{1863,37 \cdot 1,05} = 0,3.$$

Для шлифовки:

$$P_C = \frac{120}{1863,37 \cdot 1,05} = 0,06.$$

Для контроля:

$$P_C = \frac{240}{1863,37 \cdot 1,05} = 0,12.$$

3.4. Определение загрузки рабочего места

$$z_P = \left(\frac{P_C}{P_{\text{пр}}} \right) \cdot 100\%, \quad (3.6)$$

где: $P_{пр}$ – принятое число рабочих.

Для наплавки

$$З_P = \left(\frac{0,6}{1} \right) \cdot 100\% = 60\%.$$

Для токарной обработки:

$$З_P = \left(\frac{0,3}{1} \right) \cdot 100\% = 30\%.$$

Для шлифовки:

$$З_P = \left(\frac{0,06}{1} \right) \cdot 100\% = 6\%.$$

Для контроля:

$$З_P = \left(\frac{0,12}{1} \right) \cdot 100\% = 12\%.$$

3.5 Расчет количества основного оборудования

Таблица 3.2 – Сводная ведомость оборудования мастерской

№ п/п	Наименование оборудования и другой оснастки	Коли- чество	Марки, тип, модель, ГОСТ	Габаритные размеры, мм	Общая площадь, занятая оборудо- ванием, м ²
1	Станок токарный	1	16K20	3080 × 1565	4,82
2	Наплавочная	1	ОКС11233	3080 × 1565	4,82
3	Пресс гидравлический	1	ОКС167Ш	1500 × 640	0,96
4	Копировально- шлифовальный станок	1	3А433	725 × 530	0,38
5	Стол для контроля	1	ОРГ-1468-01,09А	2400 × 800	1,92
6	Шкаф для инструмента	1	ОРГ-1468-0,7-040	860 × 360	0,31

7	Муфельная печь	1	Н-30	610 × 645	0,39
8	Тележка для распределительных валов, требующих восстановления	1		740 × 520	0,38
9	Тележка для восстановленных валов,	1		740 × 520	0,38
10	Стойка для баллонов	1		460 × 580	0,26
11	Стеллаж для приготовления порошка	1		1200 × 800	0,96

3.6 Расчет площадей производственной мастерской

Расчет площадей производственной мастерской производим по формуле (3.7):

$$F_{\text{уч}} = \sum F_O \cdot K_{\text{П}}, \quad (3.7)$$

где: F_O – суммарная площадь, занимаемая оборудованием, м^2 ;

$K_{\text{П}}$ – переходной коэффициент, учитывающий рабочие зоны, проходы и проезды на соответствующих участках. Определяется по таблице. Для наплавочного участка $K_{\text{П}} = 5,5 \dots 6,5$. Принимается $K_{\text{П}} = 6$.

Площадь, занимаемую оборудованием, определяем из суммы площадей каждого оборудования:

$$\sum F_O = 4,82 + 4,82 + 0,96 + 0,38 + 1,92 + 0,31 + 0,39 + 0,38 + 0,38 + 0,26 + 0,96 = 15,58 \text{ м}^2.$$

$$F_{\text{уч}} = 15,58 \cdot 6 = 93,48 \text{ м}^2.$$

3.7 Разработка планировки участка

Габариты (длина, ширина) производственного корпуса устанавливают из условия, что периметр здания при заданной площади должен быть минимальным, так как в этом варианте стоимость строительства здания будет наименьшей.

Для контроля вводят понятие коэффициента целесообразности плана здания ремонтного предприятия [15]:

$$\eta_{ц} = \frac{\sqrt{F_{ПП}}}{l_{П} \cdot 0,282}, \quad (3.8)$$

где, $F_{ПП}$ – производственная площадь предприятия, м²;

$l_{П}$ – периметр здания по наружным стенам, м;

0,282 – коэффициент пропорциональности, численно равный квадратному корню из отношения площади круга к длине его окружности.

Самый оптимальный периметр здания соответствует длине окружности. На практике необходимо, чтобы коэффициент целесообразности был равен 0,8 и более.

Приступая к планировке производственного корпуса мастерской, следует прежде всего выбрать схему основной технологической линии производственного процесса. Для мастерских предпочтительно принять схему прямого потока, когда отношение ширины к длине равно 1/3, а здание выбрать произвольной формы. Строительные требования и принятую форму здания оценивают коэффициентом целесообразности плана здания мастерской.

Отделения и участки на плане производственного корпуса размещают так, чтобы ремонтируемые агрегаты и отдельные громоздкие детали передвигались по наикратчайшему пути, а взаимосвязь разборочно-сборочных отделений и отделений по восстановлению деталей соответствовала ходу технологического процесса и направлению основного грузопотока. Поэтому следует располагать цехи и участки в одном корпусе.

Производственные участки могут занимать один или несколько пролетов, а также часть пролета. Не рекомендуется разделять их перегородками, если это соответствует условиям выполнения технологии, требованиям техники безопасности или пожарной безопасности. Участки, опасные в пожарном отношении (сварочный, кузнечно-прессовый, термический, деревообрабатывающий, малярный, восстановления деталей синтетическими материалами), должны быть изолированы от других помещений огнестойкими стенами.

Помещения, отделяемые перегородками, следует размещать у наружных стен здания, так как это облегчает выполнение перегородок и вентиляционных устройств.

При расстановке оборудования соблюдают следующие требования. Расстояние от стены до задней стороны станка при его установке перпендикулярно к стене должно быть не менее 500 мм, расстояние от станка до стены – не менее 1 м. Вытяжные зонты в смежных отделениях (например, в кузнечном и сварочном) располагают рядом, чтобы устроить один дымоотвод.

Пример планировки производственного корпуса представлен на листе графической части (лист 5).

Технологическая планировка производственных зон и участков выполняется в виде планов с расстановкой технологического оборудования и оргоснастки, на листе чертежной бумаги формата А1 с соблюдением норм и требований ЕСКД в масштабе 1:25 (1:20) или 1:50 (1:40).

Технологическая планировка предусматривает размещение средств оснащения внутри проектируемых подразделений предприятия с учетом их функционального назначения, санитарно-технических и строительных норм. Планировка участков разрабатывается одновременно с объемно-планировочным решением зданий и сооружений на основании данных о расчетных площадях и принятой ведомости оборудования.

Расстановка технологического оборудования и оргоснастки на планировках зон и участков должна выполняться в соответствии со схемой технологического процесса, необходимых условий техники безопасности, удобства обслуживания и монтажа оборудования при соблюдении нормируемых расстояний между оборудованием и элементами здания, а также требований норм технологического проектирования предприятий.

При расстановке оборудования необходимо: обеспечивать свободные пути транспортирования по прямым линиям (основные потоки не должны пересекаться и должны иметь четко обозначенные границы), устраивать рабочие зоны так, чтобы они не пересекались с путями движения транспортных средств, а также предусматривать хранение крупногабаритных изделий и материалов вне участков (отделений).

Технологическое оборудование и оргоснастка на плане объекта проектирования должны быть обозначены позициями, а их перечень представлен в спецификации, содержащей в табличной форме номера по плану, наименование оборудо-

вания и количество.

Кроме того, наряду с требованиями оформления, приведенными для планов производственных корпусов, на планировках зон и участков необходимо указывать маркировочные оси здания и расстояния между ними в соответствии с общим компоновочным планом производственного корпуса, а также габаритные размеры зоны (участка) (см. рис. 3.1).

Расстояние между наплавочными стойками при размере до 1,0 м берется 3-3,5 м. Источник питания током должен быть на расстоянии от стены не менее 250 мм, наплавочный станок на расстоянии 900 мм. Площадь каждой установки при плазменной наплавке должна быть 14-16 м. Норма расстояний между тыльными сторонами оборудования должна быть 700 мм при оборудовании с габаритами до 3000×1500 мм.

Обычно применяют прямоугольное и прямолинейное размещение, обеспечивающее организацию потоков в одном направлении. При обслуживании рабочим нескольких единиц оборудования предусматривают удобное расположение всех рабочих зон с минимальными переходами. С целью облегчения обслуживания рабочие места целесообразно предусматривать со стороны проходов. При этом оборудование, используемое постоянно, размещают в зоне наибольшего естественного освещения.

Технологическое оборудование изображают в принятом масштабе условным упрощенным контуром с учетом крайнего положения движущихся частей, открывающихся дверок (кожухов), постоянных ограждений и устанавливаемых на оборудовании изделий, если последние выходят в плане за габаритные размеры оборудования. Внутри контура оборудования и оргоснастки или вне контура на выносной полке указывают его номер по спецификации к чертежу.

На графическом листе технологической планировки заданного подразделения оборудование нумеруют (сквозной порядковой нумерацией) арабскими цифрами. Номера участков и оборудования указывают в сводной ведомости оборудования (см. табл. 3.2).

Технологическое оборудование размещают по отношению друг другу в соответствии с технологическим процессом, а также с учетом применения отдельно

стоящих станков, стенов.

Заполнение спецификации производится сверху вниз.

Технологическая планировка участка наплавки распределительных валов представлена на листе графической части (лист 6).

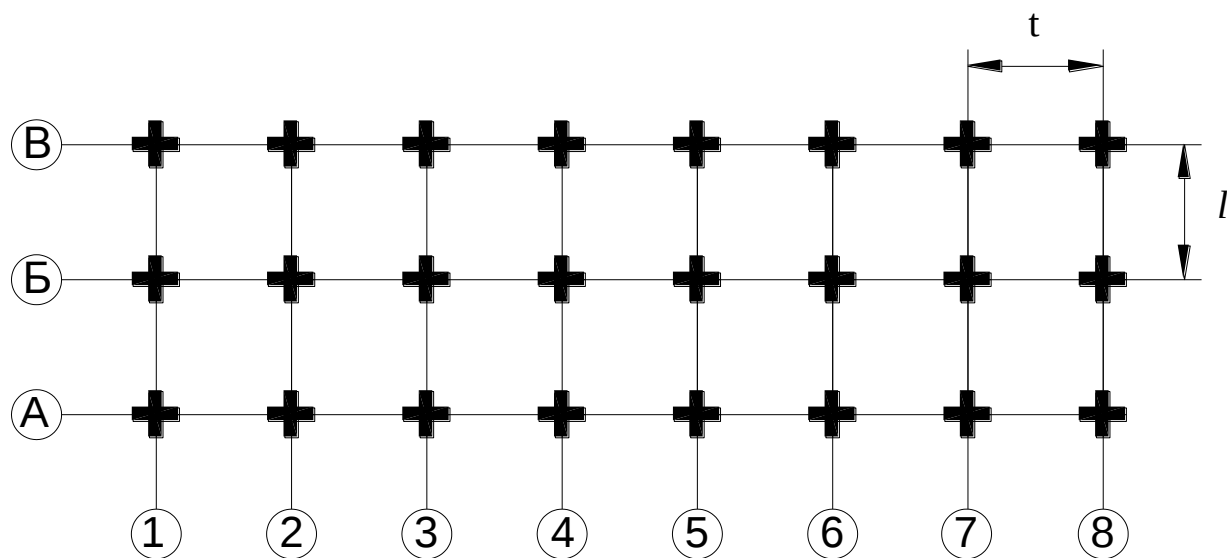


Рисунок 3.1 - Маркировка разбивочных осей:

l – пролет колонн; t – шаг колонн; $l \times t$ – сетка колонн

4 Технологический раздел

4.1 Характеристика плазменного нагрева

В качестве источника теплоты при плазменной наплавке используется плазменная струя. Она представляет собой высокоинтенсивный источник теплоты, максимальная температура которого может превышать 2000К, что позволяет расплавить различные тугоплавкие материалы. Плазму получают пропусканием газовой струи через дуговой разряд, возбуждаемый между двумя электродами. Дуга горит в замкнутом цилиндрическом канале, стенки которого подвергаются интенсивному охлаждению. Охлаждение наружной поверхности столба дуги вызывает его концентрацию, вследствие чего температура столба дуги резко повышается. Плазмообразующий газ, проходящий через межэлектродное пространство, приобретает высокий запас энергии, которую используют для нагрева в процессе наплавки.

Для плазмы характерна определенная степень ионизации газа, которая, в свою очередь, зависит от температуры и потенциала ионизации. Степенью ионизации газа называется отношение числа образовавшихся заряженных частиц к общему количеству нейтральных частиц в данном объеме газа до ионизации.

Так как выделить плазму в чистом виде весьма трудно, то для технических целей используют дуговой разряд, обогащенный плазмой, т.е. в дуговом разряде наряду с заряженными частицами содержатся и нейтральные частицы. Такое состояние газа называется низкотемпературной плазмой. В качестве плазмообразующих газов самостоятельно могут быть использованы аргон, азот, гелий, аммиак. Водород и кислород можно применять в смеси с аргоном, азотом. Применение одного водорода невозможно из-за его высокой теплопроводности, что приводит к быстрому нагреву и разрушению сопла. В кислороде из-за быстрого сгорания вольфрамового электрода трудно обеспечить длительную работу катода плазмотрона.

Различные газы и газовые смеси обладают разными физико-химическими свойствами, целесообразность использования которых определяется видом плазменной обработки металлов и степенью воздействия на вольфрамовый электрод. Наилучшим газом, защищающим раскаленный вольфрамовый электрод от окис-

ления, является химически инертный аргон.

Газ в состоянии плазмы находится в термодинамическом равновесии и в целом электрически нейтрален, так как ионизация не создает избытка в зарядах того или иного знака, и отрицательный заряд электронов компенсируется положительным зарядом ионов. Важное значение имеет энергетическое саморегулирование дугового разряда. Это свойство заключается в том, что потери энергии в окружающую среду компенсируются притоком свежей энергии от источника тока. Плазма приобретает новые свойства по сравнению с обычными газами. Высокая концентрация электронов делает ее электропроводной, причем электропроводность плазмы достигает величины электропроводности металлов. Из-за большой насыщенности заряженными магнитными частицами плазма поддается действию магнитных полей.

В настоящее время основным методом получения плазмы для технологических целей является метод пропускания газовой струи через пламя сжатой электрической дуги, расположенной в узком медном канале.

В современной сварочной технике применяют три схемы получения плазмы.

Первая соответствует схеме сжатой дуги прямого действия, когда анодом служит обрабатываемый материал. Вторая – сжатая дуга косвенного действия возникает между вольфрамовым электродом и внутренним соплом плазмотрона, из которого вытекает в виде плазменной струи. Дуга косвенного действия (плазменная струя) электрически не связана с обрабатываемым металлом.

Для нашего способа восстановления деталей наибольшее распространение получила третья схема с комбинированным подключением плазмотрона к источнику питания. В этом случае между вольфрамовым электродом и соплом анода зажигается вспомогательная сжатая дуга косвенного действия, обладающая электропроводностью и образующая при соприкосновении с токоведущей обрабатываемой деталью сжатую дугу прямого действия.

В обычных условиях при прямой полярности столб дуги между неплавящимся вольфрамовым электродом и деталью в атмосфере защитного газа имеет вид конуса, размеры которого зависят от силы тока и напряжения. Так как с увеличением силы тока и напряжения столб такой дуги имеет возможность расширяться, то значительного изменения температуры и степени ионизации газа не наблюда-

ется. Если каким-либо образом воспрепятствовать электрической дуге занять естественный объем и принудительно сжать ее, оставив в то же время сварочный ток постоянным, то и количество электронов, проходящих по сечению столба дуги, не изменится, а количество упругих и неупругих соударений увеличится, т.е. повысится степень ионизации, возрастут плотность и напряжение дуги, что вызовет значительное повышение температуры. Таким образом, наличие у плазменных горелок стабилизирующего водоохлаждаемого сопла является основным отличием от обычных горелок.

Несмотря на высокую температуру плазменной струи, горелки работают довольно устойчиво. Сжатая дуга косвенного действия может иметь различную длину. Внутри сопла она сжата, однако при выходе за его пределы начинает постепенно расширяться до размеров, равных свободной дуге. При этом расширение происходит тем быстрее, чем сильнее сжат разряд и чем меньше расход газа.

4.2 Оборудование для плазменной наплавки распределительных валов

В настоящее время серийно выпускают установки для плазменного напыления (УМП-5, УМП-6, УПУ-3, УПУ-5), плазменной сварки и плазменной наплавки (УПН-303, УПН-602). Сварочные плазменные установки также можно применять для наплавки. Монтажная схема установки состоит:

- 1) источник питания;
- 2) вращатель;
- 3) наплавляемая деталь;
- 4) порошковый питатель;
- 5) плазмотрон;
- 6) пульт управления;
- 7) баллоны с газом;
- 8) балластный реостат;
- 9) дроссель.

Стабильность наплавки порошковыми материалами в первую очередь зависят от надёжности работы плазмотрона и порошкового питателя.

Плазмотроны. Для наплавки порошковыми сплавами и наплавочными про-

волоками наибольшее распространение получили плазмотроны постоянного тока прямой полярности. Несмотря на большое разнообразие конструкций плазмотронов, принцип их действия и устройство примерно одинаковы. Принцип действия основан на сжатии водоохлаждаемым соплом и проходящим через него газом. Плазмотрон состоит из водоохлаждаемых катода и анода, отдельных друг от друга изолятором, изготовленным чаще всего из текстолита. В катоде крепится вольфрамовый неплавящийся электрод, в аноде предусмотрены каналы для формирования плазменной дуги, подачи газов, наплавочного порошка.

Конструкции плазмотронов должны обеспечивать выполнение следующих требований:

- надёжность защиты сварочной ванны от вредного воздействия окружающего воздуха при минимальном расходе газа;
- стабильность работы плазмотронов в отношении поддержания постоянных заданных параметров сжатой дуги;
- большой срок службы при непрерывной работе;
- свободное прохождение порошка различной формы в зону наплавки через выполненные в плазмотроне каналы;
- достаточное и надёжное охлаждение участков плазмотрона, подверженных высокой наплавкой нагрузке.

Научно-исследовательскими институтами создан ряд плазмотронов и порошковых питателей для наплавки. Принципиальное отличие конструкций этих плазмотронов от других плазменных горелок с подачей порошка в зону дуги - использование газа, транспортирующего порошок и служащего одновременно для защиты сварочной ванны. Эта важная конструктивная особенность позволяет на 50-60% сократить общий расход газов, уменьшить размеры горелок и улучшить защиту сварочной ванны.

Плазмотроны дают возможность наплавлять наружные и внутренние изношенные поверхности. Срок службы плазмотрона не менее полгода. Плазмотрон выходит из строя из-за расплавления плазмообразующего сопла, происходящего в результате нарушения режима наплавки: сила тока больше допустимой величины, замыкание плазмотрона на деталь. Напряжение в зависимости от использования транспортирующего газа составляет 25-35 В при наплавке в аргоне и 45-55 В при

наплавке в азоте и углекислом газе.

Порошковый питатель. Порошковые питатели предназначены для содержания порошка, регулирования его расхода и обеспечения стабильной и равномерной подачи через плазмотрон в зону наплавки. После плазмотрона порошковый питатель является наиболее важным узлом, определяющим качество наплавки. В настоящее время в х, главным образом, для газотермического напыления применяют различные по конструкции типы порошковых питателей: инжекторные, вертикально и горизонтально-барабанные, шнековые. Как правило, перечисленные типы питателей обеспечивают стабильную работу порошка при расходе не менее 25-30 г/мин. В то же время при плазменной наплавке слоев толщиной до 1 мм и при комбинированной наплавке требуется равномерная и бесперебойная подача порошка от 4 г/мин и более. Для этого серийно выпускаемые питатели приходится дорабатывать путём установки в дозирующее устройство шайбы с меньшим отверстием.

Шкаф управления. На шкафу управления сосредоточены пусковые, измерительные, сигнальные, приборы и устройства, контролирующие процесс плазмообразования и водоснабжения. Основное назначение шкафа управления при плазменной наплавке с подачей порошка в сварочную ванну - обеспечение включения установки только после подачи в плазмотрон охлаждающей воды и плазмообразующего газа. В противном случае плазмообразующее сопло расплавляется и плазмотрон выходит из строя. Однако шкафы управления, входящие в состав установок для плазменного напыления, непригодны для работы в режиме плазменной наплавки и требуют переоборудования газовой и электрической схем. Это связано с тем, что в плазмотронах для напыления расход плазмообразующего газа составляет не менее 25 л/мин, а в плазмотронах для наплавки порошками не превышает 2,5 л/мин, и работа начинается с первоначального зажигания

Колебательный механизм. Колебатель предназначен для возвратно-поступательного перемещения плазменной горелки вдоль оси наплавляемой цилиндрической детали с заданной частотой и амплитудой с целью повышения производительности труда путём получения валика требуемой ширины за один оборот детали. При наплавке плоских поверхностей колебатель перемещает плазмотрон перпендикулярно направлению подачи наплавляемой детали, формируя валик необходимой ширины.

При восстановлении деталей плазменной наплавкой с подачей порошка в зону наплавки необходимо, чтобы колебатель обеспечивал частоту колебаний в пределах $50-70 \text{ мин}^{-1}$ с амплитудой 4-30 мм. Применяют колебатели с пневматическим и электрическим приводом. Последние обеспечивают плавные и равномерные колебания, что позволяет получать качественные наплавленные слои без подрезов. Однако колебатели с пневматическим приводом проще в устройстве, для их привода не требуется применение дефицитных малогабаритных электродвигателей постоянного тока.

Источники питания. Для питания установки плазменной наплавки с подачей порошка в сварочную ванну требуется источник питания постоянного тока с падающей вольт – амперной характеристикой и напряжением холостого хода не ниже 60 В. Этому требованию удовлетворяют серийно выпускаемые сварочные выпрямители ВД-306, ВД-303, ВДУ-504.

Вращатель. Токарный станок – самый простой и доступный механизм, обеспечивающий заданную частоту вращения детали и скорость перемещения плазмотрона вдоль детали. Поддержание требуемой частоты вращения осуществляется установкой к станку понижающего редуктора. Частота вращения должна быть в пределах $0,3 - 10 \text{ мин}^{-1}$. При плазменной наплавке на суппорте токарного станка необходимо смонтировать устройство для крепления плазмотрона и его перемещения по вертикали. Лучшим вариантом крепления и перемещения плазмотрона и детали являются специальные станки для плазменной наплавки с электромеханическим приводом, обеспечивающим бесступенчатое регулирование всех необходимых движений плазмотрона и детали в заданных пределах.

Кроме перечисленного оборудования в установку для плазменной наплавки входят:

- балластные реостаты (РБ-300) для регулирования тока и создания падающей характеристики источника тока;
- осциллятор или блок поджога для зажигания плазменной струи, которая возникает в результате ионизации промежутка между вольфрамовым электродом и плазмообразующим соплом;
- дроссель для предохранения изоляции источником питания от пробоя высоковольтными и высокочастотными разрядами осциллятора, обычно применяются

дроссели от сварочных трансформаторов;

- баллоны высокого давления;
- редукторы для понижения давления газа до рабочего;
- ротаметры для определения расхода газа.

4.3 Выбор схемы и оптимизация режимов наплавки кулачков распределительных валов двигателей ЯМЗ-238

Механизированное восстановление кулачков распределительных валов на ремонтных предприятиях осуществлялся с использованием копировальных устройств, принцип действия которых основан на изменении положения распределительного вала в пространстве при неподвижной наплавочной головке.

Применение сжатой дуги и наплавочных порошков для восстановления кулачков распределительных валов за счет мобильности плазмотрона позволяет изменить традиционную схему копирования. В настоящее время научно-исследовательскими институтами (ГОСНИТИ, НПП «Гиперон», НПО «Техноплазма» и др.) разработан ряд копировальных устройств, принцип действия которых основан на вращении распределительного вала и согласованного с ним перемещения в пространстве плазмотрона.

Экспериментальные исследования, проведенные с целью изучения процесса наплавки фасонных поверхностей, показали, что с изменением угла наклона изменяется глубина проплавления, плотность тока, коэффициент формы шва. Изменение этих параметров обусловлено неодинаковыми условиями теплопроводности от дуги к исследуемому образцу. В случае, когда между наплавленной поверхностью и осью плазмотрона острый угол, в зоне наплавки образуется слой расплавленного присадочного материала с температурой около 1400°C , а в этих условиях металл имеет низкую теплопроводность. Соответственно, снижается глубина проплавления и увеличивается ширина валика. При этом, когда наклон поверхности более 90° , происходит непосредственное плавление основного металла, способствующее увеличению глубины проплавления и снижению ширины валика.

С учетом вышеизложенного поставлена задача провести экспериментальные

исследования, целью которых является выбор и оптимизация режимов плазменной наплавки для восстановления распределительных валов двигателей ЯМЗ-238. Данные исследования проводили на базе НПО «Техноплазма» в следующей последовательности.

4.3.1 Выбор схемы и устройств наплавки

Схему наплавки кулачков выбирали из трех вариантов. По первой схеме производили наплавку всего профиля по винтовой линии без колебаний плазмотрона. Во втором случае наплавку осуществляли за один проход с колебаниями плазмотрона на ширину кулачка с началом процесса на вершине и окончанием на этом же участке. По третьей схеме наплавку производили за два прохода с колебаниями плазмотрона. Начало процесса на вершине, а окончание – на противоположном участке цилиндрической части. Второй проход осуществляется аналогично первому, но с перекрытием наплавляемых слоев. Качество наплавленных слоев при обработке по первой схеме удовлетворительное. Недостатком является оплавление торца кулачка (особенно вершины), на котором завершается процесс наплавки. По второй схеме наплавки торцы кулачка оплавляются значительно меньше, но не удовлетворительно качество наплавленного слоя, полученного при переходе плазмотрона от наплавки цилиндрической части к вершине кулачка. Лучшие результаты были получены при наплавке по третьей схеме, ее использовали для оптимизации режимов наплавки кулачков.

В результате поисковых исследований установлено, что наплавку кулачков необходимо проводить с регулированием трех параметров: силы тока наплавки, скорости, расхода порошка. Изменение этих параметров обусловлено сложностью профиля. Установлено также, что другие параметры существенного влияния на процесс не оказывают.

С целью оптимизации режимов наплавки вершины и цилиндрической части кулачков распределительных валов двигателей ЯМЗ-238, поставлен полный факторный эксперимент (ПФЭ) 2^3 с равномерным дублированием опытов. В качестве независимых переменных выбраны: сила тока наплавки (I , А), скорость (V , мм/с), расход порошка (Q , кг/ч). Параметр оптимизации – толщина наплавленного слоя (h , мм). По результатам предварительных исследований (см. рис.4.1, 4.2) выбраны

интервалы и уровни варьирования факторов (табл. 4.1). Следует отметить, что уровни варьирования силы тока наплавки не могут быть расширены вследствие оплавления торцев кулачка, либо плохого формирования наплавляемого слоя в случае снижения силы тока.

Таблица 4.1 - Уровни варьирования факторов

Наплавляемый участок	Наименование фактора	Обозначение фактора	Единица измерения	Интервал варьирования	Уровни		
					-	0	+
Вершина кулачка	Ток	X_1	А	15	150	165	180
	Скорость	X_2	$\cdot 10^{-3}$ м/с	0,25	1,07	1,32	1,57
	Расход порошка	X_3	кг/ч	0,12	0,48	0,60	0,72
Цилиндрическая часть	Ток	X_1	А	15	170	185	200
	Скорость	X_2	$\cdot 10^{-3}$ м/с	0,18	1,26	1,44	1,62
	Расход порошка	X_3	кг/ч	0,12	0,36	0,48	0,60

В полном факторном эксперименте постоянными оставались следующие параметры:

1. Напряжение сжатой дуги – 35 В;
2. Диаметр плазмообразующего сопла – $4,0 \cdot 10^{-3}$ м;
3. Расход плазмообразующего газа (аргона) – 1,5.. 2 л/мин;
4. Расход защитного газа (аргона) – 6...8 л/мин;
5. Расстояние от сопла плазмотрона до детали – $(8...10) \cdot 10^{-3}$ м;
6. Амплитуда колебаний – $(15...16) \cdot 10^{-3}$ м;
7. Частота колебаний – 30...40 мин⁻¹.

Эксперименты проводили на кулачках распределительных валов. В качестве наплавочного материала использовали порошковую смесь ПГ-ФБХ6-2+2...5% алюминия.

В соответствии с выбранным планом было проведено рандомизирование. Каждый опыт повторяли три раза. Результаты экспериментов представлены в табл. 2. Обработка результатов проведена в известной последовательности:

1. Рассчитана дисперсия опыта, проверена однородность ряда дисперсий.
2. Рассчитаны коэффициенты регрессии.

3. Проведена проверка статистической значимости коэффициентов регрессии.

4. Проведена проверка адекватности модели.

Уравнения регрессии адекватно описывают исследуемый процесс и имеют вид:

- для вершины кулачка:

$$Y = 1,66 + 0,09X_1 - 0,13X_2 + 0,14X_3 + 0,08X_2X_3; \quad (4.1)$$

- для цилиндрической части:

$$Y = 1,06 + 0,114X_1 - 0,326X_2 + 0,211X_3. \quad (4.2)$$

Анализируя уравнения (4.1 и 4.2), можно отметить, что наибольшее влияние на толщину наплавленного слоя в выбранных интервалах варьирования оказывают скорость наплавки и расход порошка. В меньшей степени влияют ток наплавки и совместное действие скорости и расхода порошка. В уравнении регрессии для цилиндрической части коэффициент от совместного действия этих факторов статистически незначим. Наиболее оптимальными являются режимы в 7-й строке табл. 4.2 как для вершины кулачка, так и для цилиндрической части.

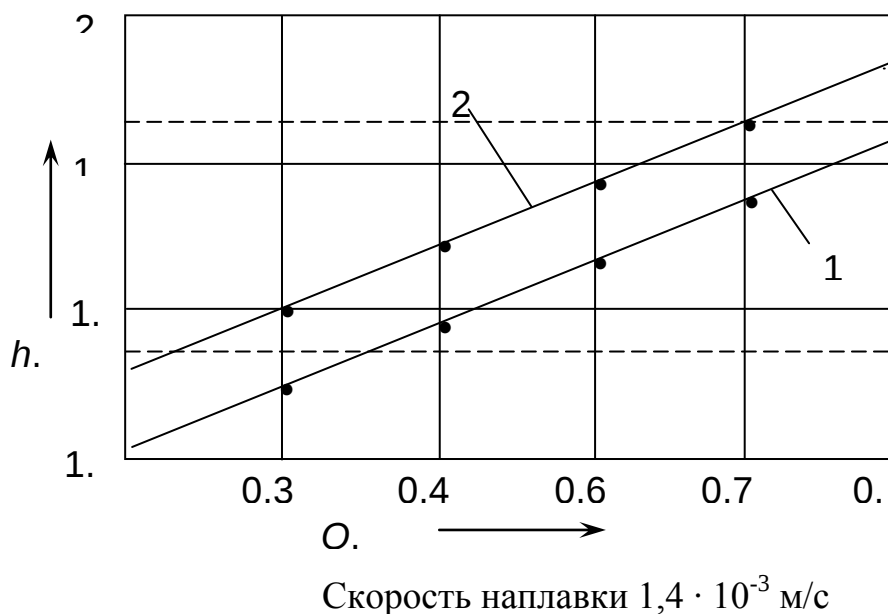
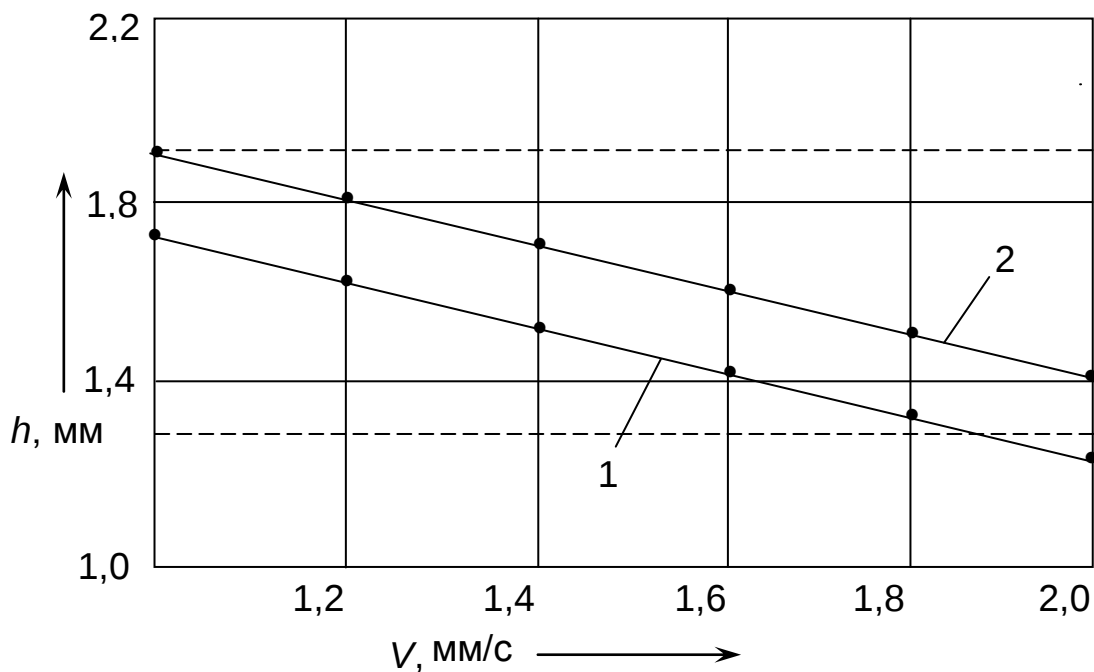


Рисунок 4.1 - Зависимость толщины наплавленного слоя на вершине кулачка от расхода порошка. 1 – $I=150$ А; 2 – $I=180$ А



Расход порошка 0,6 кг/ч

Рисунок 4.2 - Зависимость толщины наплавленного слоя на вершине кулачка от скорости наплавки.

1 – $I=150$ А; 2 – $I=180$ А

Таблица 4.2 - План и результаты полного факторного эксперимента 2^3

№ опыта	Уровень фактора			Для вершины кулачка			Для цилиндрической части		
	X_1	X_2	X_3	Среднее значение параметра оптимизации $\bar{Y}_i$	Дисперсия средняя S_{yi}^2	Расчетное значение параметра оптимизации $Y_i^{расч}$	Среднее значение параметра оптимизации $\bar{Y}_i$	Дисперсия средняя S_{yi}^2	Расчетное значение параметра оптимизации $Y_i^{расч}$
1	-	-	-	1,65	0,0028	1,64	1,03	0,0108	1,06
2	+	-	-	1,78	0,0039	1,82	1,20	0,0202	1,29
3	-	+	-	1,23	0,0028	1,22	0,39	0,0458	0,41
4	+	+	-	1,40	0,0038	1,40	0,77	0,0187	0,64
5	-	-	+	1,77	0,0013	1,76	1,56	0,0051	1,48
6	+	-	+	1,92	0,0063	1,94	1,75	0,0469	1,71
7	-	+	+	1,60	0,0112	1,66	0,80	0,0039	0,83
8	+	+	+	1,89	0,0111	1,84	0,97	0,0101	1,06

Для практических расчетов уравнение регрессии более удобно в преобразованном виде. Переход от кодированных значений к натуральным осуществляется по следующим формулам:

$$X_1 = (I - I_0) / \Delta I; \quad (4.3)$$

$$X_2 = (V - V_0) / \Delta V; \quad (4.4)$$

$$X_3 = (Q - Q_0) / \Delta Q, \quad (4.5)$$

где I_0 , V_0 , Q_0 – натуральные значения независимых переменных на основных уровнях;

ΔI , ΔV , ΔQ – значение интервалов варьирования.

В результате экспериментальных исследований получена математическая модель оптимизации ($h \rightarrow h_{\text{опт}}$) режимов плазменной наплавки фасонных поверхностей вида:

$$\begin{cases} h = 2,768 + 0,006I - 2,12V + 0,314Q, [\text{мм}] - \text{для вершины кулачков} \\ h = 1,418 + 0,0076I - 1,811V + 1,758Q, [\text{мм}] - \text{для цилиндрической части} \end{cases} \quad (4.6)$$

Выводы:

1. Данная математическая модель (см. формулу 4.6) позволяет решать прямые и обратные задачи – определять (находить) значения критерия оптимизации (толщины наплавляемого слоя) по выбранным факторам или факторы по выбранным другим параметрам и заданному критерию оптимизации.

2. Полученные зависимости дают возможность оценить технологическую эффективность процесса плазменной наплавки и управлять выходными параметрами для получения износостойких покрытий.

4.4 Технология восстановления распределительных валов. Технология наплавки. Выбор режимов наплавки

Распределительные валы работают в условиях знакопеременных нагрузок. Для их восстановления наиболее рационально применять порошковые твёрдые сплавы. Для большинства кулачков требуется наплавить только верхушку. Однако при значительных износах кулачки наплавляют по профилю и затем шлифуют под номинальный размер. Наплавку выполняют с помощью копировального

устройства, смонтированного на токарном станке. Для плавного регулирования скорости наплавки станок приводится в движение от источника постоянного тока. В качестве наплавочных материалов для наплавки кулачков стальных распределительных валов используются порошковые сплавы ПГ-СР4+3%А1, ПГ-ФБХ6-2+6%, ПГ-С1+6%А1. Кулачки чугунных валов наиболее целесообразно наплавлять порошковым сплавом ПГ-СР4+5%А1. Толщин слоя наплавки на вершину кулачка 1,3-1,6 мм, на цилиндрическую поверхность 0,4-0,6 мм. При наплавке сплавов на железной основе (ПГ-ФБХ6-2+6%А1, ПГ-С1+6%А1) на кулачки распределительных валов, изготовленных из стали, в качестве транспортирующего газа можно применять азот. Обработка кулачков, восстановленных порошковыми сплавами ПГ-СР4 с твёрдостью покрытия $HRC_3 = 45...50$ производится шлифовальными кругами из электрокорунда ЭБ16-25С1Б, ЭБ16-25С1К, зернистостью 16-25, средней твёрдости С1 на бакелитовой или керамической связке. Обработка кулачков, восстановленных порошковыми сплавами на основе железа, производится шлифовальными кругами из карбида кремния чёрного или карбида кремния зелёного, зернистостью 16-25, средней твёрдости С1, на керамической связке.

Режимы плазменной наплавки для восстановления распределительных валов двигателей ЯМЗ-238 принимаются из книги Сидорова А.И. "Восстановление деталей машин напылением и наплавкой". Здесь предоставлены режимы наплавки. В процессе наплавки постоянными параметрами оставались расход плазмообразующего газа 1,2 – 2 л/мин, транспортирующего газа 7 – 9 л/мин, частота колебаний плазмотрона 0,4 – 0,5 Гц; расстояние от плазмотрона до детали 9 – 12 мм.

$T_{п.з}$ - подготовительно-заключительное; $T_{п.з}=15$ мин;

n - количество наплавляемых деталей в партии.

Исходя из этих данных, определяется норма времени на наплавку (см. формулу 4.12):

$$T_H = 4,7 + 0,54 + 0,12 + 15 / 20 = 6,11 \text{ мин.}$$

4.5.2. Токарная обработка

$$T_H = T_{ОСН} + T_{ВСП} + T_{ДОП} + \frac{T_{п.з}}{n}, \text{ мин}$$

$$T_{OCH} = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i, \text{ мин} \quad (4.13)$$

где: L – расчётная длина обработки в направлении подачи, мм;

n – частота вращения, мин^{-1} ;

S – подача, мм/об.

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3, \text{ мм} \quad (4.14)$$

$$L = 70 + 0,8 + 9 + 5 + 1 = 79,8 \text{ мм}$$

Частота вращения определяется как:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (4.15)$$

$$T_{OCH} = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i, \text{ мин},$$

$$T_{OCH} = \frac{79,8}{20 \cdot S}; \quad T_{OCH} = 5,4 \text{ мин},$$

$$T_H = 5,4 + 0,54 + 0,12 + 10 / 20 = 6,56 \text{ мин}.$$

4.6 Выбор наплавочного порошка, плазмообразующего и транспортирующего газов

Наплавка деталей производится износостойкими присадочными металлами, отличными по составу и структуре от основного металла. В этом случае для уменьшения деформаций и предупреждения трещин следует стремиться к тому, чтобы зона плавления была минимальной и достаточно прочной, по пластичной структурной, способной к релаксации напряжения. В большинстве случаев при восстановлении деталей наплавку изношенных поверхностей осуществляют твёрдыми порошковыми сплавами, обладающими высокой износостойкостью. Однако эти сплавы не обеспечивают в зоне сплавления достаточной прочности из-за об-

разования хрупких прослоек. Поэтому нередко для восстановления деталей, работающих со знакопеременными нагрузками, используется наплавочный материал с меньшим пределом прочности, менее износостойкий, но более пластичный. Выбор высоколегированных порошковых твёрдых сплавов объясняется не только их высокой износостойкостью, но и особыми свойствами, характерными для дисперсных частиц. По сравнению с монолитными проволоками температура плавления их ниже, они имеют более высокую удельную поверхность и их добавление к проволокам значительно увеличивает химическую активность протекания реакций в сварочной ванне, что способствует снижению температуры формирования лучшему протеканию процесса.

Порошковые твёрдые сплавы по износостойкости в 1,5 раза превосходят традиционно применяемые наплавочные материалы (износостойкие электродные проволоки, порошковые проволоки, ленты). Восстановление с их использованием детали обычно имеют ресурс выше новых.

При плазменной наплавке применяют порошковые твёрдые сплавы на никелевой (ПР-Н70Х17С4Р4, ПР-Н77Х15С3, ПР-Н73Х16С3Р3) и на железной (ПГ-С27, ПГ-УС25, ПГ-ФБС6-2, ПГ-С1) основе. Твёрдость первых составляет $HRC_3 = 35-58$, вторых $HRC_3 = 42-60$. Грануляция порошков для наплавки должна быть не менее 100 мкм, так как мелкие частицы в более значительной степени окисляются и выпадают, кроме того, они забивают сопло плазмотрона. Для наплавки крестовин были отобраны следующие твёрдые сплавы на железной основе: УС-25, сормайт-1, ФБХ-6-2+3%Al, ПГ-СП4+3%Al. Эти сравнительно недорогие и износостойкие сплавы в достаточном количестве выпускаются нашей промышленностью. Однако известно, что твёрдые сплавы обладают значительной хрупкостью и при наплавке часто образуются трещины. Добавление 8% по весу порошкового алюминия в сплавы сормайт-1, УС-25, способствует устранению трещин в наплавочных слоях. Добавка алюминия не снижает износостойкости наплавленных слоев, а наоборот, наблюдается некоторое повышение их.

Плазменную наплавку рационально применять для восстановления распределительных валов с использованием в качестве присадочного материала порошковых твёрдых сплавов на железной и на никелевой основе. В качестве газов для

плазмообразования используется аргон с расходом 1,5-2 л/мин. Для транспортирования порошка в сварочную ванну и её защиты могут применяться аргон, расход 6-10 л/мин, и азот 10-16 л/мин. В случае применения аргона качество наплавки, как правило, высокое. Но для распределительных валов, главным образом, посадочных мест, наиболее целесообразно использовать дешёвый азот, применение которого при наплавке порошками на железной основе с обязательным добавлением к последним в процентах по весу порошкового алюминия позволяет получить износостойкие покрытия высокого качества. Химический состав порошков приведён в таблице 4.5.

Таблица 4.5 - Химический состав хромоникелевых порошков и порошков на железной основе

Марка	никель	углерод	хром	кремний	бор	железо	марганец	вольфрам	молибден
хромоникелевые порошки									
ПР-Н77Х15СЗР2	Основа	0,35 – 0,8	14 – 16	2,8 – 3,5	1,8 – 2,3	до 5	—	—	—
ПР-Н73Х16СЗР3	Основа	0,6 – 0,9	15 – 17	2,7 – 3,7	2,3 – 3,0	до 5	—	—	—
ПР-Н77Х17С4Р4	Основа	0,8 – 1,2	16 – 18	3,8 – 4,5	3,1 – 4,0	до 5	—	—	—
ПР-Н67Х18С5Р5	Основа	0,9 – 1,5	16 – 19	4,0 – 5,0	4,0 – 4,7	до 5	до 1	—	—
порошки на железной основе									
ПГ-С27	2 – 4	3,3 – 4,5	25 – 28	1,0 – 2,0	—	Основа	0,8 – 1,5	0,2 – 0,4	0,08
ПГ-СР4	3 – 5	3,1 – 4,3	27 – 31	1,0 – 3,0	—	Основа	0,5 – 1,3	0,4 – 0,7	0,15
ПГ-С1	3 – 5	2,5 – 3,3	32 – 37	2,8 – 4,2	—	Основа	0,4 – 1,5	0,4 – 1,5	—
ПГ-ФБХ-6-2	1,3 – 2,5	3,5 – 6,5	32 – 37	1,0 – 2,5	1,3 – 2,0	Основа	0,4 – 1,5	1,5 – 4,0	—
ПГ-УС25	1,0 – 1,8	4,4 – 5,4	35 – 41	1,6 – 2,6	< 2,5	Основа	—	—	—

Таблица 4.6 - Наплавка различными порошковыми композициями

Состав порошковых композиций	Сила тока, А	Защитный газ	Твердость	Характер наплавленного металла
1	2	3	4	5
ПГ-CP2	140	Аргон	38-42 HRC ₉	Формирование слоев удовлетворительное; на поверхности наблюдаются отдельные раковины; в зоне сплавления – поры
ПГ-CP2(95%)+Al (5%)	110 – 15	CO ₂	36-42 HRC ₉	Слой формируется плохо
ПГ-CP2(95%)+Al (5%)	140	Аргон	36-40 HRC ₉	Формирование слоев хорошее, имеются отдельные поры
ПГ-CP2(95%)+Al (5%)	145	Аргон	HB 250-270	Качество наплавки неудовлетворительное; имеются раковины, поры
ПГ-CP2(60%)+Cu (40%)	150	Аргон	36-40 HRC ₉	Качество наплавки удовлетворительное
ПГ-C1(90%)+Al (10%)	155	Аргон	48-52 HRC ₉	Качество наплавливаемых слоев удовлетворительное; имеются единичные поры
ПГ-C1(90%)+Al (10%)	115	CO ₂	46-50 HRC ₉	Качество наплавки высокое
ПГ-C1(60%)+Al (10%)+Cu (30%)	115	CO ₂	48-50 HRC ₉	Качество наплавки хорошее. В наплавленном покрытии видно два отдельных слоя: сверху медь внизу сормат-1
Cu (70%)+Al (10%)+ПГ-C1(20%)	115	CO ₂	27-32 HRC ₉	Качество наплавки хорошее. В наплавленном покрытии видно два отдельных слоя: сверху медь внизу сормат-1

Продолжение Таблицы 4.6

1	2	3	4	5
Cu (70%)+Al (10%)+ПГ-С1(20%)	115	Аргон	НВ 190-220	Качество наплавки неудовлетворительное
ПГ-С1(96%)+FeSi(2%)+FeMn(2%)	110	CO ₂	48-52 HRC _Э	Качество хорошее, пор нет
Cu(100%)	160	Аргон	НВ 180-200	Качество неудовлетворительное
Cu(100%)	120	CO ₂	НВ 170-190	Качество удовлетворительное; поверхность наплавки грубая
Сплав ЛГС (95%), Al(5%)	160	Аргон	38-42 HRC _Э	Качество плохое; сплошные поры
НПЧ(100%)	140	Аргон	НВ 180-210	Качество неудовлетворительное; сплошного формирования слоя по ширине не происходит
НПЧ(100%)	110	CO ₂	НВ 175-200	Качество удовлетворительное, но наплавленная поверхность грубая
НПЧ(95%), Al(5%)	110	CO ₂	НВ 180-230	Качество удовлетворительное
НПЧ(50%)+ПГ-С1(48%)+Al(2%)	155	Аргон	36-40 HRC _Э	Качество неудовлетворительное; много пор
НПЧ(50%)+ПГ-С1(48%)+Al(2%)	115	CO ₂	32-38 HRC _Э	Качество удовлетворительное, поверхность наплавки грубая
НПЧ(60%)+Cu(30%)+Al(10%)	115	CO ₂	НВ 190-200	Качество хорошее; пор нет
НПЧ(60%)+Cu(30%)+Al(10%)	135	Аргон	НВ 190-220	Качество неудовлетворительное
НПЧ(40%)+Al(20%)+ПГ-С1(40%)	140	Аргон	38-40 HRC _Э	Качество неудовлетворительное

4.7 Порядок работы на установке

В данном пункте проекта рекомендуется следующий порядок работы на установке для плазменной наплавки распределительных валов.

1. Засыпать просушенный присадочный порошок в бачок питателя.
2. Закрепить распределительный вал в центрах станка и установить плазменную горелку на требуемую высоту.
3. Открыть вентили баллонов и с помощью редукторов установить требуемое давление газов, подаваемых к пульту управления.
4. Включить подачу воды и убедиться, что она проходит через горелку и сливается в канализацию.
5. Включить в сеть пульт управления.
6. Включить токарный станок, зачистить металлической щёткой или наждачной шкуркой место наплавки и установить необходимую скорость вращения детали и шаг наплавки.
7. Установить ток дежурной и прямой дуг.
8. Включить местную вентиляцию.
9. Включить источник тока.
10. Открыть вентиль подачи плазмообразующего и транспортирующего газов, манометром и ротаметром установить их соответствующий расход.
11. С помощью тумблера включить пульт управления.
12. Нажатием кнопки "Пуск" пульта управления включить двигатель порошкового питателя, установить необходимый расход наплавочного порошка.
13. Тумблером, расположенным на пульте управления, включить двигатель порошкового питателя.
14. Включить колебательный механизм и отрегулировать частоту колебаний.
15. Включить контактором или рубильником прямую дугу, начать наплавку и в случае необходимости с помощью реостатов откорректировать ток.
16. Включить продольную подачу станка.

По окончании наплавки необходимо:

- выключить установку.
- отключить подачу порошка.
- отключить подачу в горелку всех газов.
- выключить контактор, включающий прямую дугу.
- выключить колебатель горелки.
- снять распределительный вал.

4.8 Тепловые процессы в токарных станках при реализации наплавки

При работе данного токарного станка 16K20 в его опорах выделяется теплота трения, которая частично рассеивается в окружающую среду, а частично нагревает станок. Большое внимание я хочу уделить температурным деформациям этого станка, описывать эти явления и указать на то, что тепловые смещения шпинделя сильно влияют на точность токарного станков. В основном ось шпинделя в процессе разогрева станка перемещается в пространстве на несколько десятков микрометров, что превышает на один-два порядка точность изготовления детали. Для выяснения данной проблемы были проведены экспериментальные исследования [16].

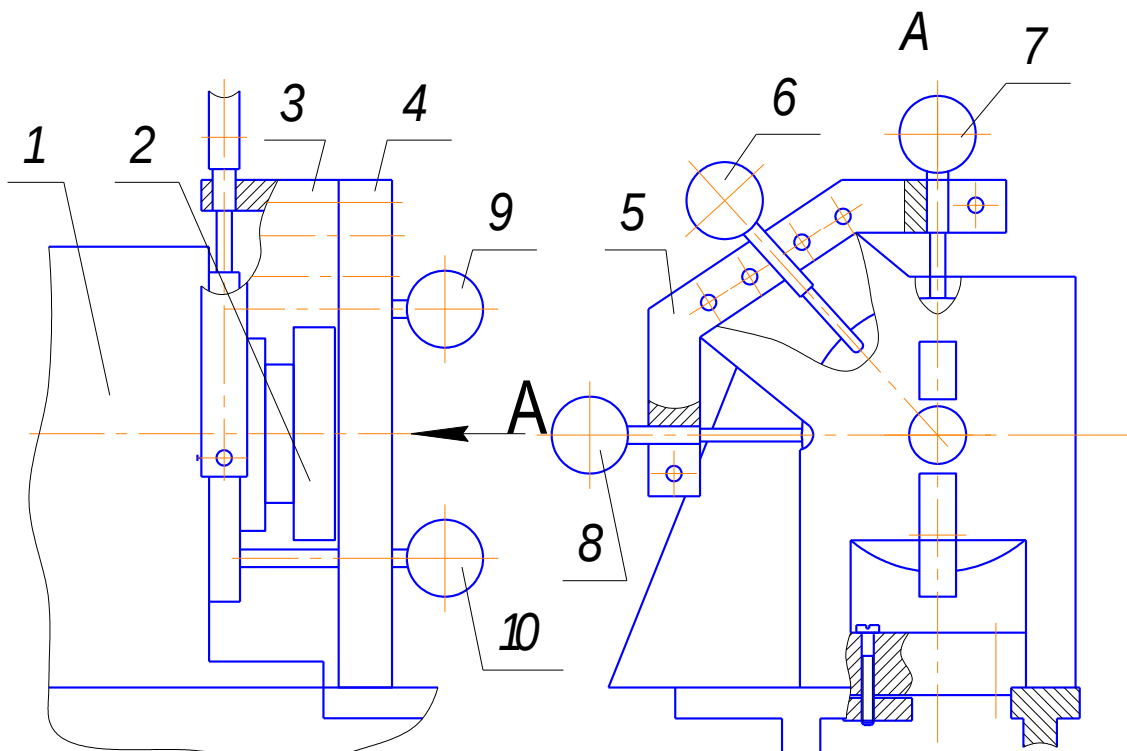


Рисунок 8 - Схема экспериментальной установки

На станине токарного станка устанавливали стойку 4, которая через проставку 3 соединялась с державкой 5. В державки устанавливали три индикатора часового типа с точностью измерений 1мкм. Наконечники индикаторов взаимодействуют с крышкой, которая закрывает переднюю опору шпинделя 2 шпиндельной бабки 1 токарного станка. Индикаторы 6-8 были установлены таким образом, чтобы индикатор 7 измерял смещение крышки в вертикальной плоскости (ось Y), индикатор 8 - в горизонтальной плоскости (ось X) и индикатор 6 – в продольном направлении станка (ось Z).

В процессе испытаний выяснилась необходимость установки еще двух индикаторов 9 и 10, которые располагались по вертикальной оси Y, для фиксирования перекоса крышки шпиндельной бабки 1 в вертикальной плоскости. Для этого в предварительно просверленные отверстия в корпусе шпиндельной бабки устанавливали терморезисторы.

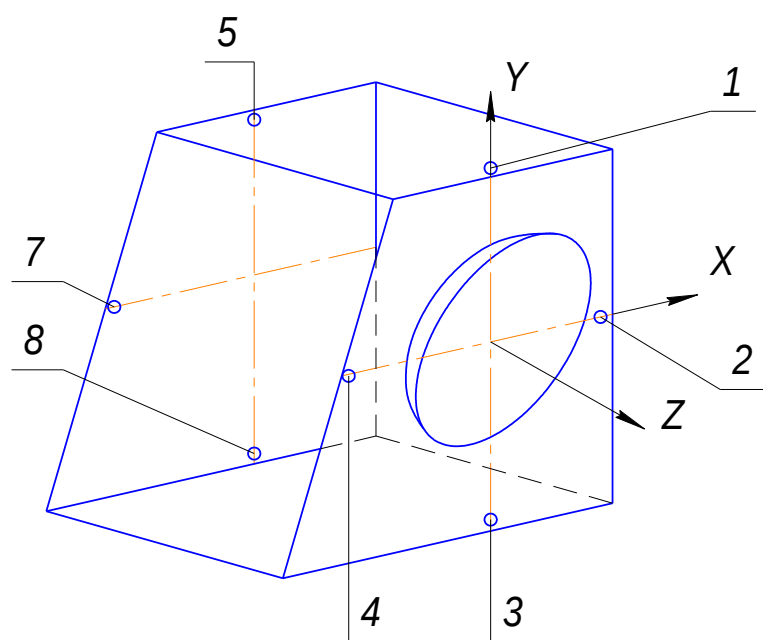


Рисунок 9 - Схема установки терморезисторов

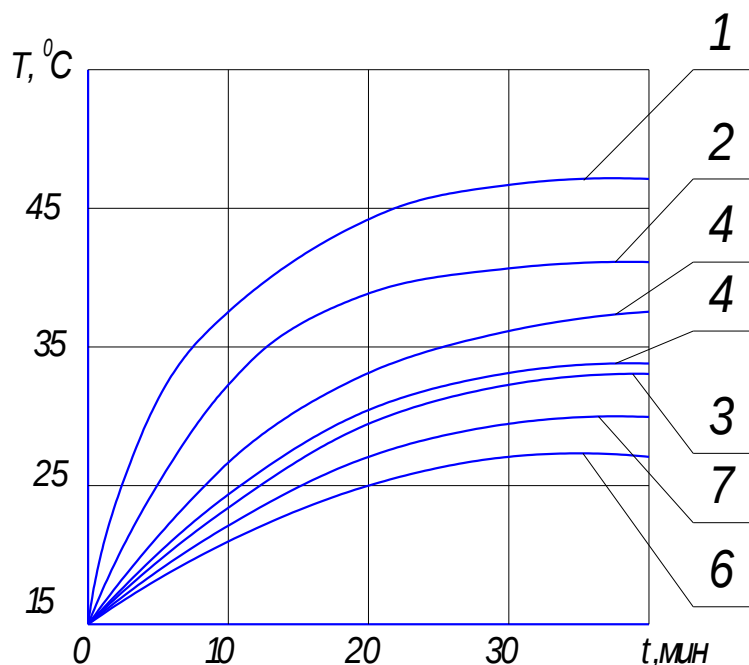


Рисунок 10 - Схема кривых изменений температуры

Результаты эксперимента представлены на рисунках 8, 9 и 10. На рисунке 8 с момента включения холодного станка до выхода его на установившийся тепловой режим при частоте вращения шпинделя $n=10000$ об/мин. Время выхода на установившийся тепловой режим по всем датчикам не превышает $t=40$ мин. На рисунке 10 видно, что температура во всех точках измеряется строго взаимосвязано. Это означает, что любая точка корпуса шпиндельной бабки характеризует общее его тепловое состояние. Максимальная температура наблюдалась в точке 1. Это объясняется тем, что верхняя стенка шпиндельной бабки отдает тепло только в окружающую среду. Минимальная температура была зафиксирована в точке 6. Это объясняется тем, что от нижней стенки корпуса шпиндельной бабки интенсивно отводится тепло в станину станка. Температура передней стенки шпиндельной бабки выше температуры задней стенки. Так, температура в точке 1 выше, чем в точке 5, в точке 4 выше, чем в точке 7, а в точке 3 выше, чем в точке 6. Это объясняется тем, что в передней опоре шпинделя токарного станка установлены два радиально-упорных подшипника, а в задней опоре – только один радиально-упорный подшипник. Максимальная разница температур (около 20°C) была зафиксирована между точками 1 и 6. Исследования теплового состояния шпиндельной бабки при работе станка на разных частотах вращения шпинделя показыва-

ли, что разность температур в точке 6 при работе станка а частотой вращения шпинделя $n=500$ и 1600об/мин составила около 23°C .

Обработка экспериментальных данных показала, что максимальное перемещение оси шпинделя, измеренное индикатором 8 (см. рисунок 8), не превышает $1\div 2$ мкм. Это подтверждает тем, что разность температур между точками 2 и 4 (см. рисунок 9) не превышает 4°C . Максимальное перемещение 49 мкм зафиксировано индикатором 7 при частоте вращения шпинделя $n=1000\text{об/мин}$.

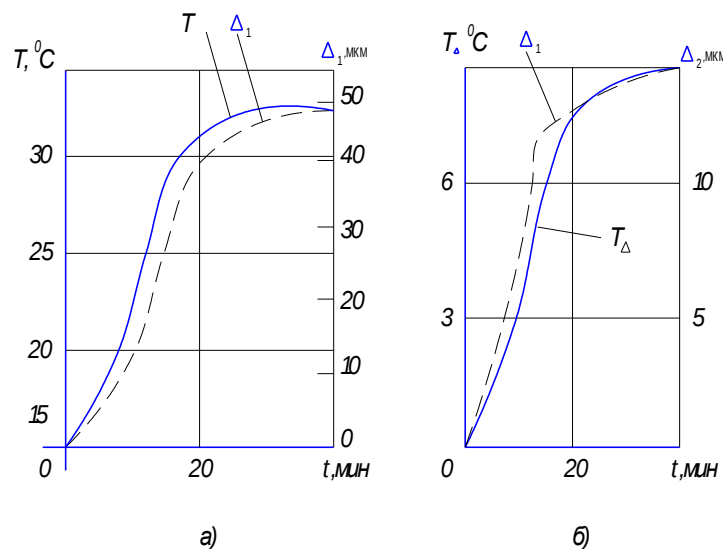


Рисунок 11 - Схема изменения температуры при разогреве станка

На рисунке 11а показаны изменение температуры T в точке 3 при разогреве станка и перемещение Δ_1 оси шпинделя по оси Y . Из рисунке 11а видно, что обе кривые проходят на близком расстоянии друг от друга, при этом заметно некоторое отставание во времени перемещения Δ_1 от температуры T .

Рассмотрим влияние смещения оси шпинделя на показатели точности в плоскости, перпендикулярной к оси детали. Выше отмечалось, что передняя стенка корпуса шпиндельной бабки нагревается больше, чем задняя. Средняя температура передней стенки корпуса шпиндельной бабки при частоте вращения шпинделя $n=1000\text{об/мин}$ составляет 39°C , в то время как средняя температура задней стенки 30°C . При этом нижний индикатор 10(см. рисунке 8) показал перемещение на 15 мкм больше по сравнению с показателями верхнего индикатора 9. На рисунке 11б показаны две кривые:

$\dot{O}_{\Delta} = \dot{O}_{i\ddot{a}\ddot{a}} - \dot{O}_{\zeta\ddot{a}\ddot{a}}$ - изменение разности средних температур передней и задней стенок корпуса шпиндельной бабки во времени; Δ_2 - поворот торцовой поверхности фланца шпинделя. Обе кривые расположены довольно близко одна к другой. Таким образом, в результате неравномерного нагрева передней и задней стенок корпуса шпиндельной бабки фланец шпинделя поворачивается в плоскости YOX . Однако это смещение не влияет на показатели точности в торцовом сечении, так как оно происходит только по оси X , которая проходит через вершину резца.

Если бы наблюдался поворот фланца шпинделя относительно оси Y , то биение торцовой поверхности обрабатываемой детали определялось бы по формуле:

$$\Delta_a = R \times \frac{l}{b + a + k}, \quad (99)$$

где R – радиус обработки детали, на котором определяется биение;

l – смещение оси шпинделя по оси X ;

b – расстояние между опорами шпинделя;

a – длина консольной части шпинделя;

k – расстояние от торца обрабатываемой детали до торца шпинделя.

Из формулы видно, что значение Δ_a будет во многом зависеть от наружного диаметра детали.

При обработке длинных деталей тепловое смещение оси шпинделя по оси Y практически не влияет на образование конусности, а смещение по оси X будет вызывать образование конусности соответствующей величины.

Таким образом, смещение оси шпинделя при выходе станка на установившийся тепловой режим по оси Y не влияет на регламентированные показатели точности, и только смещение по оси X приводит к возникновению погрешностей размеров, формы и взаимного расположения

обработанных

поверхностей. Поэтому при конструировании необходимо принимать конструктивные решения, направленные на ограничение перемещения оси шпинделя по оси X .

5 Управление качеством продукции

Понятие управление качеством трактуется как часть менеджмента качества, сфокусированная на выполнении требований качества. То есть это действия, использующие методы и виды деятельности оперативного характера в целях удовлетворения требований к качеству. А улучшение качества — как часть менеджмента качества, сфокусированная на увеличении его эффективности и продуктивности. Улучшению качества способствуют мероприятия, предпринимаемые внутри и вне организации с целью повышения эффективности и результативности деятельности и процессов для получения выгоды, как для организации, так и для ее потребителей. Приняв данную терминологию, рассмотрим принципы управления качеством.

Принцип целенаправленности определяет необходимость иметь четкую цель в области качества. Ведущие специалисты в области качества уверены, что экономика находится на стыке конкуренции двух концепций: качества и цены. При этом явным победителем на мировых рынках все чаще становится качество. Это приводит к тому, что в стратегических целях современных организаций акцент делается на качество, обеспечивающее низкую себестоимость продуктов труда и повышенные возможности ценовых маневров фирмы на рынках сбыта.

Начальной общей функцией любого управления является планирование. Поэтому значение принципа плановости в управлении качеством очевидно. Планирование качества — часть менеджмента качества, сфокусированная на установлении и интерпретацию политики качества, целей качества и требований качества и специфицирующаяся (детально определяющая), как это будет достигнуто. Следовательно, планирование качества в первую очередь связано с выработкой и принятием решения в области качества.

Этот принцип требует применения методов планирования и прогнозирования, методов оптимизации на основе альтернативных вариантов решений, системного анализа.

Принцип системности определяет системный подход к обеспечению качества. Учитывая значение принципа системности, остановимся на нем подробнее. Как известно, система управления — это система для установления политики и

целей, а также для достижения этих целей. Концепция системы управления качеством основывается на целом ряде специфических положений, “приземленных” к задачам предприятия в области качества с учетом конкретного потребителя.

Система качества должна однозначно определять такие взаимосвязанные аспекты, как потребности и интересы предприятия, запросы потребителей.

Данный принцип, определяющий сущность системы качества, устанавливает систему качества как организационную структуру предприятия, распределение по ней соответствующей ответственности и полномочий, а также процедуры, процессы и работы, обеспеченные необходимыми ресурсами (материальными, трудовыми) для осуществления общего руководства качеством.

Следовательно, созданная на конкретном предприятии система качества является средством реализации руководством предприятия определенной политики и достижения поставленных целей в области качества продукции.

Принцип комплексности в управлении качеством имеет особое значение, так как сегодня решить проблему обеспечения качества можно, только уделяя внимание всем аспектам, от которых она зависит.

Комплексный подход к управлению качеством предусматривает, с одной стороны, учет влияния всех компонентов разработки и технологической цепочки создания продукции, а с другой — управление функциональным качеством системы качества должна воздействовать на большое число факторов.

Требования комплексного подхода при управлении качеством должны строго выполняться при создании системы управления качеством организации.

На основании рассмотренных принципов управления качеством и основных требований для их реализации можно сделать важнейший вывод о том, что система качества входит органической частью в систему управления предприятием, т.е. функционирует одновременно со всеми остальными видами его деятельности и взаимодействует с ними. Именно это обеспечивает единство количественных и качественных аспектов производства

Обязанности менеджеров по управлению качеством:

1. Как постоянную задачу установить непрерывное повышение технического и функционального качества.
2. Принять установку на абсолютную недопустимость дефектов (в мате-

риалах, продукции, квалификации персонала).

3. Исключить зависимость от массового контроля.
4. Прекратить заключать контракты, руководствуясь только низкой ценой.
5. Обнаруживать проблемы и устранять их до проявления.
6. Обучать всех работников, в том числе администрацию.
7. Внедрять новые методы руководства: менеджеры, мастера и контролеры — не судьи, а учителя, помощники.
8. Изгонять страх.
9. Разрушать барьеры между отделами.
10. Отбросить лозунги и призывы, не подкрепленные действиями и средствами.
11. Применение количественных оценок — разрушительно для личности.
12. Устранять препятствия, которые лишают работников организации права гордиться своей работой.
13. Разработать всеобщую программу повышения квалификации и создать условия для совершенствования каждого.
14. Четко устанавливать обязательства руководства высшего уровня в области качества.

Качество закладывается в кабинете руководителя. Высшее руководство любой эффективно действующей фирмы формулирует политику в области качества — основные направления, цели и задачи в области качества. Решение задачи постоянного повышения качества не должно им перепоручаться подчиненным.

Руководитель организации обязан, прежде всего, сделать свое управление всесторонне обоснованным. Это значит, что он должен прекрасно понимать цели деятельности своей организации, обосновывать ее политику в области качества и создавать планы по достижению поставленных задач таким образом, чтобы его подчиненные работали с сознанием собственного достоинства и получали от работы удовлетворение. Как с нравственной, так и с практической точки зрения жизненно необходимо, чтобы управляющие стремились к производству продукции наивысшего качества при наименьших ценах посредством эффективной системы менеджмента качества и использования производственного потенциала в

соответствии с общими интересами экономики и в целях повышения благосостояния всего общества.

Система качества предназначена для обеспечения поддержания стандартов и технических условий на изделие путем инспекции и оценки процессов на всех этапах производства. Коллектив цеха должен обеспечить определение и удовлетворение необходимых инспекционных требований на всех этапах производства. Требования, предъявляемые к изготавливаемой продукции, обуславливают высокий технический уровень разработки и производства, высокую квалификацию производственного персонала цеха. Для формирования квалифицированного персонала проектируемого цеха проводятся в соответствии с программой по обучению персонала:

- обучение рабочих, специалистов и руководителей на курсах повышения квалификации;
- выезд руководителей и специалистов для обучения и знакомства с опытом зарубежных фирм;
- обучение специалистов в высших учебных заведениях за счет средств завода;
- заключение договоров с высшими учебными заведениями о целевой подготовки молодых специалистов.

Цех должен располагать необходимым обученным персоналом, способным осуществлять полный контроль качества на всех стадиях производства продукции. Коллективу цеха должны быть всегда присущи объективная оценка экономических и технических возможностей производства, чувство ответственности за конечные результаты работы, соблюдение законодательства во всех областях деятельности, выпуск продукции, соответствующей требованиям стандартов, технических условий и особым требованиям заказчика и пользующейся повышенным спросом.

Руководство по качеству, стандарты предприятия, комплексные планы по качеству, положения о подразделениях, должностные инструкции работников, технологические и рабочие инструкции по изготовлению и эксплуатации продукции, ресурсы, процессы, организационная структура представляют собой систему качества цеха и предприятия в целом

Современная культура организации способствует повышению инициативы работников в области улучшения качества. Наиболее эффективный и массовый метод активизации человеческого фактора — кружки качества. Кружки качества призваны решать одновременно две задачи:

- массовое обучение работников предприятия конкретным методам и приемам повышения качества продукции;
- использование творческих способностей людей для решения проблем производства.

Зарубежный опыт показывает, что для успешной работы кружков качества нужна система обеспечивающих мероприятий, включающая:

- поддержку первого руководителя. Ему отводится особая роль в организации всей деятельности по обеспечению качества продукции на предприятии. Без внимания директора к кружкам качества невозможно их успешное функционирование, наступает спад активности, первоначальный энтузиазм затухает;
- инженерное обеспечение — создание производственных условий, помощь в выборе тематики, обучение приемам работы, творческий поиск решений; активная работа “штабов кружков качества”, координационных советов по всем уровням управления на фирме;
- систему сбора, рассмотрения и внедрения предложений кружков, контроль за этим процессом со стороны администрации;
- систему обмена передовым опытом как внутри предприятия, так и в региональном, отраслевом и общенациональном масштабе;
- систему поощрений (и не только материальных) — призы лучшим кружкам, поощрительные поездки и т.д.

Надо стремиться к неформальному объединению людей с психологической совместимостью, с учетом возраста, интересов, квалификации. Наилучшие результаты достигаются тогда, когда в кружок качества входит от 5 до 15 человек, работающих на одном производственном участке и связанных одним технологическим циклом. Если в кружке слишком мало (менее 5 человек) или слишком много (более 15 человек) участников — работа менее эффективна.

По мнению основателя и теоретика управления, качеством в Японии Исикава Каору, для организации таких кружков необходимо следовать определенным

принципам:

1. Принципу добровольности.
2. Принципу саморазвития.
3. Принципу групповой деятельности.
4. Принципу применения статистических методов управления Принципу применения статистических методов управления качеством.
5. Принципу взаимосвязи с рабочим местом.
6. Принципу деловой активности и непрерывности функционирования
7. Принципу взаимного развития.
8. Принципу поддержания атмосферы новаторства и творческого поиска.
9. Принципу всеобщего участия в конечном итоге.
10. Принципу осознание важности повышения качества продукции.
11. Принципу взаимосвязи с рабочим местом.
12. Принципу деловой активности и непрерывности функционирования
13. Принципу взаимного развития.
14. Принципу поддержания атмосферы новаторства и творческого поиска.
15. Принципу всеобщего участия в конечном итоге.
16. Принципу осознание важности повышения качества продукции.

В связи с постоянно изменяющимися вкусами, потребностями людей и появлением новых технологий от руководителей организаций требуется постоянная перестройка самосознания и ориентировок, которые в самом общем виде могут быть сформулированы так:

- Прежде всего — качество, а не кратковременные прибыли.
- Главный человек — потребитель, т.е. нужно стоять на точке зрения конечного пользователя.
- Следующий этап производственного процесса — потребитель твоей продукции. Этот лозунг позволяет устранить барьеры и разобщенность между персоналом на отдельных стадиях жизненного цикла продукции.
- Информационное обеспечение и применение статистических методов делает процесс принятия решений спокойным, эффективным и более творческим занятием.
- Следует повышать роль персонала в системе менеджмента качества — во-

влекать всех без исключения работников в процесс управления качеством.

Таким образом, исключительная роль человека в решении проблем качества очевидна, и это необходимо учитывать, формируя систему управления качеством любой организации, независимо от особенностей ее бизнеса и рынков сбыта.

С целью сокращения сроков разработки и освоения производства новой техники, снижения затрат на выпуск продукции, повышения эффективности производства и улучшения качества продукции в ходе работы над дипломным проектом были применены соответствующие системы стандартов. Были использованы следующие стандарты:

1. ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.
2. ГОСТ 2.106-96 ЕСКД. Текстовые документы.
3. ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Основные требования к чертежам.
4. ГОСТ 19.106-78 ЕСПД Требования к программным документам, выполненным печатным способом.
5. ГОСТ 8.417-81 ГСИ. Единицы физических величин.
6. ГОСТ 7.1-84. Библиографическое описание.
7. ГОСТ 2.301-68 ЕСКД. Форматы.
8. ГОСТ 2.302-68 ЕСКД. Масштабы.
9. ГОСТ 2.3 03-68 ЕСКД. Линии.
10. ГОСТ 2.304-81 ЕСКД. Шрифты чертежные.
11. ГОСТ 2.104-68 ЕСКД. Основная надпись.
12. ГОСТ 2306-68 ЕСКД. Обозначение графических материалов.
13. ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Основные требования к чертежам.
14. ГОСТ 2.106-96 ЕСКД. Спецификация.
15. ГОСТ 2.307-68 ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений.
16. ГОСТ 2.305-68 ЕСКД. Изображения - виды, разрезы, сечения.
17. ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков.
18. ГОСТ 12.0.004-90. ССБТ. Организация обучения безопасности труда. Общие положения.
19. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

20. ГОСТ 26952-86. Порошки огнетушащие. Общие технические требования и методы испытаний.
21. МЭК 839-1-1-88. Система тревожной сигнализации. Часть 1. Общие требования. Раздел 1. Общие положения.
22. ГОСТ 12.3.009-76. ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности.
23. ГОСТ 12.4.016-83. ССБТ. Одежда специальная защитная. Номенклатура показателей качества.
24. ГОСТ 12.4.013-85. ССБТ. Очки защитные. Общие технические условия.
25. ГОСТ 2675-80. Патроны самоцентрирующиеся трехкулачковые. Основные размеры.
26. ГОСТ 26611-85. Резцы токарные проходные, подрезные и копировальные с креплением сменных пластин прихватом сверху. Конструкция и размеры.
27. ГОСТ 1050-88. Сталь углеродистая качественная.
28. ГОСТ 6402-70. Шайбы пружинные. Технические условия.
29. ГОСТ 8788-68. Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шпоночные с призматическими шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки.
30. ГОСТ 7796-70. Болты с шестигранной головкой класса точности В. Конструкция и размеры.
31. ГОСТ 5915-70 Гайки шестигранные класса точности В. Конструкция и размеры.

6 Экономическая эффективность проекта

Темой дипломного проекта является обеспечение возможности наплавки на шейки распределительных валов.

При работе распределительного вала эти шейки изнашиваются. Соответственно необходимо проводить обслуживание и ремонт, что занимает немало времени.

Замена элементов старой конфигурации установки для наплавки на новую. позволит повысить надежность работы и сократить сроки выполнения обслуживания и ремонта, повысить качество восстановления поверхностей.

За базовый вариант принимаем расчет затрат на производство и эксплуатацию исходной установки, в качестве нового оборудования рассчитываем затраты на производство и эксплуатацию новой установки. Расчет затрат будем производить в два этапа: на производство изделия и его эксплуатацию.

5.1 Расчет единовременных затрат производства установки подрядным способом

Определяется по формуле:

$$K_{\text{пд}} = C_{\text{об}} + C_{\text{мон}} + C_{\text{тр}} \quad (5.1)$$

где $K_{\text{пд}}$ – капитальные вложения, которые необходимы будут при подрядном способе реализации данного проекта (тыс.руб.);

$C_{\text{об}}$ – стоимость оборудования (тыс. руб.);

$C_{\text{мон}}$ – стоимость монтажа (тыс. руб.);

$C_{\text{тр}}$ – транспортные расходы (тыс. руб.).

Так как затраты на монтаж и транспортировку неизвестны, то принимаем их в следующем соотношении: $C_{\text{об}} = 100\%$; $C_{\text{мон}} = 40 - 50\%$; $C_{\text{тр}} = 20-25\%$.

Капитальные вложения для производства разрабатываемой дробилки:

$$K_{\text{пд1}} = 2380 (1 + 0,5 + 0,25) = 4165 \text{ тыс. руб.}$$

Капитальные вложения для производства базовой модели установки:

$$K_{\text{пд2}} = (1700 + 1780) \cdot (1 + 0,5 + 0,25) = 6090 \text{ тыс. руб.}$$

5.2 Расчет единовременных затрат при хозяйственном способе производства дробилки

Если отдельные установки, приспособления и оборудование изготавливать и монтировать на самом предприятии, тогда капитальные затраты рассчитываются следующим образом:

$$K_{\text{хс}} = C_{\text{мз}} + C_{\text{эл}} + C_{\text{топ}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{пр}} \quad (5.2)$$

где $C_{\text{мз}}$ – материальные затраты (тыс. руб.);

$C_{\text{эл}}$ – затраты на электроэнергию (тыс. руб.);

$C_{\text{топ}}$ – затраты на топливо (тыс. руб.);

$C_{\text{зп}}$ – затраты на заработную плату (тыс. руб.);

$C_{\text{пр}}$ – прочие затраты (3÷5% от суммы предыдущих затрат).

а) Расчет материальных затрат. Так как присутствуют материалы, которые существенно различаются между собой по весу, цене, качеству и другим показателям, составляется смета затрат и сводится в таблицы 1, 2.

Таблица 5.1 – Смета материальных затрат на производство нового оборудования

Статьи затрат	Единицы измерения	Количество	Цена за единицу измерения (тыс. руб.)	Сумма (тыс. руб.)
1	2	3	4	5
Электродвигатель	шт	1	120	120
Метизы	-	-	-	17,6
Подшипники	шт	12	3,72	44,64
Муфта	шт	1	10	10
Редуктор	шт	1	56	56
Литье стальное	т	3,58	80	286,4
цветное	т	1,32	100	132
Прокат	-	-	-	149,3
Штампованные изделия	т	0,1305	30	3,915

Прочие материалы				16,25
Итого				836,1

Таблица 5.2 – Смета материальных затрат на производство базового оборудования

Статьи затрат	Единицы измерения	Количество	Цена за единицу измерения (тыс. руб.)	Сумма (тыс. руб.)
Электродвигатель	шт	2	-	80
Метизы				29,15
Подшипники	шт	12	3,72	44,64
Ремни	шт	10	0,5	5
Шкивы	шт	4	-	8,5
Литье стальное	т	8	80	640
цветное	т	3,5	100	350
Прокат	-	-	-	220,8
Штампованные изделия	т	0,25	30	7,5
Прочие материалы				14,25
Итого	-	-	-	1399,84

б) Расчет затрат на электроэнергию:

$$C_{эл} = N \cdot T \cdot Ц_э \quad (5.3)$$

где N – средняя мощность оборудования при проведении строительно-монтажных работ (кВт);

T – время работы оборудования (час);

Ц_э – стоимость электроэнергии (руб./кВт·ч).

$$C_{эл1} = 80 \cdot 168 \cdot 5 = 67,2 \text{ тыс. руб.}$$

$$C_{эл2} = 80 \cdot 256 \cdot 5 = 102,4 \text{ тыс. руб.}$$

в) Расчет затрат на топливо

Так как при монтаже топливо не требуется, а затраты на доставку материалов включены в их стоимость, то расчет затрат на топливо не производится.

г) Расчет заработной платы на проведение строительно-монтажных работ.

Расчет производим через минимальную заработную плату (МЗП), установленную на предприятии (28000 руб.).

Количество отработанных часов при СМР на одного рабочего:

$$T_{\text{отр}} = N_p \cdot T_{\text{см}} \cdot k \quad (5.4)$$

где N_p – количество рабочих дней необходимых для выполнения СМР;

$T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч;

k – количество смен.

Принимаем, что бригада состоит из 8 человек и работает в одну смену. Продолжительность смены 8 часов. Предполагаем, что СМР для разрабатываемой дробилки займут один календарный месяц или 21 рабочий день, а для базового варианта примерно 32 рабочих дня.

$$T_{\text{отр}1} = 21 \cdot 8 \cdot 1 = 168 \text{ ч}$$

$$T_{\text{отр}2} = 32 \cdot 8 \cdot 1 = 256 \text{ ч}$$

Расчет часовой тарифной ставки производится по формуле:

$$\Phi_{\text{тар}} = \text{МЗП} \cdot K_{\text{тар}} / n_0 \quad (5.5)$$

где n_0 – количество рабочих часов в месяц по плану (среднемесячный баланс составляет 166,67 ч),

$K_{\text{тар}}$ – тарифный коэффициент.

Расчет часовой тарифной ставки сведен в таблицы 3, 4

Расчет заработной платы к начислению:

$$\Phi_{\text{зп}} = \Phi_{\text{тар}} \cdot T_{\text{отр}} \cdot K_{\text{дол}} \quad (5.6)$$

где $K_{\text{дол}}$ – должностной коэффициент - доплата по индивидуальному контракту ($1 < K_{\text{дол}} < 4$). Принимаем равным 1.

Расчет отчислений на социальный налог:

$$\Phi_{\text{сс}} = 0,13 \cdot \Phi_{\text{зп}} \quad (5.7)$$

$$\Phi_{cc1} = 0,11 \cdot 311\,316 = 40447,68 \text{ руб.}$$

$$\Phi_{cc2} = 0,11 \cdot 474112 = 61634,56 \text{ руб.}$$

Расчет фонда заработной платы на СМР в целом:

$$C_{зп} = \Phi_{зл} + \Phi_{cc} \quad (5.8)$$

$$C_{зп1} = 311\,316 + 40\,447,68 = 351583,68 \text{ руб.}$$

$$C_{зп2} = 474112 + 61\,634,56 = 535746,56 \text{ руб.}$$

Расчет заработной платы на проведение СМР сведен в таблицы 3 и 4.

Таблица 5.3 – Расчет заработной платы на СМР нового оборудования

Показатели	Разряды						Итого:
	1	2	3	4	5	6	
Тарифный коэффициент (K _{тар})	1	1,09	1,2	1,33	1,49	1,78	
МЗП на предприятии, руб.	-	-	28000				
Часовая тарифная ставка (Ф _{тар}), руб./час	-	-	202	223	250	300	
Должностной коэффициент	-	-	1				
Численность	-	-	3	2	2	1	
Количество отработанных часов (T _{отр})	-	-	168				
Заработная плата к начислению (Ф _{зн})	-	-	101808	74928	84000	50400	311136

Таблица 5.4 – Расчет заработной платы на СМР базового оборудования

Показатели	Разряды						Итого:
	1	2	3	4	5	6	
Тарифный коэффициент (К _{тар})	1	1,09	1,2	1,33	1,49	1,78	
МЗП на предприятии, руб.	-	-	28000				
Часовая тарифная ставка (Ф _{тар}), руб./час	-	-	202	223	250	300	
Должностной коэффициент	-	-	1				
Численность	-	-	3	2	2	1	
Количество отработанных часов (Т _{отр})	-	-	256				
Заработная плата к начислению (Ф _{зр})	-	-	155136	114176	128000	76800	474112

Из таблиц 5.3, 5.4 видно что затраты на заработную плату рабочих строительно-монтажной бригады выполняющей монтаж нового оборудования ниже, так как продолжительность монтажа меньше ввиду простоты конструкции.

Составляется смета капитальных затрат, в которую входят затраты на изготовление и монтаж нового оборудования осуществляемые хозяйственным способом (таблица 5.5, 5.6).

Таблица 5.5 – Капитальные затраты на изготовление и монтаж нового оборудования осуществляемые хозяйственным способом

Наименование затрат	Единицы измерения	Количество	Цена за единицу (тыс. руб.)	Итого (тыс. руб.)
1	2	3	4	5
Материалы:				836,1
Металл	т	-	-	716,1
Эл. двигатели	шт.	1	120	120
Электроэнергия	кВт·ч	13440	0,005	67,2
Заработная плата	тыс. руб.	-	-	351,583
Соц.отчисления	тыс. руб.	-	-	40,447
Итого $K_{хп}$:				1254,9

Таблица 5.6 – Капитальные затраты на изготовление и монтаж базового оборудования осуществляемые хозяйственным способом

Наименование затрат	Единицы измерения	Количество	Цена за единицу (тыс. руб.)	Итого (тыс. руб.)
1	2	3	4	5
Материалы:				1399,84
Металл	т	-	-	1319,84
Эл. двигатели	шт.	2	-	80
Электроэнергия	кВт·ч	20480	0,005	102,4
Заработная плата	тыс. руб.	-	-	535, 746
Соц.отчисления	тыс. руб.	-	-	61, 634
Итого $K_{хп}$:				2038

Из таблиц 5 и 6 видно, что единовременные затраты при хозяйственном способе изготовления ниже для обоих рассматриваемых вариантов, поэтому выбираем именно этот способ.

5.3 Расчет текущих затрат

Текущие затраты, это затраты на эксплуатацию оборудования или приспособления, их еще называют производственной себестоимостью.

Сначала определяется, на сколько повысилась производительность (П) оборудования в связи с внедрением мероприятий, затем определяется снижение (повышение) материалоемкости, энергоемкости, трудоемкости и т. д. На основе изменения трудоемкости можно будет рассчитать количество условно высвободившихся рабочих или созданных новых рабочих мест.

Полные текущие затраты определяются по формуле:

$$C = C_{\text{мз}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{эл}} + C_{\text{топ}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} \quad (5.9)$$

где $C_{\text{мз}}$, $C_{\text{зп}}$, $C_{\text{эл}}$, $C_{\text{топ}}$ – это затраты соответственно на материалы, заработную плату, электроэнергию и топливо.

Смета материальных затрат $C_{\text{мз}}$ на обслуживание нового и базового вариантов представлена в таблице 5.7 .

Таблица 5.7 – Смета материальных затрат при обслуживании

Статьи затрат	Единицы измерения	Количество	Цена за единицу измерения (руб.)	Сумма (руб.)
Разрабатываемая установка				
Смазочные материалы	кг	5,5	360	1980
Запасные части	кг	210	190	39900
Итого				41880
Базовый вариант				
Смазочные материалы	кг	12	360	4320
Запасные части	кг	500	190	95000
Итого				99320

$C_{\text{ам}}$ – затраты на амортизацию, определяются 10÷12% от величины единовременных затрат;

$C_{\text{обс}}$ – затраты на ТО (2÷3%) от стоимости оборудования;

$C_{\text{пр}}$ – прочие затраты (3÷5%) от суммы выше указанных затрат.

Результаты расчета текущих затрат сводим в таблицу 8.

Для обслуживания дробилок в обоих рассматриваемых вариантах достаточно 1 человека в смену. Завод работает в 2 смены. Следовательно, для обслуживания дробилок в течение года необходимо 2 рабочих третьего разряда. Для рабочих, обслуживающих установки базового варианта вводим должностной коэффициент 1,5. Тогда расходы на заработную плату составят:

$$\Phi_{\text{зп1}} = 202 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 128 = 413696 \text{руб.}$$

$$\Phi_{\text{зп2}} = 202 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 1,5 \cdot 128 = 620544 \text{руб.}$$

Социальный налог:

$$\Phi_{\text{сс1}} = 0,11 \cdot 413696 = 53780,48 \text{руб.}$$

$$\Phi_{\text{сс2}} = 0,11 \cdot 620544 = 80670,72 \text{руб.}$$

$$C_{\text{зп1}} = 413696 + 53780,48 = 467476,48 \text{руб.}$$

$$C_{\text{зп2}} = 620544 + 80670,72 = 701214,72 \text{руб.}$$

Ежегодные затраты на электроэнергию рассчитываются исходя из продолжительности работы дробильных агрегатов и их установленной мощности.

Таблица 5.8 – Текущие затраты на эксплуатацию оборудования

Наименование затрат	Обозначение	До внедрения ОТМ	После внедрения ОТМ	Отклонение	
				руб.	%
Материальные затраты	$C_{\text{мз}}$	99320	41880	57440	9,5
Заработная плата	$C_{\text{зп}}$	701214,72	467476,48	233738,24	38,6
Электроснабжение	$C_{\text{эл}}$	502357,35	367139,35	135218	22,3
Амортизация	$C_{\text{ам}}$	305700	188235	117465	19,4

Обслуживание оборудования	$C_{\text{обс}}$	86900	51950	34950	5,8
Прочие затраты	$C_{\text{пр}}$	78179,6	51617,3	26562,3	4,4
Итого	C	1773671,67	1168298,13	605373,54	100

5.4 Расчет экономической эффективности и срока окупаемости от внедрения ОТМ

Производительность оборудования изменяется (повышается) экономическую эффективность рассчитываем через удельные приведенные затраты:

$$\Delta \mathcal{E} = (Z_2 - Z_1) \cdot \Pi_1 \quad (5.10)$$

где Π_2 – производительность оборудования после ОТМ;

Z_1 и Z_2 – соответственно, удельные приведенные затраты для НО и БВ:

$$Z_i = (C_i + E_n \cdot K_{\text{ХП}i}) / \Pi_i \quad (5.11)$$

где C_i – полные годовые текущие затраты на эксплуатацию оборудования для БВ и НО;

E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности, его можно принять в пределах $0,1 \div 0,15$, если нет никакой информации о нем. Принимаем равным $0,125$ и нормативный срок службы $T_n = 8$ лет.

$$Z_1 = (1168,3 + 0,125 \cdot 1254,9) / 319488 = 0,004 \text{ тыс. руб.}$$

$$Z_2 = (1773,67 + 0,125 \cdot 2038) / 114688 = 0,018 \text{ тыс. руб.}$$

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{БВ}} = (0,018 - 0,004) \cdot 114688 = 1605,6 \text{ тыс. руб./сезон}$$

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{НВ}} = (0,018 - 0,004) \cdot 319488 = 4472,8 \text{ тыс. руб./сезон}$$

Эффект от внедрения мероприятий определяется как экономия, полученная за счет снижения издержек или дополнительная прибыль.

Далее делается расчет срока окупаемости НО:

$$T_o = K_1 / \Delta \mathcal{E} \quad (5.12)$$

$$T_o = 2038 / 1605,6 = 325 \text{ дней} = 0,9 \text{ года}$$

$$T_o = 1254,9 / 4472,8 = 72 \text{ дня} = 0,20 \text{ года}$$

Так как $T_o \leq T_n$, то это свидетельствует об экономической целесообразности внедрения НО.

Результаты расчета сводим в таблицу 9, и выносим на лист 050713 ДП 00.00.000 ТЭО графической части.

5.5 Расчет точки безубыточности для БВ и НО

Аналитически точка безубыточности определяется по формуле:

$$\Pi_0 = C_{\text{пос}} / (\Pi - S_{\text{пер}}) \quad (5.13)$$

где Π_0 – «критическая» производительность (т);

$C_{\text{пос}}$ – постоянные затраты (тыс. руб.);

Π – цена за единицу выпускаемой продукции (тыс. руб./т);

$S_{\text{пер}}$ – удельные переменные затраты на единицу продукции (тыс. руб./т).

Точка безубыточности показывает, при какой минимальной производительности предприятие может покрывать текущие затраты.

Стоимость постоянных затрат определяется по формуле:

$$C_{\text{пос}} = C_{\text{ам}} + C_{\text{нр}} \quad (5.14)$$

где $C_{\text{нр}}$ – стоимость накладных расходов, тыс. руб. составляют 30% от стоимости переменных затрат $C_{\text{пер}}$:

$$C_{\text{нр}} = C_{\text{пер}} \cdot 0,3 \quad (5.15)$$

$$C_{\text{пер}} = C_{\text{зп}} + C_{\text{обс}} + C_{\text{эл}} + C_{\text{мз}} + C_{\text{пр}} \quad (5.16)$$

$$C_{\text{пер НО}} = 467,5 + 51,95 + 367,14 + 41,88 + 51,62 = 980,1 \text{ тыс. руб.}$$

$$C_{\text{пер БВ}} = 701,21 + 86,9 + 502,36 + 99,32 + 78,18 = 1467,97 \text{ тыс. руб.}$$

$$C_{\text{нр НО}} = 980,1 \cdot 0,3 = 294,03 \text{ тыс. руб.}$$

$$C_{\text{нр БВ}} = 1467,97 \cdot 0,3 = 440,39 \text{ тыс. руб.}$$

$$C_{\text{пос НО}} = 188,235 + 294,03 = 482,265 \text{ тыс. руб.}$$

$$C_{\text{пос БВ}} = 305,7 + 440,39 = 746,091 \text{ тыс. руб.}$$

$$S_{\text{пер}} = C_{\text{пер}} / \Pi \quad (5.17)$$

Также определяются удельные полные затраты на выпуск продукции $S_{\text{пол}}$ по формуле:

$$S_{\text{пол}} = C_{\text{пол}} / \Pi \quad (5.18)$$

Стоимость полных затрат $C_{\text{пол}}$ определяется по формуле:

$$C_{\text{пол}} = C_{\text{пос}} + C_{\text{пер}}$$

$$C_{\text{пол HO}} = 980,1 + 482,265 = 1228,356 \text{ тыс. руб.}$$

$$C_{\text{пол БВ}} = 1467,97 + 746,091 = 2214,061 \text{ тыс. руб.}$$

$$S_{\text{пер HO}} = 980,1 / 319488 = 3,07 \text{ руб./т}$$

$$S_{\text{пер БВ}} = 1467,97 / 114688 = 12,8 \text{ руб./т}$$

$$S_{\text{пол HO}} = 1228,356 / 319488 = 3,85 \text{ руб./т}$$

$$S_{\text{пол БВ}} = 2214,061 / 114688 = 19,3 \text{ руб./т}$$

$$\Pi_0 \text{ HO} = 482265 / (1700 - 3,067) = 284,2 \text{ т}$$

$$\Pi_0 \text{ БВ} = 746091 / (1700 - 12,8) = 442,21 \text{ т}$$

Результаты произведенных расчетов выносятся на график точки безубыточности на лист графической части 050713 ДП 00.00.000 ТЭО.

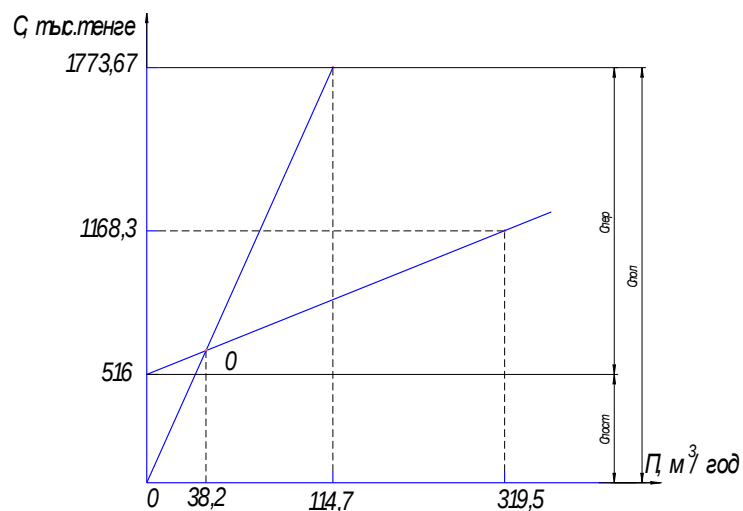


Рисунок 11 – Расчет точки безубыточности

Таблица 5.9 – Расчет экономической эффективности от внедрения нового объекта

Показатели	Ед-цы измер-я	Условн. обозначения	Варианты		Отклонения Δ
			Базовый вариант	Новый объект	
1	2	3	4	5	6
Производительность	т	Π_r	114688	319488	204800

Капитальные вложения	тыс. руб.	K	2038	1254,9	-783,1
Годовые эксплуатационные затраты	тыс. руб.	C	1773,67	1168,3	-605,37
Затраты на амортизацию	тыс. руб.	C _{ам}	305,7	188,235	-117,465
Затраты на заработную плату	тыс. руб.	C _{зп}	701,21	467,5	-233,71
Затраты на обслуживание оборудования	тыс. руб.	C _{обс}	86,9	51,95	-34,95
Затраты на электроэнергию	тыс. руб.	C _{эл}	502,36	367,14	-135,22
Затраты на материалы	тыс. руб.	C _{мз}	99,32	41,88	-57,44
Прочие затраты	тыс. руб.	C _{пр}	78,18	51,62	-26,56
Удельные приведенные затраты	руб./т	Z _i	18	4	-14
Экономическая эффективность	тыс. руб.	ΔЭ	1605,6	4472,8	2752,5
Коэффициент экономической эффективности		E	Нормативный E _н = 0,125	Расчетный E _р = 1,37	1,245
Срок окупаемости капитальных вложений	лет	T _о	0,9	0,20	0,7
Удельные переменные затраты	тыс. руб./т	S _{пер}	12,8	3,067	-9,733

По данным расчета видно, что внедрение является экономически целесообразным.

6 Безопасность и экологичность технического объекта

6.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 6.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Наплавка и восстановление рабочих шеек двигателя внутреннего сгорания грузового автомобиля и строительной техники	Операция газоплазменного напыления шеек	Газосварщик 4-го разряда, Токарь – универсал 3-го разряда	Специальная установка для наплавки на базе токарно - винторезного станка, модуль плазмотрона	Металл, специальные порошки для наплавки

6.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Таблица 6.2 – Идентификация профессиональных рисков

№ п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
1	Операция газоплазменного напыления шеек	Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенный уровень шума на рабочем месте, вредные газы, выделяемые при работе установки (при действии плазмы и расплавке металла). Движущиеся механизмы установки	

6.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

В данном разделе необходимо подобрать и обосновать используемые организационно-технические методы и технические средства (способы, устройства) защиты, частичного снижения, или полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора.

Таблица 6.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	Движущиеся машины и механизмы	Соблюдение правил безопасности выполнения	Каска защитная, очки защитные

		работ	
2	Подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки	Ограждение оборудования	Каска защитная, очки защитные
3	Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	Применение приточно-вытяжной вентиляции	Респиратор
4	Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов	Ограждение оборудования	Краги для металлурга
5	Повышенный уровень шума на рабочем месте	Наладка оборудования	Беруши

6.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта (производственно-технологических эксплуатационных и утилизационных процессов)

В данном разделе проводится идентификация потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара с разработкой технических средств и/или организационных методов по обеспечению (улучшению) пожарной безопасности технического объекта (производственно-технологического и инженерно-технического оборудования, произведенной продукции, используемых сырьевых материалов, а также должны быть указаны реализующиеся пожаробезопасные характеристики произведенных технических объектов в процессах их эксплуатации (хранения, конечной утилизации по завершению жизненного цикла).

6.4.1 Идентификация опасных факторов пожара

Пожары классифицируются по виду горючего материала и подразделяются на следующие классы:

- 1) пожары, связанные с горением твердых горючих веществ и конструкционных материалов (А);
- 2) пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В);

- 3) пожары, связанные с воспламенением и горением газов (С);
- 4) пожары, связанные с воспламенением и горением металлов (D);
- 5) пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (E);
- 6) пожары радиоактивных веществ материалов и радиоактивных отходов (F).

К опасным факторам пожара, воздействующим на людей и материальное имущество, относятся:

- 1) пламя и искры;
- 2) тепловой поток;
- 3) повышенная температура окружающей среды;
- 4) повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения;
- 5) пониженная концентрация кислорода;
- 6) снижение видимости в дыму (задымленных пространственных зонах).

К сопутствующим проявлениям опасных факторов пожара относятся:

1) образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, транспортных средств, энергетического оборудования, технологических установок, производственного и инженерно-технического оборудования, агрегатов и трубопроводных нефте-газо-амиакопроводов, произведенной и/или хранящейся продукции и материалов и иного имущества;

2) образующиеся радиоактивные и токсичные вещества и материалы, попавшие в окружающую среду из разрушенных пожаром технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества, горящего технического объекта;

3) вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества;

4) опасные факторы взрыва, возникающие вследствие происшедшего пожара;

5) термохимические воздействия используемых при пожаре огнетушащих

веществ на предметы и людей.

По результатам выполненной идентификации опасных факторов пожара оформляется таблица 6.4.

Таблица 6.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, подразде- ление	Оборудова- ние	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутству- ющие про- явления факторов пожара
1	Участок восстанов- ления дета- лей машин	Специальная установка для наплав- ки поверх- ностей рас- предели- тельныхва- лов	Пожары, свя- занные с вос- пламенением и горением металлов (D)	Пламя и ис- кры; тепло- вой поток	Вынос (за- мыкание) высокого электриче- ского напряжения на токопро- водящие ча- сти техноло- гических установок, оборудова- ния, агрега- тов, изделий и иного имущества
2	Участок механиче- ской обра- ботки	Многоцеле- вой станок мод. МС-32, резьбонарез- ной станок	Пожары, свя- занные с вос- пламенением и горением жидкостей	Пламя и ис- кры	Вынос (за- мыкание) высокого электриче- ского

		мод. 5991	или плавя- щихся твер- дых веществ и материалов (В)		напряжения на токопро- водящие ча- сти техноло- гических установок, оборудова- ния, агрега- тов, изделий и иного имущества
--	--	-----------	---	--	--

6.4.2 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технического объекта (дипломного проекта)

Таблица 6.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Пер- вичные сред- ства пожа- роту- шения	Мобиль биль- ные сред- ства пожа- роту- шения	Стаци- онар- ные уста- новки систе- мы по- жаро- туше- ния	Сред- ства пожар- ной ав- томати- ки	Пожар- ное обору- дование	Средства индивиду- альной за- щиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизиро- ванный и немеханизи- рованный)	Пожар- ные сиг- нализа- ция, связь и опове- щение
Огне- туши- тели, внут- ренние пожар- ные краны,	Пожар- ные автомо- били, пожар- ные лестни- цы	Обору- дование для пенного пожа- роту- шения	Прибо- ры при- емно- кон- троль- ные пожар- ные,	Напор- ные пожар- ные рукава, рукав- ные раз-	Веревки пожарные, карабины пожарные, респирато- ры, проти- вогазы	Ломы, багры, топоры, ло- паты, ком- плект ди- электриче- ский	Автома- тические извеща- тели

ящики с пес- ком			техни- ческие сред- ства опове- щения и управ- ления эвакуа- цией пожар- ные	ветвле- ния			
------------------------	--	--	---	----------------	--	--	--

6.4.3 Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара

В данном разделе разрабатываются организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению возникновения пожара или опасных факторов способствующих возникновению пожара.

Таблица 6.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование техноло- гического процесса, оборудования техниче- ского объекта	Наименование видов реализуемых органи- зационных (организа- ционно-технических) мероприятий	Предъявляемые требова- ния по обеспечению по- жарной безопасности, rea- лизуемые эффекты
Многоцелевая операция, многоцелевой станок мод. МС-32	Контроль за правиль- ной эксплуатацией оборудования, содер- жание в исправном состоянии оборудо- вания, проведение	Проведение противопо- жарных инструктажей, за- прет на курение и приме- нение открытого огня в недозволенных местах, со- блюдение мер пожарной

	инструктажа по пожарной опасности, применение автоматических устройств обнаружения, оповещения и тушения пожаров	безопасности при проведении огневых работ, применение средств пожаротушения, применение средств пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре
--	--	--

6.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

В данном разделе проводится идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при реализации технологического процесса. Разрабатываются конкретные технические и организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду производимом данным техническим объектом в процессе его производства, технической эксплуатации и конечной утилизации по завершению его жизненного цикла.

6.5.1 По виду реализуемого производственно-технологического процесса, и осуществляемой функциональной эксплуатацией техническим объектом - необходимо провести идентификацию негативных экологических факторов, результаты которой отражены в таблице 6.7.

Таблица 6.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, тех-	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (обра-зующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение зе-
--	---	--	---	--

	нологические операции, оборудование), энергетическая транспортное средство и т.п.			мель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Фрезерование	Многоцелевой станок мод. МС-32	Пыль алюминиевая	Взвешенные вещества, нефтепродукты	Основная часть отходов хранится в металлических контейнерах емкостью 1,0 м ³

6.5.2 Разработка мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду рассматриваемого технического объекта (дипломного проекта) согласно нормативных документов.

Таблица 6.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Восстановление газоплазменной наплавкой
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Применение «сухих» и «влажных» механических пылеуловителей (для отбора частиц, попадающих в воздух после расплавления металла)
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Переход предприятия на замкнутый цикл водоснабжения
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Соблюдении правил хранения, периодичности вывоза отходов на захоронение

6.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика производственного участка по восстановлению деталей машин путем применения газоплазменной наплавки, перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы, комплектующие изделия и производимые изделия.

Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу восстановления деталей машин.

Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, подобраны средства индивидуальной защиты для работников.

Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности. Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте.

Идентифицированы экологические факторы и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте.

Заключение

Проблема повышения эксплуатационной надежности и долговечности строительных и дорожных машин неотложно ставит задачу создания принципиально новых технологических процессов восстановления изношенных деталей и упрочнения новых, обеспечивающие повышение срока их службы и высокой производительности при значительном экономическом эффекте.

Одним из эффективных путей решения данной проблемы является нанесение защитных и восстановительных покрытий с помощью плазмы.

За последнее десятилетие предпринимаются попытки внедрения различных плазменных способов нанесения покрытий в машиностроительном и ремонтном производстве. Однако при этом возникает ряд проблем, связанных с несовершенством технологии методов и технологических режимов нанесения порошковых сплавов, которые позволяют получать наплавленные слои толщиной 0,3 – 2,5 мм без пор и трещин и без предварительной тепловой подготовки поверхностей. Наплавочные поверхности имеют высокую износостойкость при работе в различных средах, а также при высоких контактных напряжениях на работающих поверхностях деталей.

Таким образом, плазменную наплавку можно использовать в массовом производстве, где большое значение имеет скорость и стабильность продукции.

В настоящем дипломном проекте разработан технологический процесс восстановления распределительных валов строительной и дорожной техники плазменной наплавкой, а также маршруты восстановления на основании операций технологического процесса восстановления. Расчет технико-экономических показателей дает также основание считать разработку технологии восстановления распределительных валов строительной и дорожной техники методом плазменной наплавки экономически эффективной.

Список литературы

- 1 Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. М: – ООО ИД «Альянс.», 2007 – 256 с.
- 2 Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Н. Ковшов. - Изд. 2-е, испр. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2008. - 319 с.
- 3 Лебедев, В. А. Технология машиностроения : Проектирование технологий изготовления изделий : учеб. пособие для вузов / В. А. Лебедев, М. А. Тамаркин, Д. П. Гепта. - Гриф УМО. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. - 361 с.
- 4 Маталин А. А. Технология машиностроения : учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. 151001 напр. "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроит. производств" / А. А. Маталин. - Изд. 3-е, стер. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2010. - 512 с.
- 5 Суслов, А. Г. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Г. Суслов. - 2-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Машиностроение, 2007. - 429 с.
- 6 Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с.
- 7 Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с.
- 8 Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с.
- 9 www.vniiinstrument.ru

10 Панов, А.А. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А.Панов, В.В.Аникин, Н.Г. Байм и др.; под общ. ред. А.А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988.

11 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов. В 2 кн. Кн. 1. Основы технологии машиностроения / Э. Л. Жуков [и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина . - Изд. 3-е, стер. ; Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 2008. - 278 с.

12 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов. В 2 кн. Кн. 2. Производство деталей машин / Э. Л. Жуков [и др.] ; под ред. С. Л. Мурашкина. - Изд. 3-е, стер. ; Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 2008. - 295 с. : ил. - Библиогр.: с. 292-293.

13 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов / под ред. М. Ф. Пашкевича. - Минск : Новое знание, 2008. - 477 с.

14 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 910 с.

15 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 941 с.

16 Гузеев В. И., Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением : справочник / В. И. Гузеев, В. А. Батуев, И. В. Сурков ; под ред. В. И. Гузеева. - 2-е изд. - Москва : Машиностроение, 2007. - 364, [1] с.

17 Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. - 456 с.

18 Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов : справочник / под общ. ред. В. И. Баранчикова. - Москва : Машиностроение, 1990. - 399 с.

19 Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2-е изд. Высш. шк. 2007 г.

20 Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2-е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380с.

21 Боровков, В.М. Заготовки в машиностроении : учеб. пособие для вузов по спец. 1201 "Технология машиностроения" / В. М. Боровков [и др.] ; ТГУ. - Гриф УМО; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2007. - 67 с. : ил. - 34-00.

22 Metallорежущие станки [Электронный ресурс] : учебник. В 2 т. Т. 1 / Т. М. Авраамова [и др.] ; под ред. В. В. Бушуева. - Москва : Машиностроение, 2011. - 608 с.

23 Metallорежущие станки [Электронный ресурс] : учебник. В 2 т. Т. 2 / В. В. Бушуев [и др.] ; под ред. В. В. Бушуева. - Москва : Машиностроение, 2011. - 586 с.

24 Блюменштейн В. Ю. Проектирование технологической оснастки : учеб. пособие для вузов / В. Ю. Блюменштейн, А. А. Клепцов. - Изд. 3-е, стер. ; гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 219 с.

25 Горохов В. А. Проектирование технологической оснастки : учеб. для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе, И. А. Коротков. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2010. - 431 с.

26 Ермолаев В.В. Технологическая оснастка. Лабораторно-практические работы и курсовое проектирование: учеб. пособ. – М.: Изд-во «Академия», 2012. – 320 с.

27 Зубарев, Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении [Электронный ресурс] : учебник. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2015. - 309 с.

28 Тарабарин, О. И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении : учеб. пособие для вузов / О. И. Тарабарин, А. П. Абызов, В. Б. Ступко. - Изд. 2-е, испр. и доп. ; гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. - 303 с.

29 Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 1 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 592 с.

30 Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 2 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 655 с.

31 Григорьев, С. Н. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ : [справочник] / С. Н. Григорьев, М. В. Кохомский, А. Р. Маслов ; под общ.ред. А. Р. Маслова. - Москва : Машиностроение, 2006. - 544 с.

32 Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога. / У Болтон – М : Издательский дом «Додэка-XXI», 2002 – 384 с.

33 Палей М. А. Допуски и посадки : справочник. В 2 ч. Ч. 1 / М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. - 8-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург : Политехника, 2001. - 576 с.

34 Палей М. А. Допуски и посадки : справочник. В 2 ч. Ч. 2 / М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. - 8-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург : Политехника, 2001. - 608 с.

35 Артамонов, Е.В. Проектирование и эксплуатация сборных инструментов с сменными твердосплавными пластинами [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.В. Артамонов, Т.Е. Помигалова, М.Х. Утешев. - Электрон.дан. - Тюмень :ТюмГНГУ (Тюменский государственный нефтегазовый университет), 2013.

36 Булавин, В.В. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие. - Электрон. дан. - Пенза : ПензГТУ (Пензенский государственный технологический университет), 2009. — 100 с.

37 Кожевников, Д.В. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебник / Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов [и др.]. - Электрон. дан. - М. : Машиностроение, 2014. — 520 с.

38 Кирсанова, Г.Н. Руководство по курсовому проектированию металло-режущих инструментов: учебное пособие для вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / Под общ. ред. Г.Н. Кирсанова. – М.: Машиностроение, 1986. – 386 с.

39 Резников Л. А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Л. А. Резников ;

ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2014. - 207 с. : ил. - Библиогр.: с. 202-203.

40 Романенко, А.М. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебное пособие. - Электрон. дан. - Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2012. - 103 с.

41 Шагун, В. И. Metallорежущие инструменты : учеб. пособие для студ. вузов / В. И. Шагун. - Гриф УМО. - Москва : Машиностроение, 2008. - 423 с.

42 Справочник конструктора-инструментальщика / В. И. Баранчиков [и др.] ; под общ. ред. В. А. Гречишникова, С. В. Кирсанова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2006. - 541 с.

43 Вороненко, В.П. Проектирование машиностроительного производства : учеб. для вузов / В. П. Вороненко, Ю. М. Соломенцев, А. Г. Схиртладзе. - 3-е изд., стер. ; Гриф МО. - Москва : Дрофа, 2007. - 380 с. : ил. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 378-380.

44 Козлов, А. А. Проектирование механических цехов [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / А. А. Козлов ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 47 с.

45 Зубкова, Н.В. Методические указания по экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей / Н.В. Зубкова – Тольятти : ТГУ, 2005.

46 Бычков, В.Я. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие. [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Я. Бычков, А.А. Павлов, Т.И. Чибисова. - Электрон. дан. - М. : МИСИС, 2009. - 146 с.

47 Горина, Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие. / Л. Н. Горина - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 33 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица П.1

Характеристика основных способов восстановления деталей машин

Группы способов восстановления по технологической ущности	Технологическая характеристика				Техническая характеристика					Удельная трудоемкость восстановления, ч/м ²	Удельная себестоимость восстановления, руб/м ²	Удельный расход материала, кг/м ²	Удельная энергоемкость, кВт·ч/м ²
	D _{min} восстанавливаемой поверхности, мм		Толщина наращивания, мм		Коэффициенты				Микротвердость, кг/мм ²				
	наружный	внутренний	минимум	максимум	Износостойкости (K _и)	Выносливости (K _в)	Сцепляемости (K _с)	Долговечности (K _д)					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Обработка под ремонтный размер	Неограничен		—	—	0,8...1,0	0,9...1,0	1,0	0,72...1,0	Ном.	10...23	31...44	—	—
дополнительной детали	Неограничен		—	—	1,0	0,8	1,0	0,8	Ном.	48...65	141...273	31...55	—
Пластическое деформирование	—	—	До номинала		2,0	1,0	1,0	1,0	Ном.	10...25	31,0	—	—
Электромеханическая высадка	15...18	Неогран.	Неогран.	3,0	2,0	1,25	1,0	2,5	320...650	10,8	19,0	—	—
Нанесение полимерных материалов	Неогран.	—	—	0,15	1,0...2,0	—	0,7...1,0	0,7...2,0	300...650	15,9	26...27	4,7	—
Вибродуговая наплавка:													
- в жидкой среде	15...18	45	0,5	3,0	0,85	0,62	0,75...1,0	0,4...0,53	225...500	33,9...36,0	66,5...68,0	35...40	234
- под флюсом	40...50	—	0,5	4,0	0,85	0,62	0,9...1,0	0,48...0,53	450...600	33,9...36,0	66,5...68,0	39...50	234
- в среде CO ₂	15...18	45	1,0	3,0	1,15	0,9	0,8...1,0	0,8...1,0	500...600	33,9...36,0	67,0...69,0	35...40	234
- в воздушной среде	15...18	45	1,0	3,0	0,85	0,62	0,9...1,0	0,48...0,53	325...450	33,9...36,0	66,5...68,0	35...40	234
- с термомеханической обработкой	15...18	45	0,5	3,0	2,0	0,95	0,9...1,0	1,72...1,9	450...550	34,0...37,0	70,0...72,0	35...40	234
Наплавка в среде защитных газов:													
- в среде CO ₂	10...12	45	0,8	3,0	1,3...1,6	0,7	1,0	0,9...1,0	230...360	17,3...21,4	31,5...43,0	31...45	256
- в среде CO ₂ + аргон	—	45	1,0	3,0	1,3...1,6	0,85	1,0	1,1...1,6	320...340	14,4...17,5	25,0...37,0	30...45	256

оконча-
табли-

ние
цы П.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Автоматическая наплавка под флюсом:													
- плавленным	44...55	250	1,5...2,0	3,0...4,0	0,91	0,6...1,0	1,0	0,55...0,91	400...600	21,3...24,0	38,6...47,0	38...51	286
- керамическим	44...55	250	1,5...2,0	3,0...4,0	0,95	0,85	1,0	0,81	500...600	21,3...24,0	38,6...47,0	39...52	286
- порошковой проволокой	44...55	250	1,5...2,0	3,0...4,0	0,92	0,85	1,0	0,8	560...800	21,3...24,0	38,6...47,0	38...51	286
- с термомеханической обработкой	44...55	250	1,5...2,0	3,0...4,0	1,4...1,8	1,2...1,5	1,0	1,7...2,7	500...800	21,3...24,0	38,6...47,0	38...48	286
Ручная наплавка:													
- дуговая	40...50	120	1,5	5,0...6,0	0,7	0,6	1,0	0,42	200...400	34,6	66,0...84,0	48...57	580
- газовая	10...12	120	1,0	3,0...4,0	0,7	0,7	1,0	0,5	200...600	37,0	74,0...80,4	38...51	580
- аргонно-дуговая ₂	10...12	120	1,0	4,0...5,0	0,7	0,7	1,0	0,5	250	29,4	58,0...63,5	36	520
- электроконтактная приварка ленты	10	70	0,1	1,5	1,0...2,3	0,7...1,0	0,7...0,8	0,5...1,8	300...800	22,0...24,0	30,0...40,0	3,5...15,6	100...110
Метализация:													
- плазменная	10...12	—	0,03	15,0	1,1...1,3	0,7...1,3	0,4...0,5	0,31...0,86	310...395	22,7...24,0	40,7...48,1	16...24	117...175
- газопламенная	—	—	0,4	15,0	1,1...1,3	0,6...1,1	0,3...0,4	0,20...0,57	310...395	22,7...24,0	40,7...48,1	16...24	117...175
- электродуговая	—	—	0,4	15,0	1,1...1,3	0,6...1,1	0,2...0,3	0,13...0,40	300...600	22,7...24,0	40,7...48,1	16...24	117...175
Железнение:													
- вневанное (местное)	Неогран.	40...50	Неогран.	0,6	0,9...1,3	0,8	0,65...0,8	0,5...0,83	300...600	26,0...33,0	61,9...80,0	4,7...8,4	80...220
- ванное	—	—	—	2,0	0,95...1,3	0,88	0,7...0,9	0,6...1,0	300...680	15,0...17,0	29,7...34,8	4,7...9,4	80...220
- проточное	—	—	—	0,8	1,0...1,6	0,8	0,75...1,0	0,6...1,25	300...680	20,0...25,0	45,0...51,0	4,7...9,4	80...220
Хромирование:													
- в обычном электролите	—	40...50	0,8	0,3	1,67	0,55...0,9	0,9	0,9...1,35	800...1200	72...129	110...156	1,5...4,5	220...600

