

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 ав-
томатизированных машиностроительных производств**
Специальность «Технология машиностроения»

Студент Макарецв Сергей Эдуардович гр. ТМз-1001

1. Тема Технологический процесс изготовления ударника механического прессы
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «__» __ 2016 г.
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе материалы преддипломной практики, программа выпуска 10000 деталей

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

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

Введение, цель проекта

- 1) *Описание исходных данных*
 - 2) *Технологическая часть проекта*
 - 3) *Совершенствование операций с помощью научных исследований*
 - 4) *Проектирование станочного приспособления*
 - 5) *Проектирование режущего инструмента*
 - 6) *Проектирование средств контроля*
 - 7) *Проектирование средств автоматизации*
 - 8) *Проектирование производственного участка*
 - 9) *Безопасность и экологичность технического объекта*
 - 10) *Экономическая эффективность проекта*
- Заключение. Список используемой литературы.*
Приложения: технологическая документация

5. Ориентировочный перечень графического материала (8-10 листов формата А1)

1) Деталь (с изменениями)	0,5 – 1
2) Заготовка	0,25 – 1
3) План обработки	1,5 – 2
4) Технологические наладки	1 – 2
5) Результаты научных исследований	1 - 2
6) Приспособление	1 - 2
7) Режущий инструмент	0,5 – 1
8) Средства контроля	0,5 – 1
9) Средства автоматизации	0,5 – 1
10) План участка	0,5 – 1
11) Презентация	0,5 - 1

*возможна замена или исключение по решению руководителя

6. Консультанты по разделам

Безопасность и экологичность проекта _____

Экономическая эффективность проекта _____

Нормоконтроль _____

7. Дата выдачи задания «31» марта 2016 г.

Руководитель выпускной квалификационной работы	_____ (подпись)	<i>А.В. Бобровский</i> (И.О. Фамилия)
Задание принял к исполнению	_____ (подпись)	<i>С.Э. Макарецев</i> (И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

УДК 621.0.01

Техпроцесс изготовления ударника механического пресса. Выпускная квалификационная работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2016.

В выпускной квалификационной работе (ВКР) рассмотрены вопросы проектирования технологического процесса изготовления ударника механического пресса в условиях среднесерийного производства

Предложено:

- применение нового технологического процесса изготовления детали в условиях серийного производства;
- получение заготовки из проката нормальной точности;
- применение высокопроизводительного оборудования - станков с ЧПУ, автоматов и полуавтоматов;
- применение высокопроизводительной оснастки с механизированным приводом;
- применение высокопроизводительного комбинированного инструмента с износостойкими покрытиями;
- на основе проведенных научных исследований описана методика повышения стойкости твердосплавных пластин с помощью многослойных износостойких покрытий Ti-Nb-N;
- спроектировано сверло спиральное с радиусной кромкой и дополнительной подточкой задних поверхностей вблизи поперечной кромки;
- спроектирован патрон 3-х кулачковый клиновый с пневмоприводом для токарной операции;
- спроектировано приспособление для контроля радиального и торцевого биения с электронными индикаторами Mitutoyo;
- спроектировано захватное устройство промышленного робота, предназначенное для загрузки деталей на токарных станках

ВКР состоит из пояснительной записки в размере 108 страниц, содержащей 28 таблиц, 12 рисунков, и графической части, содержащей 11 листов.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение. Цель проекта.....	8
1 Описание исходных данных	9
1.1 Анализ служебного назначения детали	9
1.2 Анализ технологичности конструкции.....	12
1.3 Анализ базового варианта техпроцесса.....	13
1.4 Задачи проекта. Пути совершенствования техпроцесса.....	15
2 Технологическая часть проекта.....	18
2.1 Выбор типа производства	18
2.2 Экономическое обоснование выбора метода получения заготовки. 18	
2.3 Выбор методов обработки поверхностей.....	25
2.4 Определение припуска и проектирование заготовки.....	26
2.5 Разработка технологического маршрута	30
2.6 Выбор средств технологического оснащения.....	32
2.7 Проектирование технологических операций	35
3 Совершенствование операций с помощью научных исследований ...	44
4 Проектирование станочного приспособления	59
4.1 Анализ конструкции базового приспособления. Цели проектирования	59
4.2 Расчет усилия резания	59
4.3 Определение величины усилия закрепления	59
4.4 Выбор конструкции и расчет зажимного механизма.....	62
4.5 Выбор конструкции и расчет силового привода	63
4.6 Расчет погрешности базирования	64
4.7 Описание конструкции и принципа работы приспособления....	64
5 Проектирование режущего инструмента.....	66
6 Проектирование средств контроля.....	66
6.1 Анализ конструкции базового приспособления. Цели проектирования	42
6.2 Описание конструкции приспособления.....	42
7 Проектирование средств автоматизации.....	73
7.1 Выбор и проектирование робото-технического комплекса	

механической обработки	73
7.2 Расчет нагрузок и реакций в губках.....	74
7.3 Расчет усилия привода	75
7.4 Определение конструктивных параметров привода	76
7.5 Описание конструкции и принципа работы приспособления....	77
8 Проектирование производственного участка	79
8.1 Выбор типа промышленного здания.....	79
8.2 Проектирование участка изготовления детали.....	79
9 Безопасность и экологичность технического объекта	86
9.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта	86
9.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков	87
9.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков	88
9.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта (производственно- технологических эксплуатационных и утилизационных процессов).....	89
9.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.....	92
9.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта».....	94
10 Экономическая эффективность проекта.....	95
10.1 Краткая характеристика сравниваемых вариантов	95
10.2 Расчет капитальных вложений в совершенствование ТП	97
10.3 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов.....	99
10.4 Расчет показателей экономической эффективности	102
Заключение	104
Список используемой литературы	106
Приложения	108

ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ ПРОЕКТА

Серьёзной и наукоёмкой задачей является решение вопроса по развитию производства с экономической точки зрения. Инвестиции и капитальные вложения должны быть неотъемлемой частью современного машиностроения. Бесперебойная работа такого градообразующего предприятия как ОАО «АвтоВАЗ» невозможно без внедрения новых линеек продукции и повышения качества выпускаемой продукции. Снижения себестоимости возможно достичь применяя современные методики проектирования технологических процессов, внедряя технологическое оснащение, обладающее высокой производительностью и более широко использовать возможности автоматизации производства.

Данная выпускная квалификационная работа (ВКР) посвящена разработке технологического процесса изготовления ударника механического прессы в условиях его производства при среднесерийном производстве.

Получение экономического эффекта от внедрения прогрессивных технологических решений должно стать неотъемлемой частью работы инженера-машиностроителя. И данная работа является первым шагом на этом пути.

Исходя из вышесказанного, целью данной ВКР является проектирование технологического процесса изготовления ударника механического прессы с повышенным качеством обработки и сниженной себестоимостью его изготовления.

1 Описание исходных данных

1.1 Анализ служебного назначения детали

1.1.1 Описание конструкции узла, в который входит деталь

Данная деталь является ударником, устанавливается в узле механического прессы и предназначена для установки сопрягаемых деталей и передачи вращающего момента через кулачки.

На рисунке 1.1. приведен фрагмент узла.

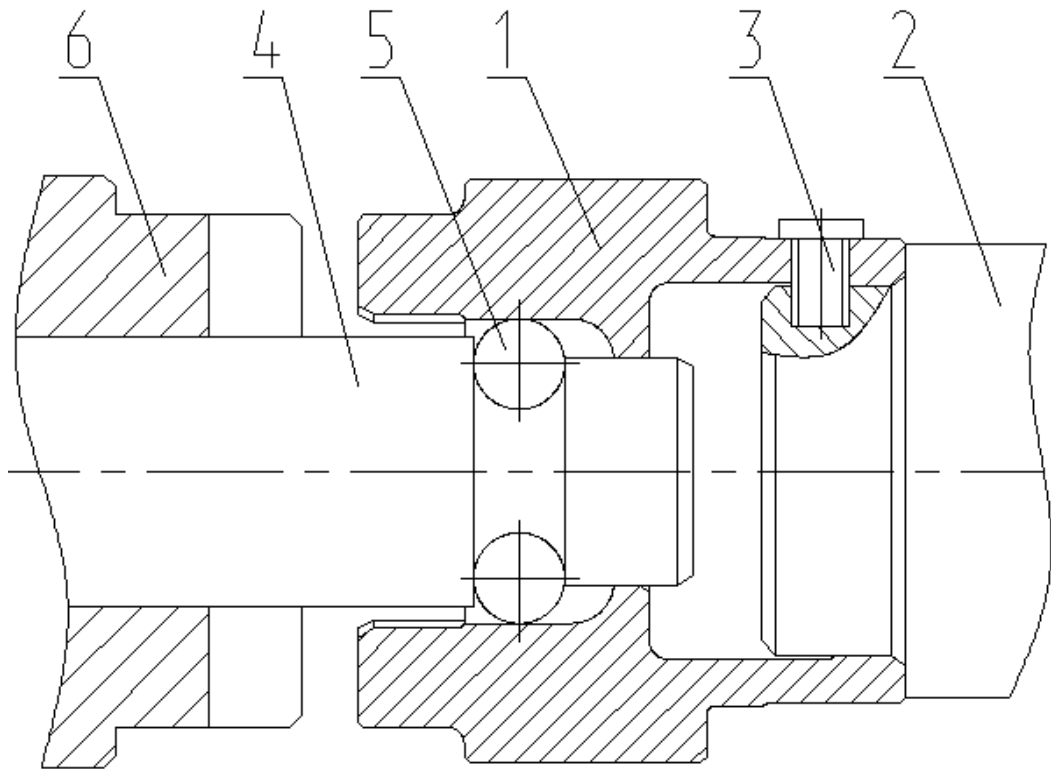


Рисунок 1.1- Фрагмент узла

Ударник 1 устанавливается на валу 2 и фиксируется винтом 3. С левого конца в отверстии ударника 1 устанавливается вал 4 с шариками 5. На валу 4 устанавливается пуансон 6, который входит в зацепление с кулачками ударника 1.

1.1.2 Анализ материала детали

Ударник имеет достаточно высокие требования к материалу и точности изготовления.

Материал ударника: сталь 20Х2Н4А ГОСТ 4543-71

Сталь 20Х2Н4А – конструкционная легированная.

Применение: шестерни, вал-шестерни, пальцы и другие цементуемые особо ответственные высоконагруженные детали, к которым предъявляются требования высокой прочности, пластичности и вязкости сердцевины и высокой поверхностной твердости, работающие под действием ударных нагрузок или при отрицательных температурах.

Химический состав и механические свойства стали 20Х2Н4А представлены в таблицах 1.1. и 1.2.

Таблица 1.1 - Химический состав стали 20Х2Н4А

В процентах

Элемент	С	S	P	Cr	Mn	Ni	Cu	Si
		Не более						
Содержание	0.16-0.22	0.025	0.025	1,25- 1,65	0.3- 0.6	3,25- 3,65	До 0,3	0.17- 0.37

Таблица 1.2 - Механические свойства стали 20Х2Н4А

σ_{02}	σ_B	δ_5	ψ	KCU	HB
МПа	МПа	%	%	Дж/см ²	
1080	1270	9	45	78	269

Обозначения в таблице 1.2:

σ_B – временное сопротивление, МПа;

σ_T - предел пропорциональности, МПа;

δ_5 - относительное удлинение при разрыве, %;

ψ - относительное сужение, %;

КСУ - ударная вязкость, Дж/см²;

НВ - твердость по шкале Бринелля.

1.1.3 Классификация поверхностей детали по служебному назначению

С целью выявления поверхностей, влияющих на выполнение деталью своего служебного назначения, проведём классификацию поверхностей детали (рисунок 1.2), результаты сведём в таблицу 1.3.

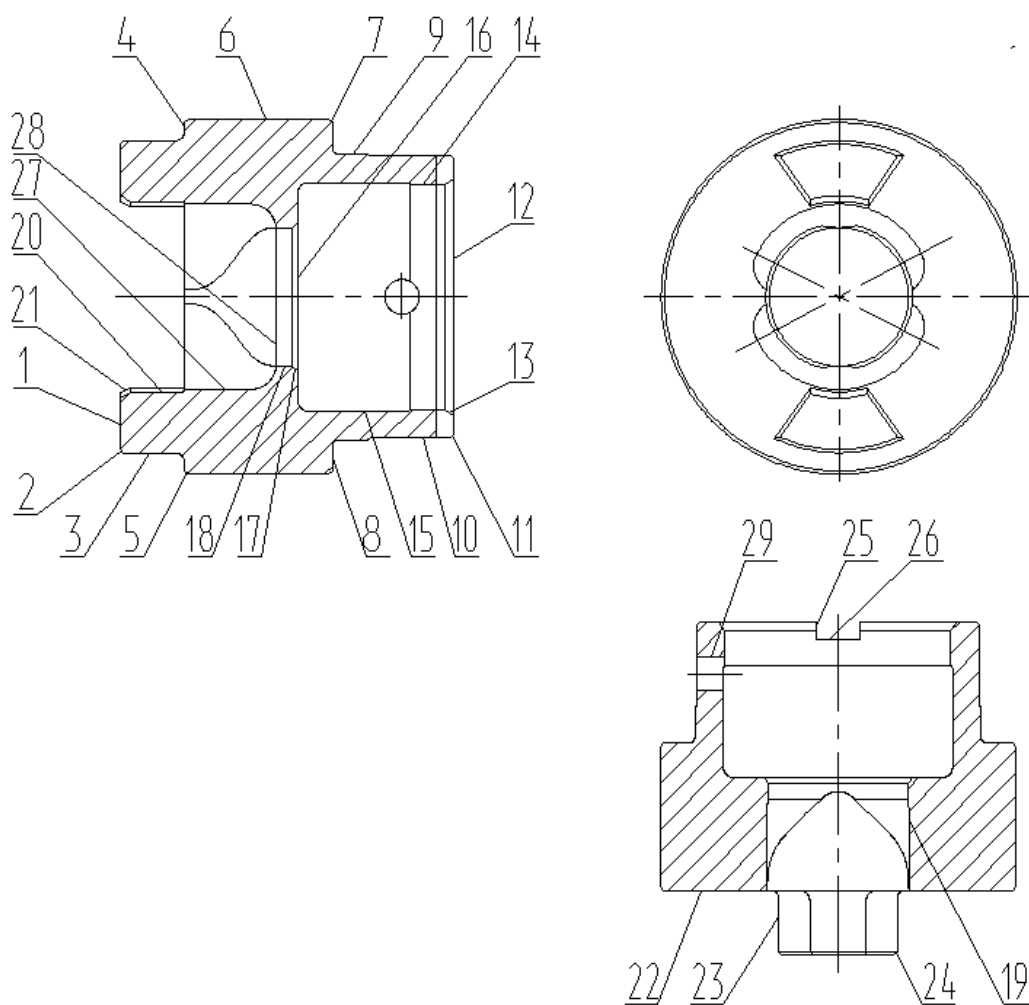


Рисунок 1.2 – Эскиз ударника

Таблица 1.3 - Классификация поверхностей ударника

N	Вид поверхностей	Номера поверхностей
1	Исполнительные поверхности	23

N	Вид поверхностей	Номера поверхностей
2	Основные конструкторские базы (ОКБ)	14,12
3	Вспомогательные конструкторские базы (ВКБ)	1,27,28,18,29,25
4	Свободные поверхности	Остальные

1.2 Анализ технологичности конструкции детали

Такие детали как ударники изготавливаются из конструкционной легированной стали 20Х2Н4А по ГОСТ 4543-71 либо горячим объемным штампованием, либо отрезкой проката. Форма наружного контура изделия не вызывает затруднений при получении заготовки, то есть, заготовка является технологичной.

Технологичность при базировании и закреплении оправки определяется наличием естественных баз, а также возможностью обеспечения совпадения технологических и измерительных баз с сохранением точности и шероховатости.

Анализ конструкции изделия позволяет выбрать в качестве черновых технологических баз на токарной операции использовать пов. 6 и торец пов. 1.

При последующей токарной обработке при обработке левого конца в качестве баз возможно использовать пов. 10 и торец пов. 12, при обработке правого конца - пов. 6 и торец пов. 8.

На операциях фрезерной обработки в качестве баз используем пов. 14 и торец пов. 12.

При внутришлифовальной черновой обработке в качестве баз используем пов. 6 и торец пов. 4.

При внутришлифовальной чистовой обработке отверстия 18 в качестве баз используем отв. 14 и торец пов. 12.

При внутришлифовальной чистовой обработке отверстия 14 и торца 12 в качестве баз используем отв. 18 и торец пов. 1.

Совпадение технологических и измерительных баз на большинстве операций позволяет говорить о соблюдении правил единства и постоянства баз.

Исходя из вышесказанного, конструкция ударника достаточно технологична.

1.3 Анализ базового варианта техпроцесса

1.3.1 Технологический маршрут базового техпроцесса

В задачу входит выявление недостатков базового варианта техпроцесса, при устранении которых будет достигнута цель квалификационной работы.

Содержание и последовательность операций базового технологического маршрута приведена в таблице 1.4.

Таблица 1.4 - Последовательность обработки ударника

Операция		Средства технологического оснащения			Тшт, час
№ оп	Наименование оп, номера обrab. пов.	Оборудование	Приспособле- ние	Инструмент (материал режущей части)	
1	2	3	4	5	6
005	Слесарная				0,01
010	Заготовительная				0,05
015	Моечная				0,01
020	Контрольная				0,01
025	Термическая (отжиг)				0,47
030	Наладочная				6
035	Токарная про- граммная	Токарно- винторезный SAMAT 135 NC	Патрон 3-х кулачковый	Резец проходной T5K10 Резец подрезной T5K10 Сверло центровочное P6M5 Сверло спиральное P6M5 Резец расточной T5K10	0,25
040	Наладочная				6
045	Токарная про- граммная	Токарно- винторезный SAMAT 135 NC	Патрон 3-х кулачковый	Резец проходной T5K10 Резец подрезной T5K10 Сверло центровочное P6M5 Сверло спиральное P6M5 Резец расточной T5K10	0,25
050	Токарная	Токарно- винторезный 16K20	Патрон по- водковый с центром. Центр вра- щающийся	Резец проходной T30K4	0,03

Операция		Средства технологического оснащения			Тшт, час
№ оп	Наименование оп, номера обработ. пов.	Оборудование	Приспособле- ние	Инструмент (материал режущей части)	
1	2	3	4	5	6
055	Фрезерная	Вертикально-фрезерный 6P11	Тиски	Фреза концевая P6M5	0,25
060	Слесарная				0,01
065	Фрезерная	Сверлильно-фрезерно-расточной ИР800МФ4	Приспособление специальное	Фреза радиусная P6M5	0,25
070	Фрезерная	Сверлильно-фрезерно-расточной ИР800МФ4	Приспособление специальное	Фреза радиусная P6M5K5	0,25
075	Слесарная				0,04
080	Наладочная				1
085	Фрезерная	Сверлильно-фрезерно-расточной ИР800МФ4	Приспособление специальное	Фреза радиусная P6M5K5	0,12
090	Фрезерная	Сверлильно-фрезерно-расточной ИР800МФ4	Приспособление специальное	Фреза радиусная P6M5K5	0,12
095	Слесарная				0,04
100	Сверлильная	Вертикально-сверлильный 2P135	Тиски	Сверло спиральное P6M5 Сверло центровочное P6M5	0,083
105	Слесарная				0,04
110	Моечная				0,01
115	Контрольная				0,01
120	Термическая (цементация)				0,47
125	Круглошлифовальная	Круглошлифовальный станок 3M151	Патрон поводковый с центром. Центр упорный	Круг шлифовальный	0,035
130	Внутришлифовальная	Внутришлифовальный	Патрон цанговый	Круг шлифовальный	0,035

Операция		Средства технологического оснащения			Тшт, час
№ оп	Наименование оп, номера обработ. пов.	Оборудование	Приспособле- ние	Инструмент (материал режущей части)	
1	2	3	4	5	6
		станок 3К227В			
135	Внутришлифовальная	Внутришлифовальный станок 3К227В	Патрон цанговый	Круг шлифовальный	0,041
140	Моечная				0,01
145	Контрольная				0,01
150	Консервация				0,02
150	Маркировочная				0,02

1.4 Задачи проекта. Пути совершенствования техпроцесса

1.4.1 Недостатки базового ТП

Анализируя базовый ТП обработки ударника выявляем, что заводской ТП возможно использовать только в единичном и мелкосерийном производствах. Оборудование и оснастка, используемые в ТП, не позволяют обеспечивать высокую производительность в среднесерийном производстве.

При анализе базового ТП выявили ряд недочетов, которые не позволяют повысить производительность обработки ударника механического пресса и снизить её себестоимость.

Основными недостатками являются:

1) в качестве оборудования выбраны низкопроизводительные универсальные станки, например 16К20, либо наоборот дорогостоящие - ИР800МФ4;

2) на операции 050 производится чистовое точение пов. 6 в центрах, что приводит к погрешностям базирования, т.к. базовыми поверхностями являются более точные отв. 18 и 14;

3) фрезерные операции производятся при базировании по пов. 6, а не 14, что приводит к погрешностям базирования и увеличению припуска на обработ-

ку;

- 4) неоптимальная структура фрезерных и сверлильных операций;
- 5) на операции 125 производится чистовое шлифование пов. 6 только для того, чтобы по ней можно было бы установить заготовку при внутришлифовальных операциях;
- 6) наличие слесарной операции;
- 7) универсальный инструмент низкой производительности;
- 8) универсальная оснастка предопределяет слишком большое штучное время;
- 9) низкий уровень автоматизации и механизации.

1.4.2 Задачи проекта. Пути совершенствования техпроцесса

Задачами ВКР с учетом вышеприведенных недостатков будут:

- 1) использовать высокопроизводительное оборудование (в условиях среднесерийного производства);
- 2) пов. 6 начисто обрабатывать на токарной чистовой операции при установке заготовки по базовой пов. 14;
- 3) фрезерные операции производятся при установке заготовки по базовой пов. 14, что исключит погрешности базирования;
- 4) обработку пов. 25,26 и отв. 29 вместо двух операций 055 и 100 будем производить на одной;
- 5) фрезерную обработку кулачков 22,23 и пазов 27,28 вместо четырех будем производить на одной операции при установке заготовки по шлифованному отверстию 14, что увеличит точность обработки;
- 6) исключим круглошлифовальную обработку пов. 6, шлифование отверстий 18 и 14 будем производить друг относительно друга при установке заготовки в мембранном патроне;
- 7) внедрить операцию электрохимической обработки;
- 8) увеличить период стойкости инструментов, используя последние достижения науки и техники;
- 9) использовать специализированную оснастку;

- 10) применить высокопроизводительный комбинированный инструмент;
- 11) спроектировать патрон 3-х кулачковый самоцентрирующий для токарной операции;
- 12) спроектировать контрольное приспособление с высокоточными электронными индикаторами для контроля биения;
- 13) спроектировать сверло спиральное;
- 14) для загрузки заготовок на некоторые станки применить промышленные роботы, спроектировать захватное устройство ПР;
- 15) провести анализ ТП по наличию опасных и вредных факторов;
- 16) определить экономический эффект от внесенных в ТП изменений.

2 Технологическая часть проекта

2.1 Выбор типа производства

Определение способа получения заготовки, выбор метода организации техпроцесса определим в зависимости от производства.

Известно, что величина коэффициента закрепления операций различна при разных типах производства.

Определим тип производства, чтобы, зная его отличительные признаки, грамотно решить задачу разработки технологического процесса. По таблице [9] при массе детали 0,13 кг и программе выпуска 10000 штук в год выбираем среднесерийный тип производства.

Так как производство среднесерийное, то в зависимости от программы и номенклатуры выпускаемых деталей форма организации техпроцесса – будет поточная или переменнo-поточная.

В соответствии с этим необходимо использовать как универсальное так и специальное оборудование, станки-автоматы, механизированную оснастку, специальный режущий и мерительный инструмент, оборудование размещать по ходу технологического процесса.

2.2 Экономическое обоснование выбора метода получения заготовки

2.2.1 Выбор вариантов исходной заготовки

Основываясь на физико-технологических свойствах стали 20Х2Н4А, её формах и размерах изделия заготовку можно получить:

- поковкой;
- штамповкой;
- прокатом.

Определим параметры исходных заготовок.

Масса штамповки $M_{ш}$, кг, ориентировочно определяется по формуле

[8, с. 23]

$$M_{ш} = M_{д} \cdot K_p, \quad (2.1)$$

где $M_{д}$ – масса изделия, кг;

K_p – расчетный коэф., зависящий от формы детали и устанавливаемый по [8, с. 23]. Для данной детали примем $K_p = 1,4$

$$M_{ш} = 0.13 \cdot 3.5 = 0.46 \text{ кг}$$

По ГОСТ 7505-89 [8] определим основные параметры заготовки:

- штамповочное оборудование: КГШП;
- нагрев заготовки: индукционный;
- класс точности – Т3 [8, с.28];
- группа стали – М2 [8, с.8];
- степень сложности – С2 [8, с. 29].

Масса проката определяется $M_{пр}$, кг выражением:

$$M_{пр} = V \cdot \gamma, \quad (2.2)$$

где V – объем проката, мм^3 ;

γ - удельная плотность стали, $\text{кг}/\text{мм}^3$.

Сортовой прокат в данном случае представляет собой цилиндрическое тело с определенного диаметра и длины, которые мы определим выражением [11]:

$$d_{пр} = d_{д}^{\max} \cdot 1,05 = 41 \cdot 1,05 = 45,1 \text{ мм} \quad (2.3)$$

где $d_{д}^{\max}$ – максимальный диаметр детали, мм

Принимаем $d_{пр} = 45 \text{ мм}$

$$l_{пр} = l_{д}^{\max} \cdot 1,05 = 38.5 \cdot 1,05 = 42,4 \text{ мм} \quad (2.4)$$

где l_d^{\max} – максимальная длина детали, мм

Принимаем $l_{\text{пр}} = 42,4$ мм

Объем цилиндрических элементов заготовок V , мм³, определим выражением [11]:

$$V = \pi \cdot d_{\text{пр}}^2 \cdot l_{\text{пр}} / 4 = 3,14 \cdot 45^2 \cdot 42,4 / 4 = 67400 \text{ мм}^3 \quad (2.5)$$

Отсюда масса заготовки из круглого проката

$$M_{\text{пр}} = 67400 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 0,53 \text{ кг}$$

Теперь мы можем выбрать прокат по ГОСТ 2580-2006:

$$\text{Круг} \frac{45 - \text{В} - \text{ГОСТ 2590} - 2006}{20\text{X}2\text{H}4\text{A} \text{ ГОСТ 4543} - 71}$$

2.2.2 Технико-экономическое обоснование оптимального варианта заготовки

За критерий оптимальности выбираем минимальную величину стоимости производства изделия C_d , руб, которую определим выражением [11]

$$C_d = C_3 + C_{\text{мо}} - C_{\text{отх}}, \quad (2.6)$$

где C_3 – стоимость исходной заготовки, руб;

$C_{\text{мо}}$ – стоимость последующей механической обработки, руб;

$C_{\text{отх}}$ – стоимость отходов при механической обработке, руб.

2.2.2.1 Вариант горячей штамповки

Стоимость заготовки определяется по формуле [11]

$$C_3 = C_б \cdot M_{\text{ш}} \cdot K_T \cdot K_{\text{сл}} \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{\text{п}}, \quad (2.7)$$

где C_0 – базовая стоимость 1 кг заготовки, руб/кг;

$M_{ш}$ – примерная масса штамповки, кг;

K_T – коэф., точности штамповок;

$K_{сл}$ – коэф., сложности штамповок;

K_B – коэф., массы штамповок;

K_M – коэф., марки материала;

$K_{п}$ – коэф., объема производства.

$$C_0 = 11,2 \text{ руб/кг [11]}$$

$$\text{Для класса точности ТЗ} - K_T = 1.0 \text{ [11]}$$

$$\text{Для степени сложности С2} - K_{сл} = 0.89 \text{ [11]}$$

$$K_B = 1.61 \text{ [11]}$$

$$\text{Для стали 20Х2Н4А принимаем } K_M = 1.27 \text{ [11]}$$

$$\text{Для среднесерийного производства } K_{п} = 1,0 \text{ [11]}$$

$$C_3 = 11,2 \cdot 0.46 \cdot 1.0 \cdot 0.89 \cdot 1.61 \cdot 1.27 \cdot 1.0 = 9.27 \text{ руб}$$

Стоимость механической обработки штамповки $C_{мо}$, руб, определяется по формуле:

$$C_{мо} = (M_{ш} - M_{д}) \cdot C_{уд}, \quad (2.8)$$

где $C_{уд}$ – удельные затраты на съем 1 кг материала, руб/кг.

Удельные затраты при механической обработке резанием $C_{уд}$, руб, могут быть определены по формуле:

$$C_{уд} = C_c + E_n \cdot C_k, \quad (2.9)$$

где C_c – текущие затраты, руб/кг;

C_k – капитальные затраты, руб/кг;

E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений
($E = 0,1 \dots 0,2$). Для машиностроения принимает $E_n = 0,16$

Принимаем $C_c = 14,8$ руб/кг, $C_k = 32,5$ руб/кг [11, с. 25]

Тогда

$$C_{mo} = (0,46 - 0,13) \cdot (14,8 + 0,16 \cdot 32,5) = 6,50 \text{ руб}$$

Стоимость отходов $C_{отх}$, руб, является возвратной величиной и определяется как

$$C_{отх} = (M_{ш} - M_d) \cdot C_{отх}, \quad (2.10)$$

где $C_{отх}$ – цена отходов (стружки), руб/кг.

Принимаем $C_{отх} = 0,4$ руб/кг [11, с. 25]

Тогда

$$C_{отх} = (0,46 - 0,13) \cdot 0,4 = 0,13 \text{ руб}$$

$$C_d = 9,27 + 6,50 - 0,13 = 15,64 \text{ руб}$$

Стоимость изготовления детали с учетом коэффициента приведения цен к ценам 2016 г

$$S_{дш} = C_d \cdot K = 15,64 \cdot 2 = 31,28 \text{ руб} \quad (2.11)$$

2.2.2.2 Вариант заготовки из проката

Стоимость заготовки из сортового проката определяется по формуле [11]

$$C_{пр} = C_{мпр} \cdot M_{пр} + C_{оз}, \quad (2.12)$$

где $C_{мпр}$ – стоимость материала 1 кг проката в руб/кг; $C_{мпр} = 12$ руб/кг

$C_{оз}$ – стоимость отрезки заготовки из проката, руб.

$$C_{оз} = \frac{C_{пз} \cdot T_{шт}}{60}, \quad (2.13)$$

где $C_{пз}$ – приведенные затраты на рабочем месте, руб/ч; $C_{пз} = 30,2$ руб/ч [11]

$C_{оз}$ – стоимость отрезки заготовки из проката, руб.

Штучное время $T_{шт}$, мин, определяется по формуле [11]

$$T_{шт} = T_o \cdot \varphi_k, \quad (2.14)$$

где T_o – основное технологическое время, мин;

φ_k – коэффициент, учитывающий тип производства и вид оборудования.

Для расчетов на этапе выбора заготовки можно принять $\varphi_k = 1,5$, а основное время для отрезных станков T_o , мин, определяется по формуле [11]

$$T_o = 0,19 \cdot d_{пр}^2 \cdot 10^{-3}, \quad (2.15)$$

где $d_{пр}$ – диаметр проката, мм

$$T_o = 0,19 \cdot 45^2 \cdot 10^{-3} = 0,38 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = 0,38 \cdot 1,5 = 0,58 \text{ мин}$$

$$C_{оз} = 30,2 \cdot 0,58 / 60 = 0,29 \text{ руб}$$

Тогда

$$C_{пр} = C_{мпр} \cdot M_{пр} + C_{оз} = 12 \cdot 0,53 + 0,29 = 6,64 \text{ руб}$$

Стоимость механической обработки составит

$$C_{мо} = (M_{пр} - M_{д}) \cdot C_{уд} = (0,53 - 0,13) \cdot (14,8 + 0,16 \cdot 32,5) = 7,98 \text{ руб}$$

Стоимость отходов

$$C_{отх} = (0,53 - 0,13) \cdot 0,40 = 0,16 \text{ руб}$$

Тогда

$$C_d = C_{\text{пр}} + C_{\text{мо}} - C_{\text{отх}} = 6.64 + 7.98 - 0.16 = 14.46 \text{ руб}$$

Стоимость изготовления детали с учетом коэффициента приведения цен к ценам 2016 г

$$S_{\text{д пр}} = C_d \cdot K = 14,46 \cdot 2 = 28,92 \text{ руб}$$

2.2.3 Сравнение вариантов исходных заготовок

Коэффициент использования материала $K_{\text{им}}$ определяется по формуле

$$K_{\text{им}} = M_d / M_3 \quad (2.16)$$

Для штамповки

$$K_{\text{им}} = 0.13 / 0.46 = 0.29$$

Для проката

$$K_{\text{им}} = 0.13 / 0.53 = 0.25$$

На основании сопоставления технологической себестоимости по рассматриваемым вариантам делаем заключение о том, что оптимальным является вариант получения заготовки полученной из штамповки.

Годовой экономический эффект, \mathcal{E}_g , руб, определяется по формуле

$$\mathcal{E}_g = (C_{\text{д пр}} - C_{\text{д ш}}) \cdot N_g \quad (2.17)$$

где $N_g = 10000$ шт/год- годовая программа выпуска

$$\mathcal{E}_g = (31,28 - 28,92) \cdot 10000 = 23600 \text{ руб.}$$

2.3 Выбор методов обработки поверхностей

Анализировать последовательность операций необходимо с точки зрения обоснования правильности при выборе метода обработки.

Сначала нужно определить способы окончательных обработок каждой поверхности изделия по [17] и [11].

Назначаем промежуточные способы виды обработки (технологические переходы). Определяем наиболее выгодный по критерию наименьшей трудоемкости технологический маршрут каждой из поверхностей [11].

Определяем коэффициент трудоемкости на основании [11] и окончательный выбор методов обработки поверхностей будем проводить на основе наименьшего коэффициента трудоемкости.

Результаты выбора методов обработки штока приведены в таблице 2.1, где обозначено:

Т- обтачивание черновое,	Тч- обтачивание чистовое,
Ш- шлифование черновое,	Шч- шлифование чистовое,
Р- растачивание черновое,	Рч- растачивание чистовое,
С- сверление,	Ф- фрезерование черновое,
Фч- фрезерование чистовое,	То- термообработка

Таблица 2.1- Методы обработки поверхностей

Номер обрабатываемой поверхности	Точность IT	Шероховатость Ra, мкм	Твердость HRC	Маршруты обработки	Коэффициент трудоемкости
1	2	3	4	5	6
12	10	3,2	59	Т, Тч, ТО, Шч	3,0
1,3,4,6,9	11	3,2	59	Т, Тч, ТО	2,2
10,8	12	3,2	59	Т, Тч, ТО	2,2
2,5,7,11	14	3,2	59	Т, Тч, ТО	2,2
18,14	8	0,4	59	С, Р, Рч, Ш, ТО, Шч	9,2

Номер обрабатываемой поверхности	Точность IT	Шероховатость Ra, мкм	Твердость HRC	Маршруты обработки	Коэффициент трудоемкости
20	9	3,2	59	С, Р, Рч, ТО	3,6
15	12	3,2	59	С, Р, Рч, ТО	3,6
19	13	3,2	59	С, Р, Рч, ТО	3,6
21,17,16,13	14	3,2	59	С, Р, Рч, ТО	3,6
1	2	3	4	5	6
29	12	3,2	59	С, ТО	1,2
22,23,24,26	10	3,2	59	Ф, Фч, ТО	2,5
27,28	9	3,2	59	Ф, Фч, ТО	2,5
25	8	3,2	59	Ф, Фч, ТО	2,5

Анализируя таблицу 2.2 приходим к выводу, что данные методы обработки и их последовательность обеспечивают обработку поверхностей с заданным качеством

2.4 Определение припусков и проектирование заготовки

2.4.1 Расчет промежуточных припусков и операционных размеров

Промежуточные припуски на обработку определим по [16, с. 191]. Результаты приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Припуски на обработку поверхностей детали

№ оп	Наименование оп	№ обраб. поверхн.	Припуск на сторону, мм
005	Токарная (черновая)	8,9,10,12,15,16,18	2,0max
010	Токарная (черновая)	1,3,4,6,20,22,19	2,0max

№ оп	Наименование оп	№ обраб. поверхн.	Припуск на сторону, мм
015	Токарная (чистовая)	7,8,9,10,11,12,13, 14,15,16,1,187	0,30
020	Токарная (чистовая)	1,2,3,4,5,6,21,20,22,19	0,30
025	Внутришлифовальная (черновая)	18,14	0,10
060	Внутришлифовальная (чистовая)	18	0,05
065	Внутришлифовальная (чистовая)	14 12	0,05 0,10

2.4.2 Проектирование и расчет заготовки

Определим необходимый диаметр проката, назначив соответствующие припуски.

Так черновое точение подразумевает припуск на сторону в 1,1 мм, а чистовое – 0,4 мм.

Рассчитаем диаметр проката

$$D = 41 + 2,2 + 0,8 = 44 \text{ мм}$$

Теперь мы определим по ГОСТу наиболее приближенный диаметр, с округлением в большую сторону.

$$\text{Круг } \frac{44 - \text{В} - \text{ГОСТ } 2590 - 2006}{20\text{X}2\text{H}4\text{A} - \text{ГОСТ } 4543 - 71}$$

Припуск на подрезку торцовых поверхностей определяют по [9]

Припуск на подрезку черновую подрезку 1,1 мм на стороне, чистовой - 0,4 мм.

$$\text{Определим длину заготовки } L_3 = 38,5 + 2,2 + 0,8 = 41,5 \text{ мм}$$

Далее определим объем прокатанной заготовки, ориентируясь при этом на плюсовые допуски $\varnothing 44,4$.

$$V = \pi \cdot d^2 \cdot l / 4 = 3,14/4 \cdot (44,4^2 \cdot 41,5) = 64222 \text{ мм}^3$$

Масса заготовки определим выражением:

$$m_3 = V \cdot \gamma = 64222 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 0,50 \text{ кг}$$

Теперь необходимо определиться с максимальной длиной проката и учесть при этом, что заготовку при обработке необходимо зажимать в станочном приспособлении, и её отрезают абразивным кругом с шириной прореза $l_p = 5$ мм.

Длину торцового обрезка проката определим выражением [9]:

$$l_{об} = (0,3 \div 0,5) d = 0,35 \cdot 44 = 15 \text{ мм} \quad (2.18)$$

где d - диаметр в месте отрезки, мм.

Тогда основываясь на представленных выше сведениях, и приняв за основу, что для закрепления необходимо 80 мм определим количество заготовок, которые можно получить из проката длиной 4 м.

$$X_4 = (L_{пр} - l_{аж} - l_{об}) / (L_3 + l_p) = (4000 - 80 - 15) / (41,5 + 5) = 83,9 \quad (2.19)$$

Получилось 83 заготовки.

А из проката длиной 7 м

$$X_7 = (L_{пр} - l_{аж} - l_{об}) / (L_3 + l_p) = (7000 - 80 - 15) / (41,5 + 5) = 148,5$$

Получаем 148 заготовок.

В заключении определим величину остатка длины проката после разрезки на заготовки:

Прокат длиной 4 м

$$L_{нк} = L_{пр} - l_{аж} - l_{об} - L_3 \cdot X_4 = 4000 - 80 - 15 - 83 \cdot 46,5 = 45,5 \text{ мм} \quad (2.20)$$

$$П_{нк4} = L_{нк} \cdot 100 / L_{пр} = 45,5 \cdot 100 / 4000 = 1,13\% \quad (2.21)$$

из проката длиной 7 м

$$L_{нк} = L_{пр} - l_{аж} - l_{об} - L_3 \cdot X_7 = 7000 - 80 - 15 - 148 \cdot 46,5 = 23 \text{ мм или}$$

$$П_{нк7} = L_{нк} \cdot 100 / L_{пр} = 23 \cdot 100 / 7000 = 0,32\%$$

То есть, расчеты говорят о том, что экономичнее использовать прокат длиной 7 м. При этом потеря материала на закрепление составит

$$П_{зж} = L_{зж} \cdot 100 / L_{пр} = 80 \cdot 100 / 7000 = 1,14\% \quad (2.22)$$

В то же время потеря материала на длину торцевого обрезка проката в процентном отношении к длине проката составит [9]

$$П_{от} = L_{об} \cdot 100 / L_{пр} = 15 \cdot 100 / 7000 = 0,21\% \quad (2.23)$$

Тогда получаем потерю с учетом всех факторов:

$$П_0 = П_{нк} + П_{зж} + П_{от} = 0,32 + 1,14 + 0,21 = 1,67\% \quad (2.24)$$

Ну и наконец мы подошли к определению расхода на одну деталь учитывая все неизбежные технологические потери, которые определим выражением [4]:

$$M_{зп} = m_3(100 + П_0) / 100 = 0,5 \cdot (100 + 1,67) / 100 = 0,508 \text{ кг.} \quad (2.25)$$

При этом величина коэффициента использования материала составит:

$$КИМ = m_d / M_{зп} = 0,13 / 0,508 = 0,25$$

2.5 Разработка технологического маршрута

2.5.1 Разработка схем базирования

При установке изделия в приспособлениях, используемых при работе технологического оборудования, необходимо стремиться к соблюдению принципам единства баз и постоянства баз. Соблюдение данных принципов позволит свести к минимуму погрешности механической обработки.

Одним из основных правил является совмещение измерительных баз (базы от которых проставлены размеры, а также отклонения формы и расположения обрабатываемых поверхностей), и технологических баз (базы, являющиеся опорными поверхностями при установке в приспособлениях).

Сущность конфигурации детали подразумевает, что во всех операциях техпроцесса изготовления фланца несущего необходимо обеспечить точное базирование в радиальном и осевом направлениях, что достигается применением соответствующих приспособлений самоцентрирующего типа, что, в свою очередь и должно реализовать схему базирования..

Черновые базы на первой токарной операции представляют пов. 6 и торец пов. 1.

При последующей токарной обработке при обработке левого конца в качестве баз возможно использовать пов. 10 и торец пов. 12, при обработке правого конца - пов. 6 и торец пов. 8.

На фрезерной операции в качестве баз используем пов. 14 и торец пов. 12.

При внутришлифовальной черновой обработке в качестве баз используем пов. 6 и торец пов. 4.

При внутришлифовальной чистовой обработке отверстия 18 в качестве баз используем отв. 14 и торец пов. 12.

При внутришлифовальной чистовой обработке отверстия 14 и торца 12 в качестве баз используем отв. 18 и торец пов. 1.

В графической части работы на плане обработки представлены теоретические схемы базирования по операциям техпроцесса фланца несущего опоры бункера загрузки.

2.5.2 Технологический маршрут обработки детали

Составим таблицу с технологическим маршрутом обработки изделия по каждой операции, включая номер и название как операции, так и номеров базовых и обрабатываемых операций, качества и шероховатости (таблица 2.3).

Таблица 2.3 - Маршрут обработки ударника

№ оп.	Наименован. операции	№ базовых поверх.	№ обраб. поверх.	Точность, качество	Ra, мкм	Оборудование
000	Заготовительная			16	40	8Г240
005	Токарная (черновая)	1,6	8,9,10,12,15,16,18	13	6,3	SAMAT 135 NC
010	Токарная (черновая)	10,12	1,3,4,6,20,22,19	13	6,3	SAMAT 135 NC
015	Токарная (чистовая)	1,6	7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,1,18	10	3,2	SAMAT 135 NC
020	Токарная (чистовая)	10,12	1,2,3,4,5,6,21,20,22,19	10	3,2	SAMAT 135 NC
025	Внутришлифовальная (черновая)	1,6	18,14	9	1,25	3М151
030	Фрезерная	1,6	26 25	12 8	3,2 3,2	6904ВМФ2
035	Фрезерная	14,12,25	23,22 27,28	10 9	3,2 3,2	6Р11МФ3-1
040	Слесарная					4407
045	Моечная					КММ
050	Контрольная					
055	Термическая					

№ оп.	Наименован. операции	№ базовых поверх.	№ обраб. поверх.	Точность, качество	Ra, мкм	Оборудование
060	Внутришлифовальная (чистовая)	12,14	18	8	0,4	3K227B
065	Внутришлифовальная (чистовая)	1,18	14 12	8 10	0,4 3,2	3K227B
070	Моечная					КММ
075	Контрольная					

2.5.3 План обработки детали

В данном разделе представим план обработки изделия " Ударник ".

Первый столбец в плане обработки показывает номер операции и её наименование; во втором столбце - применяемое оборудование; в третьем - операционный эскиз обработки, на котором показаны обрабатываемые поверхности, выделенный утолщенной линией, теоретическая схема базирования и операционные размеры. Четвертый столбец включает систему операционных допусков и технических требований.

План обработки ударника представлен на листах формата графической части.

2.6 Выбор средств технологического оснащения

2.6.1 Выбор оборудования

В таблице 2.4 приведены сведения об оборудовании.

Таблица 2.4 – Технологическое оборудование

№ оп.	Наименование операции	Станок
005 010	Токарная (черновая)	Токарно-винторезный с ЧПУ SAMAT 135 NC
015 020	Токарная (чистовая)	Токарно-винторезный с ЧПУ SAMAT 135 NC
025	Внутришлифовальная	Торцевнутришлифовальный 3К227В
030	Фрезерная	Горизонтально-фрезерный с ЧПУ 6904ВМФ2
035	Фрезерная	Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6Р11МФ3-1
040	Слесарная	Электрохимический станок для снятия заусенцев 4407
045 070	Моечная	Камерная моечная машина
060 065	Внутришлифовальная	Торцевнутришлифовальный 3К227В

2.6.2 Выбор станочных приспособлений

В таблице 2.5 приведены сведения о приспособлениях.

Таблица 2.5 – Приспособления по операциям

№ оп	Наименование операции	Приспособление
005 010	Токарная (черновая)	Патрон токарный 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80
015 020	Токарная (чистовая)	Патрон токарный 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80
025	Внутришлифовальная	Патрон мембранный ОСТ 3-3443-76

№ оп	Наименование операции	Приспособление
030	Фрезерная	Приспособление специальное самоцентрирующее с гидроприводом ОСТ 3-3907-77
035	Фрезерная	Приспособление специальное самоцентрирующее с гидроприводом ОСТ 3-3907-77
060 065	Внутришлифовальная	Патрон цанговый ОСТ 1-52345-79

2.6.3 Выбор режущего инструмента

В таблице 2.6 приведены сведения о режущем инструменте и используемых контрольно-измерительных средств.

Таблица 2.6 - Режущий и контрольный инструмент

№ оп	Наименование операции	Режущий инструмент	Мерительный инструмент
1	2	3	4
005 010	Токарная (черновая)	Резец токарный проходной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин. Пластина 3х гранная, Т5К10, покрытие Ti-Nb-N $\varphi=92^\circ$, $\varphi_1=8^\circ$, $\lambda=0$ $\alpha=11^\circ$ h=25 b=25 L=125 ОСТ 2И.101-83 Сверло $\varnothing 14$ Р18К5Ф2 ГОСТ 10902-77, покрытие Ti-Nb-N Резец токарный расточной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин. Пластина, Т5К10, покрытие Ti-Nb-N $\varphi=92^\circ$, $\lambda=0$ $\alpha=11^\circ$ h=10 b=10 L=100 ОСТ 2И.101-83	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73 Калибр-пробка ГОСТ 14807-69 Шаблон ГОСТ 2534-79
015 020	Токарная (чистовая)	Резец токарный проходной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин. Пластина 3х гранная, Т15К6, покрытие Ti-Nb-N, $\varphi=92^\circ$, $\varphi_1=8^\circ$, $\lambda=0$ $\alpha=11^\circ$ h=25 b=25 L=125 ОСТ 2И.101-83 Резец токарный расточной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин. Пластина Т15К6, покрытие Ti-Nb-N,	Калибр-скоба ГОСТ18355-73 Калибр-пробка ГОСТ 14807-69; Шаблон ГОСТ 2534-79

№ оп	Наименование операции	Режущий инструмент	Мерительный инструмент
1	2	3	4
		$\varphi=97^\circ, \lambda=0 \alpha=11^\circ h=10 b=10 L=100$ ОСТ 2И.101-83	
025	Внутришлифовальная (черновая)	Круг шлифовальный 5 14x10x6 91А F46 L 9 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Шаблон ГОСТ 2534-79 Калибр-пробка ГОСТ14827-69
030	Фрезерная	Фреза шпоночная $\varnothing 5,02$ ГОСТ 9140-78, P18K5Ф2, покрытие (Ti, Cr)C. Сверло центровочное $\varnothing 4$ тип А ГОСТ 14952-75 P18K5Ф2, покрытие (Ti, Cr)C.	Шаблон ГОСТ 2534-73
035	Фрезерная	Фреза концевая радиусная $\varnothing 5,4$ T5K10, покрытие Ti-Nb-N Фреза концевая радиусная $\varnothing 6$ T15K6, покрытие Ti-Nb-N Фреза концевая $\varnothing 16$ T5K10 ГОСТ 18372-73, покрытие Ti-Nb-N Фреза концевая $\varnothing 16$ ГОСТ 18372-73, T15K6, покрытие Ti-Nb-N	Шаблон ГОСТ 2534-73 Калибр-пробка ГОСТ14827-69
060 065	Внутришлифовальная (чистовая)	Круг шлифовальный 5 14x10x6 91А F60 М 7 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007 Круг шлифовальный 6 20x16x8 91А F60 М 7 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Шаблон ГОСТ 2534-79 Калибр-пробка ГОСТ 14827-69 Приспособление мерительное с индикатором

2.7 Проектирование технологических операций

2.7.1 Расчет режимов резания аналитическим методом

Определение параметров режима резания аналитическим методом проводим на токарную операцию 020.

2.7.1.1 Исходные данные

- Деталь - ударник

- Материал- сталь 20Х2Н4А $\sigma_B = 1270$ МПа

- Заготовка- прокат
- Приспособление- патрон 3-х кулачковый
- Загрузка-выгрузка детали - ручная
- Жесткость конструкции - средняя

2.7.1.2 Структура операции

Оп. 020 Токарная (чистовая)

Содержание операции:

Переход 1: Точить $\varnothing 36_{-0,1}$, $\varnothing 41_{-0,1}$ мм с подрезкой торцев

Переход 2: Расточить $\varnothing 16,3^{+0,07}$, $\varnothing 22^{+0,084}$ мм с подрезкой торцев

2.7.1.3 Выбор режущих инструментов

Переход 1: Резец токарный проходной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин. Пластина T15K6

$\varphi=93^\circ$, $\varphi_1=27^\circ$, $\lambda=-2^\circ$ $\alpha=11^\circ$; $h=25$ $b=25$ $L=125$

Переход 2: Резец токарный расточной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин. Пластина T15K6

$\varphi=97^\circ$, $\lambda=0^\circ$ $\alpha=11^\circ$; $h=10$ $b=10$ $L=100$

2.7.1.4 Выбор оборудования

Токарный станок с ЧПУ, модель-SAMAT 135 NC

2.7.1.5 Расчет режимов резания

2.7.1.5.1 Определим глубину резания t , мм

$t = 0,3$ мм

2.7.1.5.2 Определим подачу S , мм/об

$S = 0.15$ мм/об [17].

2.7.1.5.3 Определим расчётную скорость резания V , м/мин

$$V = \frac{C_U}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_U, \quad (2.26)$$

где C_U - поправочный коэффициент; $C_U = 420$ [17];

T – период стойкости, мин; $T = 60$ мин

t - глубина резания, мм;

m, x, y - показатели степени; $m = 0.2, x = 0.15, y = 0.20$, [17];

K_U - поправочный коэффициент, учитывающий фактические условия резания [17];

$$K_U = K_{MU} \cdot K_{ПУ} \cdot K_{ИУ}, \quad (2.27)$$

где K_{MU} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала [17];

$K_{ПУ}$ - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки; $K_{ПУ} = 1.0$ [17];

$K_{ИУ}$ - коэффициент, учитывающий материал инструмента; $K_{ИУ} = 1,0$ [17];

$$K_{MU} = K_{Г} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_U}, \quad (2.28)$$

где $K_{Г}$ - коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости; $K_{Г} = 1.0$ [17];

σ_B - предел прочности;

n_U - показатель степени; $n_U = 1,0$ [17];,

$$K_{MU} = 1.0 \cdot \left(\frac{750}{1270}\right)^{1,0} = 0.59.$$

$$K_U = 0,59 \cdot 1.0 \cdot 1,0 = 0,59.$$

$$\text{Тогда для точения: } V_T = \frac{420}{60^{0.2} \cdot 0,3^{0.15} \cdot 0.15^{0.2}} \cdot 0,59 = 191,2 \text{ м/мин.}$$

Для растачивания: $V_p = V_T \cdot 0,9 = 191,2 \cdot 0,9 = 172,1$ м/мин.

2.7.1.5.4 Определим частоту вращения шпинделя n , мин⁻¹

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.29)$$

где V - расчётная скорость резания, м/мин;

$$\text{Пер. 1: точение } \varnothing 36: n_1 = \frac{1000 \cdot 191,2}{3,14 \cdot 36} = 1691 \text{ мин}^{-1}.$$

$$\text{Пере. 2: точение } \varnothing 41: n_2 = \frac{1000 \cdot 191,2}{3,14 \cdot 41} = 1485 \text{ мин}^{-1}.$$

$$\text{Пер. 3: растачивание } \varnothing 22: n_3 = \frac{1000 \cdot 171,1}{3,14 \cdot 22} = 2476 \text{ мин}^{-1}.$$

$$\text{Пер. 4: растачивание } \varnothing 16,3: n_4 = \frac{1000 \cdot 171,1}{3,14 \cdot 16,3} = 3342 \text{ мин}^{-1}.$$

2.7.1.5.5 Корректировка режимов резания по паспортным данным станка:
фактическая частота вращения шпинделя

$$\text{Пер. 1: } n_1 = 1600 \text{ мин}^{-1};$$

$$\text{Пер. 2: } n_2 = 1250 \text{ мин}^{-1};$$

$$\text{Пер. 3: } n_3 = 2000 \text{ мин}^{-1};$$

$$\text{Пер. 4: } n_4 = 2000 \text{ мин}^{-1};$$

И величина фактической скорости резания V , м/мин:

$$\text{Пер. 1: } V_1 = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 36 \cdot 1600}{1000} = 180,8 \text{ м/мин};$$

$$\text{Пер. 2: } V_2 = \frac{3,14 \cdot 41 \cdot 1250}{1000} = 160,9 \text{ м/мин};$$

$$\text{Пер. 3: } V_3 = \frac{3,14 \cdot 22 \cdot 2000}{1000} = 138,2 \text{ м/мин};$$

$$\text{Пер. 4: } V_4 = \frac{3,14 \cdot 16,3 \cdot 2000}{1000} = 102,3 \text{ м/мин}.$$

2.7.1.5.6 Определим расчёт усилий при резании

Главная составляющая силы резания: P_z , Н

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.30)$$

где C_p - поправочный коэффициент; $C_p = 300$ [17,с.273];

x, y, n - показатели степени; $x = 1.0, y = 0.75, n = -0.15$ [17,с.273];

K_p - поправочный коэффициент

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (2.31)$$

K_{MP} - поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала [17,с.264];

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (2.32)$$

где σ_B - предел прочности;

n - показатель степени; $n = 0.75$ [17,с.264];

$$K_{MP} = \left(\frac{1270}{750} \right)^{0.75} = 1.48;$$

$K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{rp}$ - поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания. $K_{\varphi p} = 0,89$ $K_{\gamma p} = 1,0$ $K_{\lambda p} = 1,0$ $K_{rp} = 1,0$ [17,с.275];

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,15^{0,75} \cdot 180,8^{-0,15} \cdot 1,48 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 131 \text{ Н.}$$

2.7.1.5.7 Определим мощность при резании N , кВт

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{131 \cdot 180,8}{1020 \cdot 60} = 0,39 \text{ кВт} \quad (2.33)$$

Проводим проверку достаточности мощности на приводе станка. У станка SAMAT 135 NC

$$N_{\text{штп}} = N_{\text{д}} \cdot \eta = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт}; 0,39 < 7,5, \text{ т. е. мощности достаточно.}$$

2.7.2 Расчет режимов резания табличным методом

Расчет припусков табличным методом проводим по методике, описанной в [1] и сводим в таблицу 2.7.

Таблица 2.7 - Режимы резания, определенные табличным методом

№ оп	Наименование операции	Наименование перехода	Глубина резания t , мм	Табличная подача, скорректированная по паспорту станка S , мм/об	Табличная скорость резания с учетом поправочных коэффициентов V_r , м/мин	Частота вращения шпинделя, соответствующая табличной скорости n_r , об/мин	Принятая частота вращения шпинделя $n_{\text{пр}}$, об/мин	Действительная скорость Резания $V_{\text{пр}}$ м/мин
05	Токарная (черновая)	Точить Ø 33,5	2,0	0,4	80	760	800	84,1
		Сверлить отв. Ø14	7,0	0,20	18	409	400	17,6
		Расточить Ø 15	0,5	0,4	72	1528	1600	75,3
		Расточить Ø 25	2,0	0,4	72	917	1000	78,5
10	Токарная (черновая)	Точить Ø 36,7	2	0,4	80	694	630	72,6
		Точить Ø 41,7	1,65	0,4	80	610	630	82,5
		Расточить Ø 21,3	2,0	0,4	72	1076	1000	66,9
		Расточить Ø 15,6	0,3	0,4	72	1469	1250	61,2
15	Токарная (чистовая)	Точить Ø 32,8	0,3	0,15	191,2	1856	1600	164,8
		Расточить Ø 25,7	0,3	0,15	172,1	2132	2000	161,4
		Расточить Ø 15,7	0,3	0,15	172,1	3491	2000	98,6
20	Токарная (чистовая)	Точить Ø 36	0,3	0,15	191,2	1691	1600	180,8
		Точить Ø 41	0,3	0,15	191,2	1485	1250	160,9
		Расточить Ø 22	0,3	0,15	172,1	2476	2000	138,2
		Расточить Ø 16,3	0,3	0,15	172,1	3342	2000	102,3
25	Внутришлифовальная (черновая)	Шлифовать Ø25,9	0,1	5000** 0,006*	35	435	435	35
		Шлифовать Ø15,9	0,1	5000** 0,006*	35	701	701	35

№ оп	Наименование операции	Наименование перехода	Глубина резания t , мм	Табличная подача, скорректированная по паспорту станка S , мм/об	Табличная скорость резания с учетом поправочных коэффициентов V_r , м/мин	Частота вращения шпинделя, соответствующая табличной скорости v_r , об/мин	Принятая частота вращения шпинделя $n_{пр}$ об/мин	Действительная скорость Резания $V_{пр}$ м/мин
30	Фрезерная	Фрез. канавку фр. Ø5,02 Центровать Ø 4	2,1	0,04	35	2220	2000	31,5
			2,0	0,06	20	1592	1600	20,1
35	Фрезерная	Фрез. плоск. фр. Ø5,4	2,2	0,1-4	35	2064	2000	33,9
		Фрез. плоск. фр. Ø6	0,3	0,05-4	50	2654	2500	47,1
		Фрез. канавку фр. Ø16	2,5-3	0,15-4	45	898	1000	50,2
		Фрез. канавку фр. Ø16	0,3	0,05-4	65	1293	1250	62,8
60	Внутришлифовальная (чистовая)	Шлифовать Ø16	0,05	4200** 0,003*	35	696	696	35
65	Внутришлифовальная (чистовая)	Шлифовать Ø26	0,05	4200** 0,003*	35	428	428	35
		Шлифовать торец	0,10	5000** 0,006*	35	428	428	35

*-подача на врезание в мм/ход стола

**-подача, мм/мин

2.7.3 Определение норм времени на все операции

Определение штучно-калькуляционного времени [5]:

$$T_{ш-к} = T_{п-з}/n + T_{шт} \quad (2.34)$$

где $T_{п-з}$ - время на подготовительно-заключительные работы, мин;

n - количество деталей в партии при настройке оборудования, шт

$$n = N \cdot a / Д, \quad (2.35)$$

где N- годовая программа выпуска;

a- запуск в днях (периодичность). Принимаем a= 6;

Д- количество дней работы.

$$n = 10000 \cdot 6 / 254 = 236$$

Определим норму штучного времени $T_{шт}$:

Штучное время для всех операций, кроме шлифовальной определим как [5]:

$$T_{шт} = T_o + T_v \cdot k + T_{об.от} \quad (2.36)$$

На шлифовальную операцию $T_{шт}$, мин определим [5]:

$$T_{шт} = T_o + T_v \cdot k + T_{тех} + T_{орг} + T_{от} \quad (2.37)$$

где T_o – время на основные работы, мин;

T_v – время на вспомогательные работы, мин.

Время на вспомогательные работы T_v , мин, определим выражением [5].

$$T_v = T_{у.с} + T_{з.о} + T_{уп} + T_{из}, \quad (2.38)$$

где $T_{у.с}$ – затраты времени на снятие и установку детали, мин;

$T_{з.о}$ - затраты времени на открепление и закрепление детали, мин;

$T_{уп}$ - затраты времени на управление, мин;

$T_{из}$ - затраты времени на замеры параметров детали, мин;

$K = 1,85$ - коэффициент перевода при средней серии;

$T_{об.от}$ - затраты времени на отдых, личные надобности и обслуживание рабочего места, мин;

$T_{тех}$ - затраты времени на техн. обслуживание рабочего места;

Торг - затраты времени на организационное обслуживание;

Тот - затраты времени на личные надобности и отдых, мин.

$$T_{\text{тех}} = T_o \cdot t_{\text{п}} / T, \quad (2.39)$$

где $t_{\text{п}}$ - затраты времени на одну правку шлифовального инструмента, мин

T - период стойкости шлифовального круга, мин

Результат расчета представлен в таблице 2.8

Таблица 2.8 - Нормы времени по операциям

№ оп	Наименование оп	То мин	Тв мин	Топ мин	Тоб.от мин	Тп-з мин	Тшт мин	n	Тшт-к мин
05	Токарная (черновая)	0,942	0,747	1,689	0,101	21	1,790	236	1,879
10	Токарная (черновая)	0,238	0,673	0,911	0,055	21	0,966	236	1,055
15	Токарная (чистовая)	0,221	0,832	1,053	0,063	21	1,116	236	1,205
20	Токарная (чистовая)	0,259	0,758	1,017	0,061	21	1,078	236	1,167
25	Внутришлифовальная (черновая)	0,066	0,503	0,569	0,043	18	0,612	236	0,688
30	Фрезерная	0,212	0,629	0,841	0,050	24	0,891	236	0,992
35	Фрезерная	1,234	0,924	2,158	0,129	32	2,287	236	2,422
60	Внутришлифовальная (чистовая)	0,047	0,526	0,573	0,046	18	0,619	236	0,695
65	Внутришлифовальная (чистовая)	0,056	0,703	0,759	0,056	18	0,815	236	0,891

3 Совершенствование операций с помощью научных исследований

На токарной черновой как и на токарной чистовой операциях обработку ударника проводят резцами с механическим закреплением режущих пластин, изготовленных из твердого Т15К6, Т5К10.

Период стойкости данных пластин не удовлетворяет нас, по причине частой их смене, а это в свою очередь повышает себестоимость обработки изделия.

В итоге видно формирование противоречия – период стойкости режущих пластин не удовлетворяет сформированным требованиям на современном производстве.

3.1 Анализ описанной ситуации

Анализ показал, что увеличение периода стойкости инструментов при снижении, либо стабилизации себестоимости его изготовления требует понижения режимов резания.

Но если заменить марку твердого сплава, то себестоимость обработки повысится.

Итог - мы пришли к формированию технического противоречия - увеличение периода стойкости повышает себестоимость обработки.

3.2 Разработка обобщенного технического решения (ТР)

Для формирования высокой стойкости режущих пластин необходимо использовать дорогую марку твердого сплава.

Для формирования низкой себестоимости марку твердого сплава менять не нужно.

Итог – формирование физического противоречия – период стойкости режущих пластин должен быть высоким с применением дорогой марки твердого сплава и низким – с применением дешевой марки.

Тогда напрашивается идея – режущие кромки пластин должны быть изго-

товлены из дорогого материала с высокой стойкостью, а тогда сердцевина – из недорогого материала с низкой стойкостью.

3.3 Поиск информации

При поиске необходимо обеспечить достаточную полноту и достоверность проводимого исследования методом кропотливого отбора при анализе и работе с патентной и технической информацией.

Источником патентной информации примем:

- 1) авторские свидетельства и патенты,
- 2) бюллетени изобретений,
- 3) реферативные сборники,
- 4) бюллетени изобретений стран мира,

а также технической литературы:

- реферативные журналы
- издания, охватывающие область обработки металла резанием, область конструкции режущих инструментов.

Проводя анализ литературы, производим отбор таких документов, которые могут содержать необходимые нам сведения, имеющие отношение и/или характеризующие исследуемое техническое решение (ИТР) – повышение периода стойкости режущей пластины.

Изучив и проанализировав сущность отобранной документации, приходим к выводу, что обеспечение повышения периода стойкости инструмента, изготовленного из твердого сплава наиболее оптимально будет повысить стойкость рабочей поверхности трения с помощью легирования ниобием, что приведет к повышению периода стойкости режущего инструмента при сравнительно низкой себестоимости его изготовления.

3.4 Некоторые аспекты повышения стойкости рабочих поверхностей трения

3.4.1 Введение

В процессе эксплуатации поверхностные слои триботехнических систем подвергаются усталостному, коррозионному, тепловому, адгезионному воздействию, при этом важную роль играют структура и физико-механический комплекс свойств тонкого приповерхностного слоя материала, от которых существенно зависит характер формирующихся при трении динамических структур, кинетика изнашивания.

Регулирование процессов физикохимии контактных взаимодействий, а также получение с заданными характеристиками поверхностной прочности могут широко осуществляться с помощью упрочняющей технологии. Одним из перспективных методов поверхностной обработки материалов, обеспечивающих получение заданного комплекса характеристик поверхностной прочности, является нанесение покрытий на рабочие поверхности.

Хорошо известно, что нанесение покрытий на основе нитридов и карбидов тугоплавких соединений, довольно широко используются для снижения интенсивности износа режущего инструмента и узлов трения деталей машин. Работоспособность режущего инструмента и узлов трения зависит от многих факторов, но, прежде всего, определяется сопротивляемостью контактных площадок изнашиванию и разрушению, которые происходят в результате контактных взаимодействия поверхностей трения.

Проведенные исследования свидетельствуют, о том, что покрытие замедляет развитие очагов износа передней и задней поверхностей режущих инструментов. Изнашивание контактных поверхностей происходит непрерывно и обусловлено несколькими механизмами - абразивным, адгезионно-усталостным адсорбционным и диффузионным. В зависимости от условий взаимодействия может превалировать один из указанных механизмов, который и определяет работоспособность инструмента. Механизмы изнашивания и работоспособность режущих инструментов из быстрорежущих сталей и твердых

сплавов различны.

Повышения работоспособности инструмента из быстрорежущей стали с износостойкими покрытиями, определяется изменением условий в зоне контакта резец-стружка, а именно, уменьшением мощность теплового потока в резец и, в конечном итоге, – температуры рабочих поверхностей инструмента. Покрытие замедляет рекристаллизационные процессы в быстрорежущей стали и тем самым снижает преждевременное разупрочнение стали. Регулирование температуры на рабочих поверхностях осуществляется за счет нанесения износостойкого покрытия, которое обладает низкой адгезионной активностью по отношению к обрабатываемому материалу и оказывает существенное влияние на эффективность работы режущего инструмента.

Исследование работоспособности инструментов из твердых сплавов с покрытиями показывает, что основным функциональным свойством износостойкого покрытия является его способность препятствовать диффузионному износу, которая определяется характером электронной структуры покрытия.

Согласно конфигурационной модели вещества (КМВ), все свойства твердого тела (твердость, температура плавления, адгезионная активность, диффузионная активность и т.д.) зависят от СВАСК sp_i и d -конфигураций вещества, и поэтому между отдельными свойствами твердого тела как правило имеется корреляция. Такая корреляция должна быть между диффузионной активностью покрытия и адгезионной активностью по отношению к обрабатываемому материалу. Поэтому вместо оценки качества покрытия по его диффузионной активности, которая методически весьма затруднительна, представляется целесообразным оценивать качество покрытия по его адгезионной активности.

Проведенный нами анализ научных публикаций, также наши исследования свидетельствуют, что карбиды, нитриды и карбонитриды d -переходных металлов IV и VI групп периодической системы элементов принадлежат к числу соединений, обладающих высоким статистическим весом стабильных sp_i и d электронных конфигураций атомов (СВАСК), что обуславливает уникальный комплекс свойств, свойственный этим соединениям. Высокая твердость, высокая теплостойкость, низкая схватываемость при трении с металлами, высокая температура плавления и ряд свойств, характерных скорее для металлов, чем

для соединений – достаточно высокий уровень теплопроводности и электропроводности, определенный запас пластичности (или вернее – умеренная хрупкость), – вот те свойства благодаря которым указанный класс соединений нашел широкое применение в технике.

Наибольший интерес представляют покрытия на основе соединений титана, циркония, поскольку они являются самыми дешевыми и доступными из всех тугоплавких переходных металлов. Кроме того, соединения титана, циркония с углеродом и азотом обладают наиболее сильными связями *spi*, статический вес которых весьма высокий, что в совокупности определяет наиболее высокий уровень твердости карбидов, карбонитридов и нитридов этого металла по сравнению с аналогичными соединениями других переходных металлов IV –VI групп.

Однако общие соображения, вытекающие из анализа современного уровня научных публикаций в области трения и износа, а также известный эффект существенного повышения износостойкости режущих инструментов за счет покрытий из этих веществ, позволяет возможным использование их на поверхности трения деталей машин и механизмов, для повышения работоспособности узлов трения.

Однако, использования одного из тугоплавких соединений (нитридов, карбидов) в качестве покрытий не всегда может удовлетворять основным требованием, предъявляемым к покрытиям для пар трения и поэтому все большее применение, находят многокомпонентные и многослойные покрытия с переменным химическим составом.

Проведенный анализ соотношения СВАСК *spi* и *d* при комнатной температуре в соединениях *d*-переходных металлов IV показывает, что различие в СВАСК *d* у них весьма незначительно, (табл. 3.1) в отличие от изменения СВАСК при переходе от металла IV группы к металлу VI группы в пределах одного периода. Это обстоятельство позволило предположить, что для повышения таких свойств TiN, ZrN, как адгезионная и диффузионная инертность при высоких температурах, эти соединения целесообразно легировать небольшим количеством металлов, имеющих как большой СВАСК так и большую стабильность при высоких температурах, причем последнее условие, очевидно, является наиболее важным.

Таблица 3.1 - Содержание СВАСК *d*-конфигураций у переходных металлов VI – VI группах

IV – группа	V – группа	VI – группа
Ti – 43%	V – 63%	Cr – 73%
Zr – 52%	Nb – 76%	Mo – 84%
Hf – 55%	Ta – 81%	W – 96%

Увеличение СВАСК *d*-конфигураций соединения TiN, ZrN за счет легирования должно быть с одной стороны слабым, что существенно не снизит роль *sp*i-конфигураций, а с другой стороны – достаточным, чтобы с увеличением температуры новые *d*-конфигурации могли компенсировать уменьшение СВАСК и стабильность *sp*i-конфигураций.

Таким образом, уже это рассмотрение предполагает наличие некоторой оптимальной концентрации легирующего элемента в соединении TiN, ZrN. Ясно также, что для получения одинакового эффекта в изменении свойств TiN, ZrN при высоких температурах, эффективнее использовать металлы более тяжелые (из других периодов) – Hf, Nb, Mo, Ta, W, Cr при этом, чем больше СВАСК *d* обладает этот металл при комнатной температуре, тем в меньшем количестве требуется его введение в состав TiN, ZrN.

Решение этой проблемы возможно лишь на основе изучения поверхностного (адгезионного) взаимодействия рабочих поверхностей контактирующих материалов и полученные при этом экспериментальные результаты могут дать полную информация о природе трения и изнашивания поверхностных слоев.

3.5.2 Материалы и методы исследования

На установке ННВ-6,6И4 вакуумно-дуговым методом, путем одно временного распыления двух материалов титана и ниобия в среде реакционного газа – азота наносились покрытия Ti-Nb-N на образцы из стали Р6М5 (HRC 62). Определение содержания ниобия в покрытии Ti-Al-N осуществлялось на рентгеновском микроанализаторе MAP-2 с абсолютной погрешностью 0,1 %(мас.). Качественный фазовый анализ проводился только на покрытиях с концентра-

ций ниобия: 4,4 %, 9,4 %, 19,3 %, и 76,0 % по массе. Анализ проводился на установке ДРОН-2 в излучении λ -Co. С помощью самописца регистрировались кривые дифракционного распределения интенсивности в интервале углов 2θ от 0° до 160° .

3.5.3 Результаты и обсуждения

Анализируя фазовый состав покрытий и содержание отдельных элементов в основной фазе покрытия, необходимо иметь ввиду, что как TiN, так и NbN – являются фазами внедрения, имеющими одинаковый тип кристаллической решетке (NaCl). Значения периода решетки этих фаз: нитрид титана ($a = 0,4224$ нм.), нитрид ниобия ($a = 0,4392$ нм). Несмотря на одинаковый размер атомного радиуса металлических титана и ниобия ($r = 0,147$ нм.), период решетки нитрида титана меньше периода решетки нитрида ниобия, что свидетельствует о большом эффективном радиусе иона ниобия в фазе внедрения. Конфигурационная модель вещества (КМВ) [12] объясняет это большой степенью локализации валентных электронов атомов титана в соединении в связи с более высоким СВАСК sp_i -конфигурации – потому растворение ниобия в нитриде титана (замещения атомами ниобия какого-то количества атомов титана) вызывает увеличение межплоскостных расстояний и периода решетки (уменьшение СВАСК sp_i -конфигурации), а растворение титана в нитриде ниобия, напротив, приводит к уменьшению этих параметров (повышение СВАСК sp_i -конфигурации). Дифракто-метрические в исследуемых покрытиях выявляются лишь основные фазы: в покрытии с 4,4 % ÷ 19,3 % – твердый раствор ниобия в нитриде титана, в покрытии с 76 % – твердый раствор титана в ниобии.

Следует отметить, что твердый раствор ниобия в нитриде титана в покрытиях с содержанием ниобия 4,4 % ÷ 19,3 % не являются однородным. Наблюдается его расслоение на два состава с большим и меньшим содержанием ниобия. Фазовый состав указанных покрытий качественно одинаково, однако, в покрытиях с содержанием ниобия 9,4% и выше большее смещение дифракционных линий фазы свидетельствует о большем содержании ниобия в этой фазе. Покрытие, полученное 76% по массе ниобия, состоит, в основном, из нитрида

ниобия, однако некоторое смещение линий на больших углах, свидетельствует об уменьшении межплоскостных расстояний по сравнению с табличными, позволяет говорить об образовании твердого раствора титана в нитриде ниобия.

Методом рентгеноструктурного анализа с учетом макронапряжений нами был определен период решетки основной фазы покрытия, содержащего 4,4 % (мас.) ниобия. Съемка проводилась на дифрактометре ДРОН-2 в излучении кобальтового анода. Для определения периода решетки фазы нитрида титана точечным методом регистрировался профиль дифракционной линии (420). Для устранения влияния остаточных макронапряжений на значения определенного периода решетки, кроме перпендикулярной съемки под углом $\psi = 0$, проводились наклонные съемки под углами $\psi = +35^\circ; +40^\circ; +45^\circ; +50^\circ; -45^\circ; -40^\circ; -35^\circ$. Определенный таким образом период решетки составляет ($a = 0,4251$ нм.), что несколько больше нитрида титана ($a = 0,4224$ нм), что несколько больше периода решетки нитрида титана и свидетельствует о наличии твердого раствора ниобия в этой фазе.

На рисунке 3.1 приведены экспериментальные кривые зависимости силы трения F от концентрации ниобия.

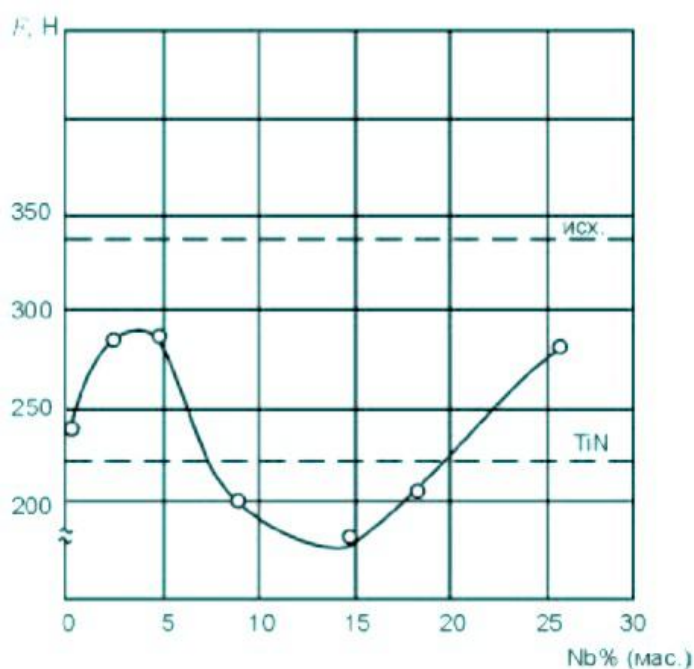


Рисунок 3.1- Зависимость силы трения F от концентрации ниобия.

Покрyтия Ti-Nb-N были нанесены на неперетачиваемые твердосплавные пластины Т5К10, которые затем были испытаны при кратковременном точении

стали 45, ($S = 0,25$ мм/об, $t = 0,5$ мм, $V = 181$ м/мин). В процессе кратковременного точения режущие пластины не успевают изнашиваться, что позволяет при определении F на передней поверхности не учитывать реакций на задней поверхности, которые с увеличением степени затупления инструмента растут. Испытания показали слабую чувствительность усадки стружки K_l и длины контакта стружки с передней поверхностью l_n к содержанию ниобия в покрытии, вместе с тем сила трения F закономерно реагирует на изменение состава покрытия. Считая, что скорость резания главным образом проявляется в изменении температуры контакта на передней поверхности, максимумы и минимумы на кривых зависимости силы трения F от содержания Nb в покрытии смещаются в область более низких концентрации ниобия, при этом минимум становится более выраженным и соответствует более широкому интервалу концентраций ниобия. Важно еще и то, минимальный уровень F с увеличением температуры снижается и становится ниже уровня F , соответствующего покрытию TiN, которое не содержит Nb. Поэтому, для дальнейшего анализа представляется целесообразным в качестве меры адгезионного взаимодействия покрытия – обрабатываемый материал использовать величину F , которая является силой трения на передней поверхности.

Форму кривых можно объяснить также схемой, представленной на рисунке 3.2, 3.3. На этой схеме (рисунок 3.2) качественно представлена относительное положение зависимостей адгезионной активности $f_{адг}$ соединения Ti-Nb-N от температуры, причем кривые I, II, III, IV, V соответствует увеличению содержания ниобия в покрытии (а значит и СВАСК d - конфигураций).

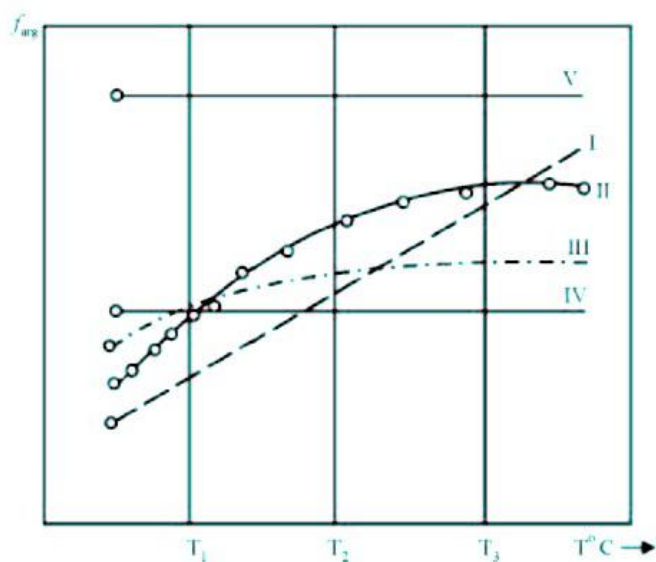


Рисунок 3.2- Схема зависимости адгезионной активности от температуры.

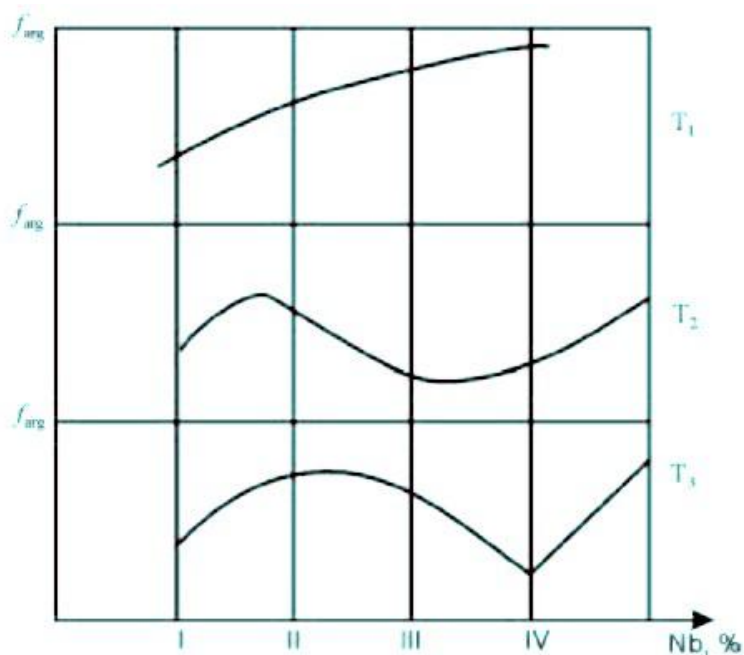


Рисунок 3.3- Схема зависимости адгезионной активности от содержания ниобия в покрытии при разных температурах.

Увеличение СВАСК *d*-конфигураций должно сопровождаться, при легировании, соответствующим уменьшением СВАСК *spi*-конфигураций.

Поэтому, при низких температурах, где роль *spi* велика, $f_{адг}$ будет увеличиваться с увеличением содержания Nb, однако, интенсивность увеличения $f_{адг}$ с повышением температуры должно быть тем меньше, чем больше в соединении будет СВАСК *d*, а, следовательно, и количество ниобия. Это обстоятель-

ство обуславливает различный наклон кривых и их пересечение в области высоких температур.

Исходя из схемы (см. рисунок 3.1) можно получить форму кривых зависимостей $f_{\text{адг}}$ от содержания ниобия в покрытии при разных температурах: T_1 , T_2 , T_3 (рисунок 3.3), для чего на схеме сделаны соответствующие сечения. Как мы видим, форма кривых существенно зависит от температуры. При низких температурах $f_{\text{адг}}$ монотонно увеличивается с увеличением содержания ниобия, при более высоких температурах на кривых наблюдается максимум и минимум, причем с повышением температуры минимум становится более выраженным, и его положение относительно оси абсцисс может изменяться.

Так как режим резания является весьма напряженным (температура по нашей оценке на передней поверхности $800^\circ - 900^\circ$) то полученный результат укладываются в рамках основных положений КМВ, и подчеркивает справедливость основного тезиса положенного в основу разработок покрытий, что введение ниобия в покрытие TiN удается изменять высокотемпературную стабильность d -конфигураций (за счет изменения средней концентрации электронов d -уровне металлического атома). Оценка данных зависимостей показывают, что не монотонности экспериментальных кривых (максимумы и минимумы) оказываются смещенными относительно теоретической кривой в область более малых концентраций ниобия. Полученный экспериментальный результат, также как и “деформацию” кривых $F = F(\text{CNb})$ при увеличении температуры необходимо иметь ввиду при развитии теории адгезионного взаимодействия твердых тел.

На рисунке 3.4 приведены результаты промышленных испытаний покрытий Ti-Nb-N нанесенных на неперетачиваемые твердосплавные пластины T15K6.

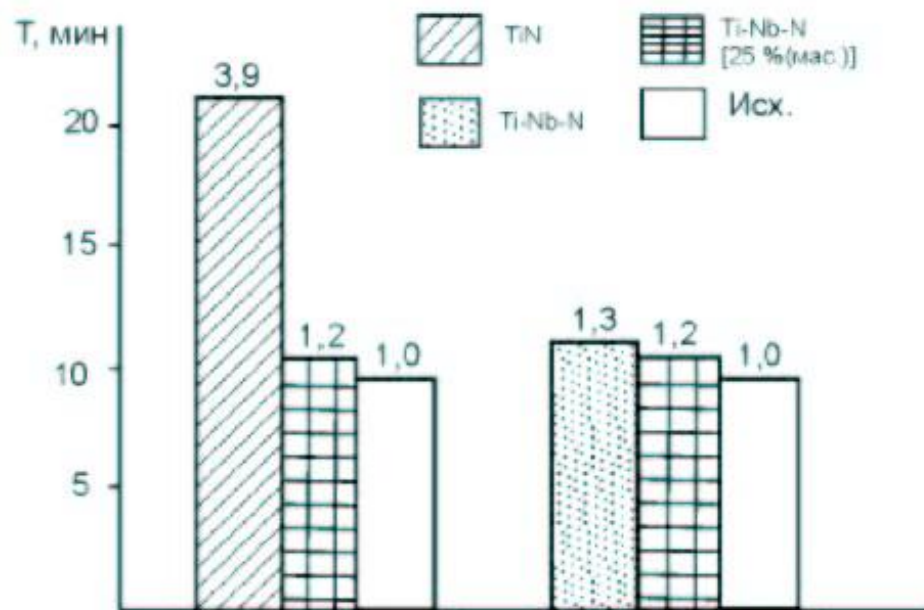


Рисунок 3.4- Зависимость периода стойкости от концентрации ниобия в покрытии TiN при фиксированной скорости, подачи и глубины резания в процессе обработки стали 38X2M10A ($V = 187$ м/мин., $t = 1,0$ мм, $s = 0,2$ мм/об.).

При разработке покрытий, как уже отмечалось, необходимо заботиться не только о низкой адгезионной активности (схватываемости) покрытий с контртелом при трении, не только о теплопроводности и коэффициенте термического расширения, но и о том, чтобы покрытия хорошо держались на подложке во время работы.

На первый план при решении этой задачи выступает не износостойкость покрытий, а их адгезионная прочность. Адгезионная прочность во многом определяется схватываемостью покрытий с подложкой. Вместе с тем большое значение имеют также внутренние напряжения, возникающие в покрытии, которые при прочих одинаковых условиях определяют уровень адгезионной прочности. Именно с макронапряжениями связано то, что при увеличении толщины покрытий они удерживаются на подложке. Большое влияние на уровень и знак макронапряжений оказывает различие в коэффициентах линейного расширения покрытия и подложки. На долговечность покрытия, будет также оказывать влияние и степень его хрупкости: так как, если покрытие очень хрупкое, то оно будет скалываться. Хрупкость же покрытия, как и его схваты-

ваемость определяется, прежде всего, электронным строением вещества покрытия. Поэтому при разработке сложных многокомпонентных покрытий должны быть учтены отмеченные факторы. На рисунке 3.5 приведена структура многослойного покрытия TiN ($\delta = 0,5\text{мкм}$) + Ti (Nb)N ($\delta = 0,5\text{мкм}$) + TiN ($\delta = 0,5\text{ мкм}$) + Ti (Nb)N ($\delta = 0,5\text{ мкм}$) + и.т.д. + Ti-Nb – N ($\delta = 1,0\text{ мкм}$).

Толщина покрытия составила 5 – 7 мкм.

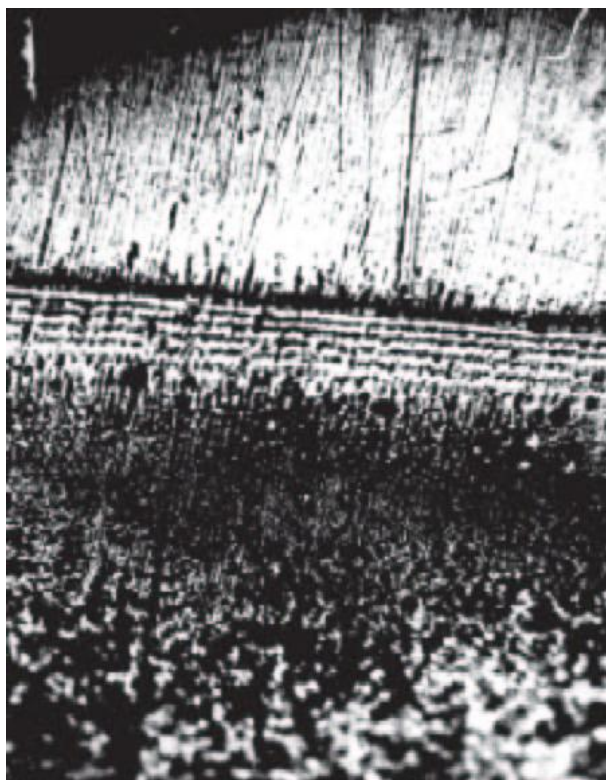


Рисунок 3.5- Структура многослойного покрытия Ti-Nb-N ($P = 0,2\text{ Па}$, $U_{см} = 200\text{ В}$, $V_{Ti} = 0,5\text{ мкм/мин}$, $V_{Nb} = 0,1\text{ мкм/мин}$).

Покрытия наносились на образцы ($10 \times 10 \times 10\text{мм}$) из стали 38Х2М10А (азотированная). Контртелом служили цилиндрические образцы термообработанной на высокую твердость (HRC 59-63) стали Х12М. Испытания на трения и износ проводили в среде масла М14В2 на машине трения МИ-1М по схеме плоскость – цилиндр, при скорости скольжения 1,0 м/с, температуре 60° С. Трение осуществляли при ступенчато возрастающей нагрузке. Эффективность многослойных покрытий Ti-Nb-N как хорошего износостойкого материала можно проиллюстрировать по сравнению с износостойкостью покрытий TiN,

NbN (рисунок 3.6).

Результаты испытаний свидетельствуют о перспективности использования многослойных покрытий Ti-Nb-N для повышения износостойкости поверхностей трения деталей, работающих в условиях близких к изученным.

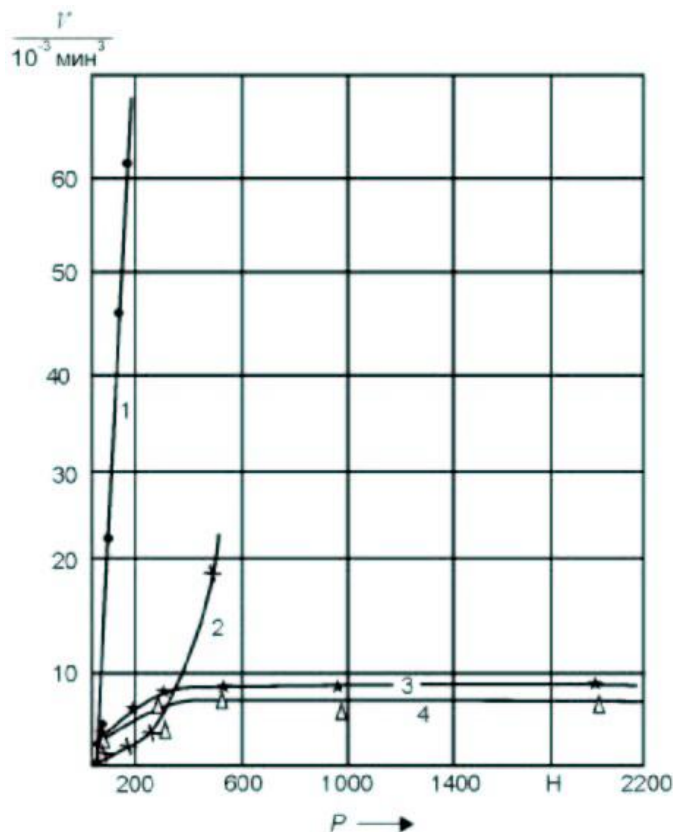


Рисунок 3.6- Зависимость объемного износа от нагрузке при 4-часовых износных испытаниях стали X12M в паре с покрытиями: 1 – NbN, 2 – TiN, 3 – многослойное покрытие Ti-Nb-N ($\delta = 6$ мкм), 4 – многослойное покрытие Ti-Nb-N ($\delta = 8$ мкм)

Выявленные закономерности изнашивания позволяют создавать такую конструкцию покрытий, которая обладает высокой энергетически устойчивой структурой и обеспечивает при этом высокое сопротивление, как механическим нагрузкам, так и высоким температурам.

3.5.5 Выводы

1. Установлено, что главным функциональным свойством износостойких покрытий на основе тугоплавких соединений является адгезионная активность

по отношению к обрабатываемому материалу.

2. Показано, что для снижения адгезионной активности покрытий TiN при высоких температурах контакта необходимо обеспечить увеличение СВАСК *d*-конфигураций за счет легирования покрытий Ti *d*-переходными металлами V – VI группы, обладающих более высокими по сравнению с Ti главными квантовыми числами.

3. Испытания режущих пластин марки T15K6 с покрытием Ti-N легированных ниобием показали, что концентрация ниобия больше 19% (мас.) соответствует большой адгезионной активности, а концентрация ниобия от 8 до 19 % низкой адгезионной активности, при этом стойкость увеличилась в 3,9 раза.

4. Результаты испытаний многослойных покрытий на основе Ti-Nb-N на трение и износ показали, что предложенная конструкция покрытий характеризуется наименьшим износом, высокой износостойкостью, а также адгезионной инертностью по отношению к контртелу.

4 Проектирование станочного приспособления

4.1 Анализ конструкции базового приспособления.

Цели проектирования

Закрепление ударника у базового варианта техпроцесса при токарной обработке на опер. 010 используется ручной винтовой зажим кулачков.

Недостатки здесь проявляется в низкой точности установки изделия, в сравнительно большом времени зажима и невозможности проведения регулировок самих кулачков.

Поэтому основной задачей является проектирование нового токарного клинового патрона с большей надежностью закрепления, большей точностью установки, меньшим временем зажима. Кулачки применим с рифлениями с возможностью быстрой перенастройки на другой размер.

4.2 Расчет усилия резания

Величина главной составляющей силы резания, была определена ранее и составляет $P_z = 131 \text{ Н}$.

4.3 Определение величины усилия закрепления

При точении детали на неё воздействуют несколько сил. С одной стороны сила резания стремится повернуть и отжать заготовку, а с другой стороны силы закрепления, удерживающие заготовку в требуемом положении. Определим силу закрепления, исходя из условия равновесия моментов представленных сил, учитывая требуемый коэффициент запаса.

Силы резания и закрепления показаны на рисунке 4.1.

Силой P_z создается момент $M_{рез}$, которому, в свою очередь, оказывает противодействие момент трения $M_{тр}$, возникающий между установочными по-

верхностями кулачка и обрабатываемых заготовок.

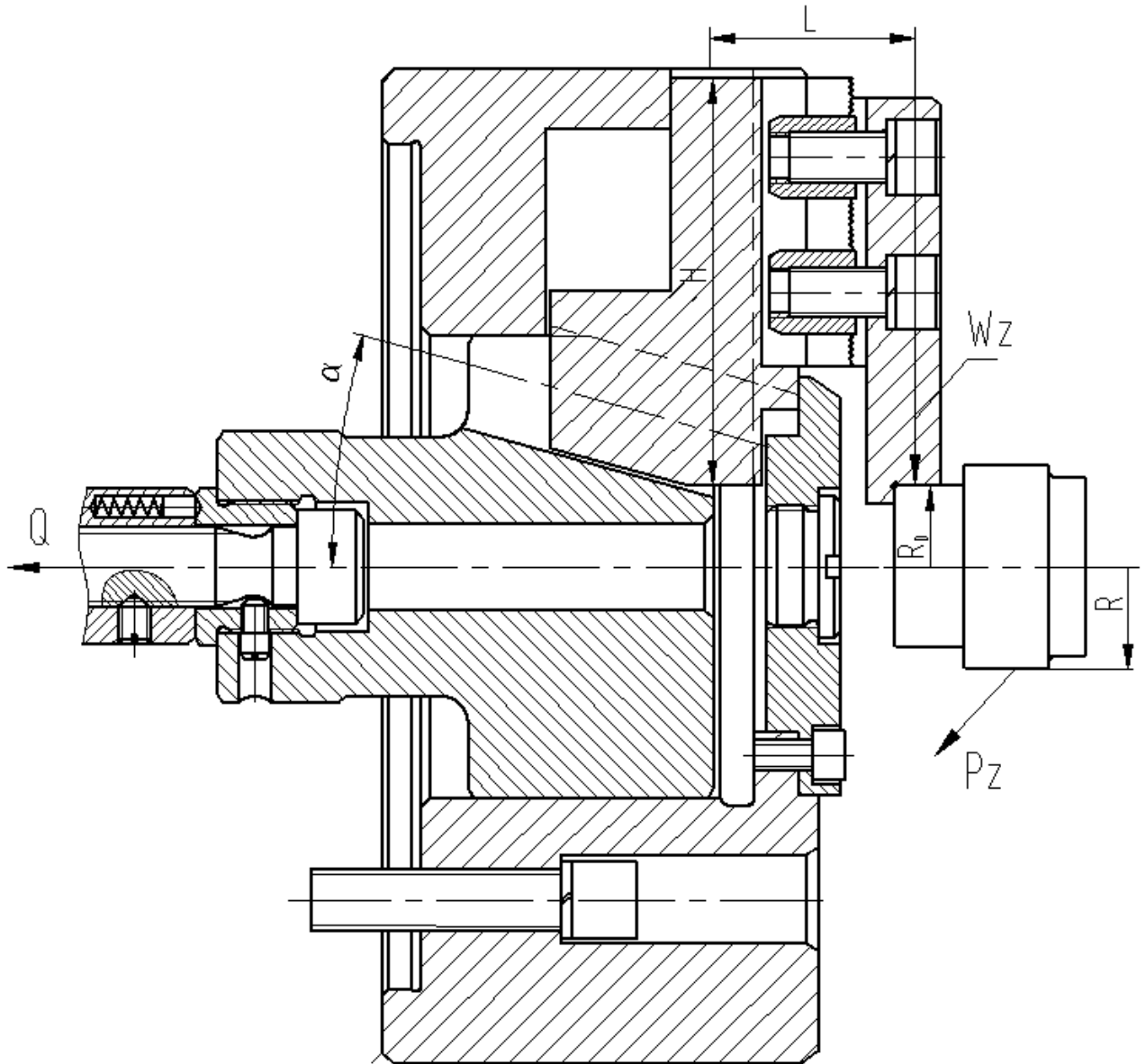


Рисунок 4.1- Схема действия силы резания и силы закрепления

Условие равновесия представляет:

$$M_{тр} = M_{рез}, \quad (4.1)$$

Определение суммарного момента при резании $M_{рез}$ от тангенциального направления вектора сил резания определим выражением:

$$M_{рез} = P_z \cdot R, \quad (4.2)$$

где P_z – тангенциальная составляющая силы резания, Н;

R - радиус обрабатываемой поверхности, мм;

Определение суммарного момента трения $M_{тр}$ определим выражением:

$$M_{тр} = T \cdot R_0 = W_z \cdot f \cdot R_0, \quad (4.3)$$

где T – величина суммарной силы трения в местах между установочными поверхностями и обрабатываемых заготовок, Н;

W_z – суммарная сила зажима, Н;

f – величина коэффициента трения на рабочих поверхностях кулачка. $f = 0,16$ [2];

R_0 - радиус закрепления, мм;

Из равенства моментов $M_{рез}$ и $M_{тр}$ определим необходимое усилие зажима с учетом коэффициента запаса K по формуле :

$$W_z = \frac{K \cdot P_z \cdot R_0}{f \cdot R}, \quad (4.4)$$

где K - коэффициент запаса

Коэффициент запаса K определяется по формуле [18, с.382]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (4.5)$$

где K_0 - гарантированный коэффициент запаса. $K_0 = 1,5$ [18];

K_1 – коэф., учитывающий увеличение силы резания из-за случайных неровностей на обрабатываемых поверхностях заготовки. $K_1 = 1,2$ [18];

K_2 – коэф., учитывающий увеличение силы резания вследствие затупления режущего инструмента. $K_2 = 1,0$ [18];

K_3 – коэф., учитывающий увеличение силы резания при прерывистом резании. $K_3 = 1,2$ [18];

K_4 – коэф., характеризующий постоянство силы, развиваемой зажимным механизмом. $K_4 = 1,0$ [18];

K_5 – коэф., характеризующий эргономику немеханизированного зажимного механизма; $K_5 = 1,0$ [18].

K_6 – коэф., учитывающийся только при наличии моментов, стремящихся повернуть заготовку, установленную плоской поверхностью. $K_6 = 1,0$ [18].

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,16.$$

Если $K < 2,5$, принимаем $K = 2,5$.

$$W_z = \frac{2,5 \cdot 131 \cdot 41 / 2}{0,16 \cdot 32,6 / 2} = 2574 \text{ Н.}$$

4.4 Выбор конструкции и расчет зажимного механизма

Усилие закрепления W_1 , которые мы прикладываем к кулачкам постоянно базирующихся в корпусе патрона будет несколько больше в сравнении с усилием закрепления W . Расчет данного усилия произведем по формуле:

$$W_1 = K_1 \cdot \frac{W}{1 - 3 \cdot f_1 \cdot \frac{L_K}{H_K}}, \quad (4.6)$$

где $K_1 = (1,05 \div 1,2)$ – коэф., учитывающий дополнительные силы трения в патроне. Принимаем $K_1 = 1,1$ [2]

f_1 – коэф. трения направляющей постоянного кулачка и корпуса патрона; $f_1 = 0,1$ [2];

L_K – вылет кулачка, мм; $L_K = 41$ мм;

H_K – длина направляющей постоянного кулачка, мм; $H_K = 82$ мм.

$$W_1 = 1,1 \cdot \frac{2574}{1 - 3 \cdot 0,1 \cdot \frac{41}{82}} = 3331 \text{ Н.}$$

Определим величину усилия на силовом приводе Q , которое передается через механизм зажима на постоянные кулачки:

$$Q = W_1 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi), \quad (4.7)$$

где α - угол скоса направляющих;

φ - угол трения.

$$Q = 3331 \cdot \operatorname{tg}(15 + 5^{\circ} 43') = 1259 \text{ Н.}$$

4.5 Выбор конструкции и расчет силового привода

Рассчитаем тянущую силу, необходимую приложить к штоку пневмоцилиндра (рабочее давление 0,4 МПа) по формуле:

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (4.8)$$

где Q – сила тяги на штоке, Н

D – диаметр поршня в пневмоцилиндре, мм

d – диаметр штока в пневмоцилиндре, мм

p - рабочее давление, МПа;

$\eta = 0,9$ -КПД привода

Приняв приближенно $d = 0.3D$, получим:

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 (1 - 0.3^2) \cdot p \cdot \eta = \frac{\pi}{4} \cdot 0.91 \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta \quad (4.9)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot 0.91 \cdot p \cdot \eta}} = 1.18 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}} \quad (4.10)$$

$$D = 1,18 \cdot \sqrt{\frac{1259}{0,4 \cdot 0,9}} = 65,5 \text{ мм.}$$

Примем по ГОСТ 15608-81 самое близкое значение $D = 80 \text{ мм}$.

Определим ход штока поршня $h_{ш}$ пневмоцилиндра, приняв его равным ходу клина S_k по формуле (1.19)

$$h_{ш} = S_k = S_w \cdot i_{п}, \quad (4.11)$$

где $S_w = 1,5 \text{ мм}$ – ход кулачков;

$i_{п} = \text{ctg}\alpha$ - передаточное отношение зажимного механизма по перемещению.

$$i_{п} = \text{ctg}\alpha = \text{ctg}15^{\circ} = 3,73;$$

$$h_{ш} = 1,5 \cdot 3,73 = 5,6 \text{ мм}$$

Примем $h_{ш} = 6 \text{ мм}$

4.6 Расчет погрешности базирования

Погрешность базирования $\varepsilon_{\delta} = 0$, т.к. приспособление самоцентрирующее, а базовые поверхности кулачков окончательно подвергаются обработке в сборе.

4.7 Описание конструкции и принципа работы приспособления

В конструкцию приспособления входят рычажный самоцентрирующий патрон и пневмопривод.

Установка патрона происходит на конце шпинделя и закрепляется винтами 27 с шайбами 40. Токарный патрон содержит корпус 7, в направляющих которого находятся подкулачники 14, к которым, в свою очередь, крепятся с помощью сухарей 20 и винтов 26 с шайбами 39 сменные кулачки 12. По центру корпуса патрона в отверстии устанавливается клин 6, в Т-образном пазу которого находится

подкулачник 14. К корпусу крепится крышка 11 с пробкой 15.

Фиксация винта 1, который установлен в отверстие клина 6 происходит втулкой 2, винтом 28, собственно самим фиксатором 22, а также с помощью пружины 19.

Тяга 22 соединяется с винтом 1 посредством гайки 32. Тяга передает усилие на шток 23 пневмоцилиндра.

Конструкция пневмопривода включает в себя корпус 9, крышку 10, установленную на подшипниках 37, которая крепится винтами 25 к корпусу пневмоцилиндра 8. Поршень 13 закреплен гайкой 31 на штоке 23. Установленные демпферы 5 предотвращают удары поршня о стенки цилиндра. Уплотнение пневмоцилиндра происходит за счет уплотнительных колец 33-35.

Описание работы приспособления

Токарный патрон работает следующим образом:

Деталь выставляется в кулачках 12 и упирается в торец. Сначала происходит заполнение воздухом поршневой полости пневмоцилиндра, что приводит к перемещению поршня 13, который, в свою очередь, тянет за собой шток 23 с тягой 21 и винтом 1 и соответственно клин 6 в левую сторону. Подкулачники 14 и закрепленные в них сменные кулачки 12 перемещаются к центру и закрепляют деталь. Заполнение же воздухом штоковой полости в пневмоцилиндре осуществляет обратный цикл, и заготовка в итоге разжимается,

5 Проектирование режущего инструмента

Рассчитаем и сконструируем спиральное сверло из быстрорежущей стали с коническим хвостовиком для обработки сквозного отверстия длиной $l=42,5$ мм. Диаметр сверла $d=14$ мм.

Конструкцию сверла примем на основании, авторского свидетельства №1103960, автор В.И. Денисенко.

Сущность патента: Сверло, рабочая часть которого имеет дополнительную подточку задних поверхностей вблизи поперечной кромки, образуя укороченные передние поверхности. Цель – повышение стойкости сверла. При резании на укороченных передних поверхностях образуется устойчивый нарост, который осуществляет резание. Облегчена транспортировка стружки по канавкам.

5.1 Определяем режим резания

Режимы резания рассчитаны в п. 2.7.

5.1.1 Глубина резания $t=7,0$ мм.

5.1.2 Подача $S=0,20$ мм/об .

5.1.3 Скорость резания $V=17,6$ м/мин.

5.1.4 Частота вращения шпинделя $n=400$ мин⁻¹.

5.2 Расчёт сил резания

Крутящий момент определяется по формуле

$$M_{кр}=10C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad (5.1)$$

Осевая сила определяется по формуле

$$P_o=10C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad (5.2)$$

где C_m, C_p - поправочные коэффициенты; $C_m = 0,0345$; $C_p = 68$ [17, с.281];

q, y - показатели степени;

для крутящего момента $q = 2,0, y = 0,8$, [17, с.281];

для осевой силы $q = 1,0, y = 0,7$, [17, с.281];

K_p - поправочный коэффициент

$$K_p = K_{MP} \quad (5.3)$$

K_{MP} - поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала [17, с.264];

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (5.4)$$

где σ_B - предел прочности;

n - показатель степени; $n = 0,75$ [17, с.264];

$$K_{MP} = \left(\frac{1270}{750} \right)^{0,75} = 1,48;$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 14^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 1,48 = 27,6 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 14^{1,0} \cdot 0,2^{0,7} \cdot 1,48 = 4566 \text{ Н}$$

5.3 Расчёт геометрически и конструктивных параметров сверла

5.3.1 Определяем номер конуса Морзе хвостовика

Момент трения между хвостовиком и втулкой

$$M_{тр} = \frac{\mu \cdot P_o (D_1 + d_2)}{4 \sin \theta} \cdot (1 - 0,4 \Delta \theta) \quad (5.5)$$

Приравниваем момент трения к максимальному моменту сил сопротивления резанию, т. е. к моменту, создающемуся при работе затупившимся сверлом, ко-

торый увеличивается до 3 раз по сравнению с моментом, принятым для нормальной работы сверла.

Следовательно,

$$3M_{ср} = M_{тр} = \frac{\mu \cdot P_o(D_1 + d_2)}{4 \sin \theta} \cdot (1 - 0.04\Delta\theta) \quad (5.6)$$

Средний диаметр конуса хвостовика

$$d_{ср} = (D_1 + d_2)/2 \quad (5.7)$$

или

$$d_{ср} = \frac{6M_{ср} \cdot \sin \theta}{\mu \cdot P_o(1 - 0.04\Delta\theta)} \quad (5.8)$$

где $M_{ср} = 27,6 \text{ Н}\cdot\text{м}$ - момент сопротивления сил резанию;

$P_o = 4566 \text{ Н}$ - осевая сила;

$\mu = 0,096$ - коэффициент трения стали по стали;

$\theta = 1^\circ 26' 16''$ - половина угла конуса (конусность равна 0,05020; $\sin \theta = 0,0251$); $\Delta\theta = 5'$ - отклонение угла конуса;

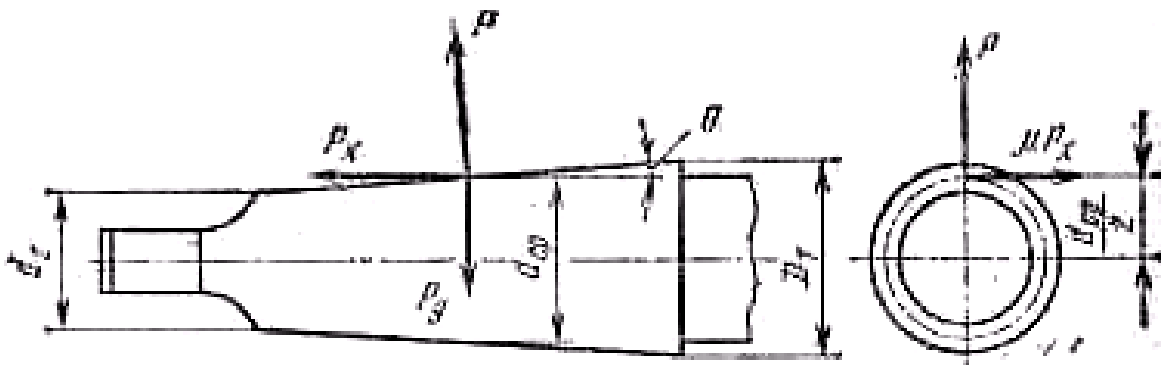


Рисунок 5.2- Схема сил, действующих на конический хвостовик сверла

$$d_{ср} = \frac{6 \cdot 27,6 \cdot \sin 1^\circ 26' 16''}{0,096 \cdot 4566 \cdot (1 - 0,2)} = 0,0138 \text{ м} = 13,8 \text{ мм}$$

По СТ СЭВ 147 - 75 выбираем ближайший больший конус, т. е. конус Морзе № 2 с лапкой, со следующими основными конструктивными размерами: $D_1 = 18$ мм; $d_2 = 14$ мм; $l_4 = 80$ мм. Остальные размеры хвостовика указывают на чертеже инструмента

13.3.2 Определяем длину сверла

Общую длину сверла L ; длины рабочей части l_0 , хвостовика и шейки принимаем по ГОСТ 10903-77 с учетом глубины отверстия $L = 200$ мм; $l_0 = 98$ мм;

Центровое отверстие выполняется по форме В ГОСТ 14034 - 74.

5.3.3 Определяем геометрические и конструктивные параметры режущей части сверла. По [13, с. 151, табл. 43] находим форму заточки: нормальная с подточкой поперечной кромки.

Угол наклона винтовой канавки $\omega = 30^\circ$.

Задний угол $\alpha = 12^\circ$.

Угол наклона поперечной кромки $\psi = 55^\circ$.

5.3.4 Шаг винтовой канавки

$$H = \frac{\pi D}{\operatorname{tg} \omega} = \frac{3.14 \cdot 14}{\operatorname{tg} 30} = 76,1 \text{ мм} \quad (5.9)$$

5.3.5 Толщина d_c сердцевины сверла в зависимости от диаметра сверла:

$$d_c = (0,19-0,15)D = (0.19-0.15) \cdot 14 = 2,66-2,1 \text{ мм} \quad (5.10)$$

Принимаем толщину сердцевины у переднего конца сверла равной 2 мм.

Утолщение сердцевины, по направлению к хвостовику 1,4 - 1,8 мм на 100 мм длины рабочей части сверла, Принимаем это утолщение равным 1,6 мм.

5.3.6 Обратная конусность сверла (уменьшение диаметра по направлению к хвостовику) на 100 мм длины рабочей части должна находиться в пределах: 0,02-0,08 мм

Принимаем обратную конусность равной 0,05 мм.

5.3.7 Ширину ленточки f_0 и высоту затылка по спинке K выбираем по [13, с. 158, табл. 63.]

В соответствии с диаметром D сверла $f_0 = 1,1$ мм; $K = 0,4$ мм.

5.3.8 Ширина пера

$$B = 0,58D = 0,58 \cdot 14 = 8 \text{ мм} \quad (5.11)$$

5.3.9 Исполнительный размер диаметра сверла устанавливается в зависимости от допуска на обрабатываемое отверстие.

Наибольший диаметр сверла $d_{\text{нов}}^{\text{max}}$ определяется по формуле:

$$d_{\text{нов}}^{\text{max}} = D_{\text{max}} - B = D + TD - B, \quad (5.12)$$

$$d_{\text{нов}}^{\text{min}} = D_{\text{min}} + A = D + Td + A = d_{\text{нов}}^{\text{max}} - Td \quad (5.13)$$

где D_{max} – наибольший диаметр отверстия;

D_{min} - наименьший диаметр отверстия;

TD – допуск на диаметр отверстия

$$Td = \frac{1}{3} \cdot TD = \frac{1}{3} \cdot 0,27 = 0,09 \text{ мм} \quad (5.14)$$

A - допуск на износ и перешлифовку сверла;

B – ожидаемая разбивка;

$$B = 0,45TD \quad (5.15)$$

$$B = 0,45 \cdot 0,27 = 0,12 \text{ мм}$$

$$d_{\text{нов}}^{\text{max}} = 14,27 - 0,12 = 14,15$$

$$d_{\text{нов}}^{\text{min}} = 14,15 - 0,09 = 14,06$$

В соответствии с ГОСТ 13779-77, устанавливающим допуски на исполнительный диаметр сверла, получим:

$$\varnothing 14^{+0,15}_{+0,06}$$

5.3.10 Устанавливаем основные технические требования и допуски на размеры сверла (по СТ СЭВ 566 - 77 и ГОСТ 885- 77).

Допуск на общую длину и длину рабочей части сверла равен удвоенному допуску по качеству 14 с симметричным расположением предельных отклонений по ГОСТ 25347-82.

Предельные отклонения размеров конуса хвостовика устанавливаются по ГОСТ 2848-75 (степень точности АТ7).

Радиальное биение рабочей части сверла относительно оси хвостовика не должно превышать 0,03 мм.

У рабочей части сверла HRC 61 - 67, у лапки хвостовика сверла HRC 35 - 41.

5.3.11 Выполняем рабочий чертеж

6 Проектирование средств контроля

6.1 Анализ конструкции базового приспособления. Цели проектирования

На Оп 075 Контрольная происходит окончательный выборочный контроль геометрических параметров корпуса.

После шлифовальной операции происходит контроль биения пов. 14 и 12 относительно базовой пов. 18.

В базовом варианте контроль производится на цанговой оправке механическим индикатором с ценой деления 0,05 мм.

В отличии от базового варианта с механическим индикатором применим электронные индикаторы фирмы Mitutoyo

6.2 Описание конструкции приспособления

Описание конструкции приспособления.

Приспособление содержит плиту 7, к которой с помощью винта 3 с гайкой 5 и шайбой 13 крепится стойка 9, в отверстии которой устанавливается цанговая оправка 2, на которую устанавливается контролируемая заготовка.

На плиту 7 по направляющим пазам устанавливается две стойки 10 и 11, к которым винтами 4 крепятся индикаторы 1.

К плите 7 винтами 9 крепится табличка 12 с маркировкой приспособления.

Приспособление работает следующим образом.

Деталь устанавливается в цанговой оправке 2, отжимной винт которой откручиваются, цанги отходят назад, скользя по внутреннему конусу, раздвигаются и центрируют деталь. Стойки 10 и 11 двигают по пазу до тех образом, пока вставки индикаторов не упрутся в контролируемые поверхности. Оправку 2 поворачивают на 360° и определяют максимальные отклонения показаний индикатора. Разница показаний индикатора и определяет величину биения.

7 Проектирование средств автоматизации

7.1 Выбор и проектирование робото-технического комплекса механической обработки

Для загрузки заготовок на станки токарной группы будем использовать промышленные роботы (ПР), входящие в состав робото-технического комплекса (РТК) механической обработки.

Разработку планировки РТК будем проводить, принимая во внимание следующие условия: должны обеспечиваться условия техники безопасности, удобства эксплуатации и обслуживания оборудования.

Исходя из данных условий, компоуем РТК следующим образом: промышленный робот располагаем перед станком как можно ближе к рабочим приспособлениям станка с таким расчетом, чтобы деталь при загрузке не задевала выступающих частей рабочих приспособлений (кулачков патрона).

Положение ожидания ПР выбираем таким образом, чтобы робот не мешал открыванию и закрыванию защитного экрана станка, но не слишком далеко от шпинделя, в целях сокращения вспомогательного времени. По высоте ПР располагаем так, чтобы ось манипулятора была над осью вращения шпинделя.

Транспортер-накопитель с заготовками располагаем слева от ПР на одной оси с осью шпинделя. Транспортер-накопитель с обработанными деталями для передачи на другую операцию располагаем справа от ПР.

На основе конструктивных параметров обрабатываемой заготовки, технологического процесса их обработки и выбранного станка по выбираем транспортер-накопитель СТ220, предназначенный для хранения запаса заготовок и подачи их в зону захвата грузочным устройством (в зону смены деталей на транспортере-накопителе).

Основные параметры транспортера-накопителя СТ-220:

длина $L=3260$ мм, ширина $B=700$ мм, высота $H=700\dots 850$ мм, количество пластин $n_{ст}=24$, грузоподъемность одной пластины $q=10$ кг, ширина пластины

$A=220$ мм, длина пластины $B=252$ мм.

Рабочая площадь пластины: ширина пластины $b=A= 220$ мм, длина пластины $l=220$ мм.

Технические характеристики промышленного робота M20П.40.01:

Грузоподъемность, кг	20
Число степеней подвижности	5
Число рук	1
Наибольший вылет руки R, мм	1100
Линейные перемещения, мм:	
по оси Z	500
по оси R	1100
Скорость перемещения, м/с:	
по оси Z	0,008...0,5
по оси R	0,008...1,0
Угловые перемещения, град:	
в направлении α	-90...180
в направлении β	$\pm 3,5$
в направлении θ	300
Скорость угловых перемещений, град/с:	
в направлении α	60
в направлении β	30
в направлении θ	0,001...0,06
Погрешность позиционирования, мм	$\pm 1,0$

Произведем расчет хватного устройства промышленного робота для установки заготовки на токарных операциях 005-020.

7.2 Расчет нагрузок и реакций в губках

Определим точки приложения сил, реакции в губках для наихудшего случая положения детали в случае ее вертикального перемещения. Схема закрепления показана на рисунок 7.1

Силы захватывания, которые требуются для удержания заготовки в процессе ее перемещения определим по формуле:

$$W=K_1 \cdot K_2 \cdot m \cdot g \quad (7.1)$$

где K_1 -коэффициент безопасности;

принимаяем $K_1=3$;

K_2 -коэффициент передачи;

$$K_2=\sin\alpha/(2\cdot\mu) \quad (7.2)$$

где μ -коэффициент трения в месте контакта губок с заготовкой;

Принимаем $\mu = 0,1$

m -масса заготовки, кг

$G=9,8 \text{ м/с}^2$ -ускорение свободного падения

Тогда:

$$W = 3 \cdot \sin 35 \cdot 0,54 \cdot 9,8 / (2 \cdot 0,1) = 45 \text{ Н}$$

7.3 Расчет усилия привода

Определим момент и силы привода захватного устройства.

Расчетная схема захватного устройства показана на рисунок 7.1

Соотношение между силой Q привода, силами на губках захватного устройства определим из условия статического равновесия.

$$Q \cdot \eta = \frac{1}{m_c \cdot r_c} \cdot 2 \cdot M, \quad (7.3)$$

где Q - усилие на приводе;

η - КПД реечной передачи;

m_c - модуль зубчатого сектора;

r_c - полное число зубьев сектора;

M - наибольший момент.

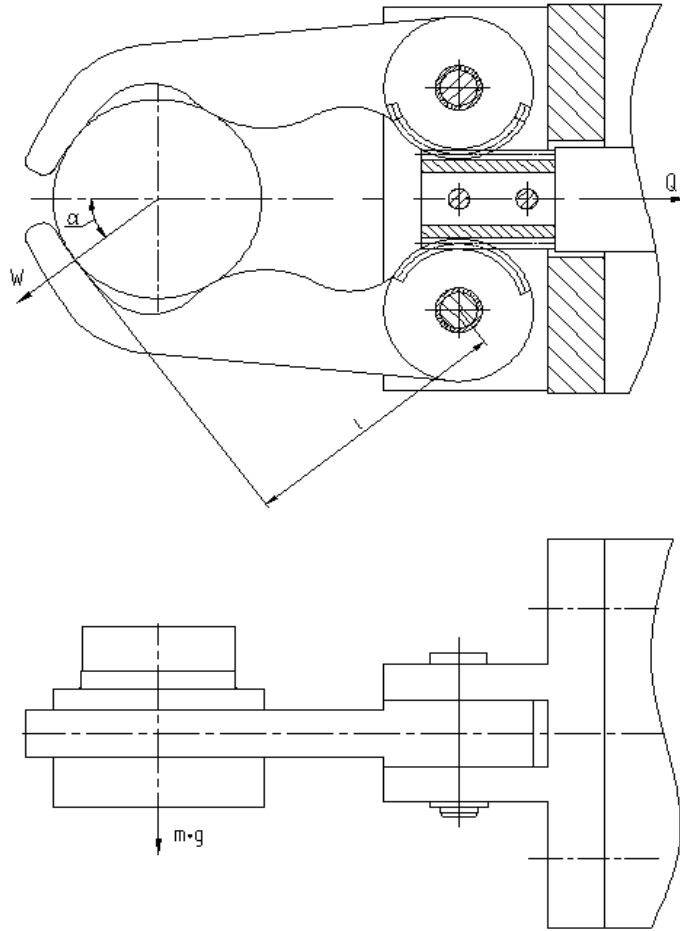


Рисунок 7.1- Схема захватного устройства

Сила на штоке пневмоцилиндра с учетом КПД механизма:

$$Q = \frac{1}{m_c \cdot r_c \cdot \eta} \cdot 2 \cdot W \cdot l \quad (7.4)$$

$$Q = \frac{2 \cdot 45 \cdot 59}{1,0 \cdot 8 \cdot 0,85} = 781 \text{ Н}$$

7.4 Определение конструктивных параметров привода

В качестве привода принимаем пневмопривод с рабочим давлением $p=0,4$ МПа. Определим диаметр поршня пневмоцилиндра.

$$D = 1.19 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}} \quad (7.5)$$

где p - рабочее давление, МПа;

$\eta = 0,9$ -КПД привода

$$D = 1.18 \cdot \sqrt{\frac{781}{0,4 \cdot 0,9}} = 55,0 \text{ мм}$$

Принимаем по ГОСТ 15608-81 конструктивно с учетом габаритов приспособления стандартное значение $D = 63$ мм.

Ход губок, необходимый для захвата деталей равен 21 мм.

Ход штока пневмоцилиндра с учетом запаса хода равен 7 мм

7.5 Описание конструкции и принципа работы приспособления

Описание захватного устройства:

Захватное устройство содержит губки 2, служащие для зажима заготовки. Губки 2 установлены в пазу фланца 11 с помощью осей 8 и втулок 1. Оси 8 фиксируются кольцами стопорными 6. Фланец 11 крепится к корпусу 4 с помощью винтов 13 с шайбами 19 и штифтов 21. Губки 2 своим зубчатым сектором входят в зацепление с зубчатой рейкой 10. Рейка 10 с помощью осей 7 крепятся к штоку 12. На конце штока с помощью гайки 14 со стопорной шайбой 20 установлен поршень 9.

К корпусу 4 винтами 13 с шайбами 19 крепится крышка 5. Для уплотнения в пневмоцилиндре установлены резиновые кольца 15,16,17,18. Для предотвращения ударов поршня о стенки цилиндра в его выточке установлены демпферы 3. Давление в цилиндр подается через два отверстия с резьбой $R1/4''$.

Устройство работает следующим образом:

При подаче воздуха в штоковую полость пневмоцилиндра шток 12 с рейкой 10 отходит назад, губки 2, входящие в зацепление с зубьями рейки поворачи-

чиваются на оси 8 и закрепляют заготовку.

При подаче воздуха в поршневую полость шток 12 с рейка 10 отходит влево и разжимает заготовку.

8 Проектирование производственного участка

При проектировании механического цеха или его отдельного участка необходимо учитывать ряд особенностей конструкции детали, ее материал, тип производства и многое другое.

8.1 Выбор типа промышленного здания

Для легкового автомобилестроения обычно выбирается в качестве основных производственных зданий одноэтажные здания с конструктивной схемой с полным каркасом (учитывается тип цеха)

Тип цеха: обрабатывающий механический.

Размеры здания цеха определяются на основе единой модульной системы (ЕМС) и инструкции СНИП II А4.

Так как в цехе в наличии имеются подвесные кранбалки, то ширина пролетов принимается 24 м, а высота здания 8,4 м. Шаг средних колонн- 12 м, а шаг крайних (пристяжных) колонн принимаем- 6 м.

Максимальная ширина секции принимается –144 м (стандартная ширина по предельному расстоянию между продольными температурными швами).

Основную сетку колонн принимаем 24x12м.

8.2 Проектирование участка изготовления детали

Произведем расчёт всех параметров производственного участка по механической обработки втулок, на котором обрабатывается деталь «ударник». Участок состоит из универсальных и специализированных станков. Загрузка деталей на станки осуществляется вручную. Транспортировка деталей между станками осуществляется в кассетах электрокаром.

Исходные данные:

Таблица 8.1 - Исходные данные для расчета основных параметров производ-

ственного участка.

№	Наименование параметра	Единица измерения	Индекс	Значение
1	Годовая программа выпуска деталей	шт	П _г	10000
2	Планировочный размер потерь рабочего времени на отпуск рабочих	%	В _о	12
3	Число рабочих смен в сутки		n _{см}	2
4	Продолжительность рабочей смены	мин	T _{см}	480

Базовый и проектный техпроцесс изготовления деталей с указанием номеров и наименований операций, применяемого оборудования, основного и штучно-калькуляционного времени представлены в таблице 8.2.

Таблица 8.2

№ оп	Наименование операции	Наименование оборудование Базовый вариант (проектный вариант)	T _о /T _{шт-к} , мин Базовый вариант (проектный)
005	Токарная (черновая)	Токарный станок с ЧПУ SAMAT 135 NC	0,942/1,879
010	Токарная (черновая)	Токарный станок с ЧПУ SAMAT 135 NC	0,238/1,055
015	Токарная (чистовая)	Токарный станок с ЧПУ SAMAT 135 NC	0,221/1,205
020	Токарная (чистовая)	Токарный станок с ЧПУ SAMAT 135 NC	0,259/1,167
025	Внутришлифовальная	Внутришлифовальный п/а 3K227B	0,066/0,688
030	Фрезерная	Вертикально-фрезерный 6P11 (Горизонтально-фрезерный с ЧПУ 6904BMФ2)	0,825/2,147 (0,212/0,992)
035	Фрезерная	Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6P11MФ3-1	1,234/2,287

№ оп	Наименование операции	Наименование оборудование Базовый вариант (проектный вариант)	$T_o/T_{шт-к}$, мин Базовый вариант (проектный)
040	Слесарная	Электрохимический станок для снятия заусенцев 4407	0,100/0,370
045 070	Моечная	Камерная моечная машина	0,110/0,230
060	Внутришлифовальная	Внутришлифовальный п/а 3К227В	0,047/0,695
065	Внутришлифовальная	Внутришлифовальный п/а 3К227В	0,056/0,891

8.2.1 Годовой номинальный фонд времени работы оборудования

$$\Phi_n = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T) \cdot n_{см}, \quad (8.1)$$

где D_p – количество рабочих дней в году;

$$D_p = 365 - 52 - 52/2 - 10 = 277 \text{ дн};$$

$T_{см}$ – продолжительность рабочей смены, ч;

$D_{п}$ – количество предпраздничных дней; $D_{п} = 8$ дн;

T – количество часов, на которое сокращается рабочая смена в предпраздничные дни; $T = 1$ ч;

$n_{см}$ – количество рабочих смен в сутках.

$$\Phi_n = (277 \cdot 8 - 8 \cdot 1) \cdot 2 = 4416 \text{ ч}.$$

8.2.2 Годовой эффективный фонд времени работы оборудования для среднесерийного производства

$$\Phi_{э} = \Phi_{ном} \cdot K_{рем} \cdot K_{загр} \quad (8.2)$$

где $K_{рем}$ – коэффициент, учитывающий размер плановых потерь времени на ремонт оборудования $K_{рем} = 0,9 \dots 0,95$

Кзагр- коэффициент, учитывающий среднюю загрузку оборудования по времени. Кзагр = 0,8...0,9

$$\Phi_{\text{э}} = 4416 \cdot 0,95 \cdot 0,9 = 3775 \text{ ч}$$

8.2.3 Трудоемкость работ

Средний разряд работ на участке- 4

8.2.4 Годовая трудоемкость обработки деталей

$$T_{\Gamma} = P_{\Gamma} \cdot T_{\text{шт-к}} \quad (8.3)$$

8.2.5 Количество оборудования на каждой операции:

$$C_{\text{расч}} = \frac{T_{\Gamma}}{60 \cdot \Phi_{\text{э}}} \quad (8.4)$$

Округляя результаты до ближайшего большего целого числа, получим принятое количество оборудования на каждой операции $C_{\text{пр}}$.

8.2.6 Общее количество оборудования на участке

$$C_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^m C_i \quad (8.5)$$

8.2.7 Коэффициент загрузки оборудования на каждой операции

$$K_{\text{з}} = \frac{C_{\text{расч}}}{C_{\text{пр}}} \quad (8.6)$$

8.2.8 Средний коэффициент загрузки оборудования

$$K_{з.ср} = \frac{\sum_{i=1}^m K_{зи}}{m} \quad (8.7)$$

Результаты расчётов по операциям сведём в таблицу 8.3

Таблица 8.3 - Количество рабочих мест и их коэффициент загрузки базовый вариант (проектный).

№ операции	$C_{расч.}$	$C_{пр.}$	$C_{общ}$	$K_з$	$K_{з.ср}$
005	0,083	1	11(11)	0,083	0,050 (0,046)
010	0,046	1		0,046	
015	0,053	1		0,053	
020	0,051	1		0,051	
025	0,030	1		0,030	
030	0,095 (0,044)	1		0,095 (0,044)	
035	0,101	1		0,101	
040	0,016	1		0,016	
045,070	0,010	1		0,010	
060	0,031	1		0,031	
065	0,039	1		0,039	

8.2.10 График загрузки оборудования на участке

График загрузки оборудования на участке по проектному варианту технологического процесса представлен на рисунке 8.1

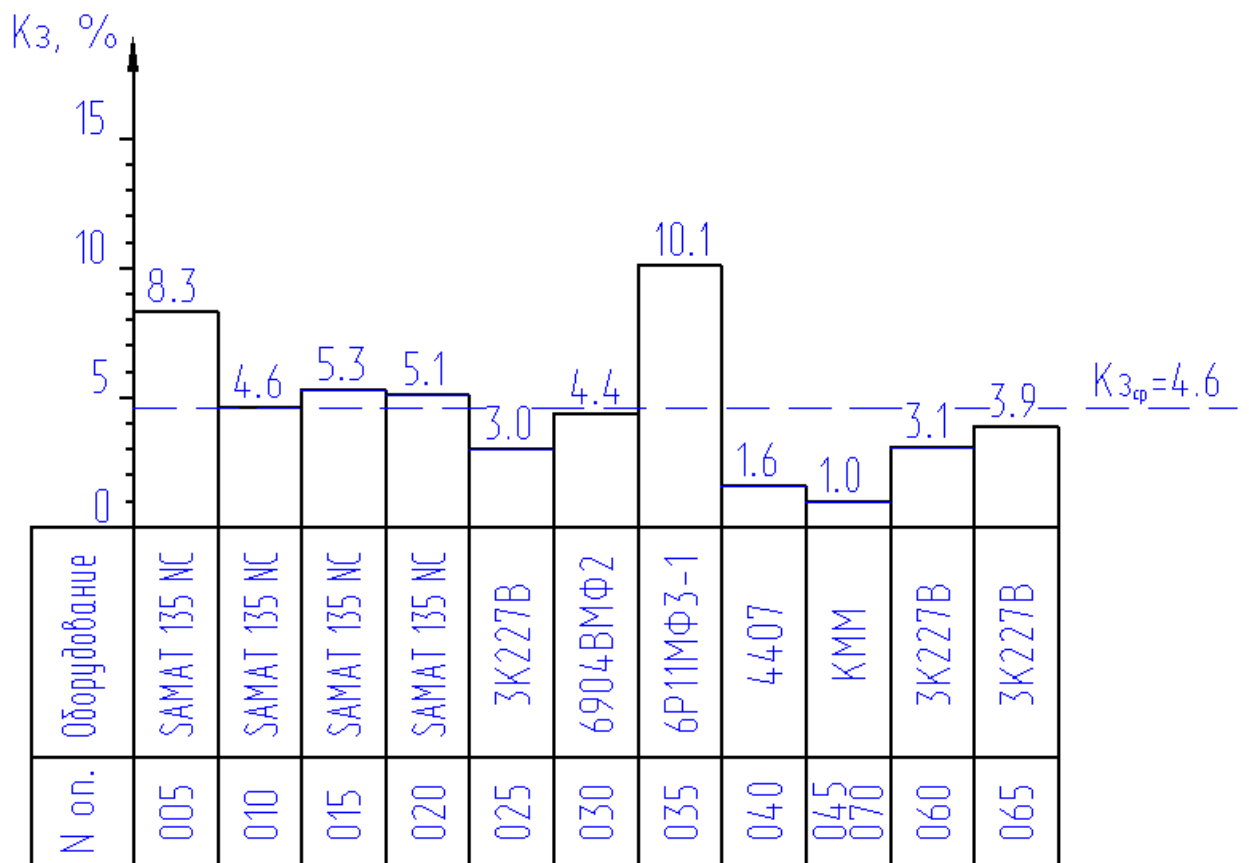


Рисунок 8.1

8.2.11 Количество рабочих на участке

Промышленно-производственный персонал участка состоит из производственных и вспомогательных рабочих, инженерно-технических работников (ИТР), служащих и младшего обслуживающего персонала (МОП)

Количество основных рабочих на участке определяем по формуле для серийного производства:

$$P = \frac{\Sigma T_{шт-к}}{Фэр \cdot K_{мн}}, \quad (8.8)$$

где $Фэр$ - действительный годовой фонд времени рабочего

$K_{мн}$ - коэффициент многостаночного обслуживания в серийном производстве $K_{мн}=1,3$

$$\Phi_{\text{ЭР}} = [(D_{\text{КАЛ}} - B - П) \cdot T_{\text{см}} - D_{\text{ИР}} \cdot 2] \cdot [1 - \frac{B}{100}], \quad (8.9)$$

где $v=12\%$ - планируемый процент времени на отпуска рабочих, болезни и т.д.

$$\Phi_{\text{ЭР}} = [(365 - 104 - 10) \cdot 8 - 8 \cdot 2] \cdot [1 - \frac{12}{100}] = 1753 \text{ ч.}$$

Базовый вариант

$R = 12.614 \cdot 10000 / 1753 \cdot 1,3 \cdot 60 = 0,92$ (расчет на годовую программу выпуска 10000 шт, без дозагрузки)
принимаем 1 рабочего

Проектный вариант

$R = 11.459 \cdot 10000 / 1753 \cdot 1,3 \cdot 60 = 0,83$ (расчет на годовую программу выпуска 10000 шт, без дозагрузки)
принимаем 1 рабочего

вспомогательные рабочие 35% от числа производственных рабочих

базовый вариант

$$R_{\text{В}} = 1 \cdot 0,35 = 0,35$$

Принимаем 1 рабочего

Проектный

$$R_{\text{В}} = 1 \cdot 0,35 = 0,35$$

Принимаем 1 рабочего

ИТР – 12% от числа рабочих

$$\text{ИТРб} = 0,12 \cdot 2 = 0,26 = 1$$

$$\text{ИТРпр} = 0,12 \cdot 2 = 0,26 = 1$$

$$\text{МОПб} = 1$$

$$\text{МОПпр} = 1$$

9 Безопасность и экологичность технического объекта

9.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Наименование технического объекта дипломного проектирования (технологический процесс, технологическая операция, технологическое или инженерно-техническое оборудование, техническое устройство, приспособление, материальное вещество, технологическая оснастка, расходный материал) приводится в таблице 9.1

Таблица 9.1 - 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	Штамповка	Заготовительная операция	Кузнец-штамповщик	Пресс КГШП	Металл
2	Точение	Токарная операция	Оператор станка с ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ SAMAT 135 NC	Металл, СОЖ
3	Фрезерование	Фрезерная операция	Оператор станка с ЧПУ	Горизонтально-фрезерный с ЧПУ 6904ВМФ2 Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6P11МФ3-1	Металл, СОЖ
4	Внутреннее шлифование	Внутришлифовальная операция	Шлифовщик	Торцевнутришлифовальный п/а 3К227В	Металл, СОЖ

9.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Идентификацию производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков - опасных и /или вредных производственных факторов по ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация, источник этих факторов – оборудование, материал, вещество приводим в таблице 9.2

Таблица 9.2 – 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	Заготовительная операция	Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации	Пресс КГШП
2	Токарная операция	Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; фиброгенное воздействие (пыль и загазованность); повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации, токсические, раздражающие (СОЖ)	Токарный станок с ЧПУ SAMAT 135 NC
3	Фрезерная операция	Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; фиброгенное воздействие (пыль и загазованность); повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации, токсические, раздражающие (СОЖ)	Горизонтально-фрезерный с ЧПУ 6904ВМФ2 Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6Р11МФ3-1
4	Внутришлифовальная операция	Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; фиброгенное воздействие (пыль и абразивная стружка, металлическая пыль); повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации, токсические, раздражающие (СОЖ)	Торцевнутришлифовальный п/а 3К227В

9.3 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 9.3 – 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	Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов	Ограждение оборудования	Краги для металлурга
2	Движущиеся машины и механизмы	Соблюдение правил безопасности выполнения работ	Каска защитная, очки защитные
3	Подвижные части производственного оборудования; предвигающиеся изделия, заготовки	Ограждение оборудования	Каска защитная, очки защитные
4	Фиброгенное воздействие (пыль и загазованность, абразивная стружка, металлическая пыль)	Применение приточно-вытяжной вентиляции	Респиратор
5	Токсические, раздражающие (СОЖ)	Применение приточно-вытяжной вентиляции, ограждение оборудования, защитный экран	Респиратор, перчатки
6	Повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации	Наладка оборудования, увеличение жесткости оборудования для уменьшения резонансных колебаний, использование материалов способных поглощать колебания	Беруши, наушники

9.4 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).

9.4.1 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 (Е);
- 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 нефтегазо-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 9.4.

Таблица 9.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Кузнечный участок	Пресс КГШП	Пожары, связанные с воспламенением и горением металлов (D)	Пламя и искры; тепловой поток	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества
2	Участок лезвийной	Токарный станок с ЧПУ SAMAT 135 NC	Пожары, связанные с вос-	Пламя и искры	Вынос (замыкание) высокого электриче-

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
	обработки	Горизонтально-фрезерный с ЧПУ 6904ВМФ2 Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6Р11МФ3-1	пламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)		ского напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества
3	Участок абразивной обработки	Торцевнутришлифовальный п/а 3К227В	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)	Пламя и искры	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества

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

Технические средства обеспечения пожарной безопасности приводятся в таблице 9.5

Таблица 9.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
Огнетушители, внутренние пожарные краны, ящики с песком	Пожарные автомобили, пожарные лестницы	Оборудование для пенного пожаротушения	Приборы приемно-контрольные пожарные, технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные	Напорные пожарные рукава, рукавные разветвления	Веревки пожарные, карабины пожарные, респираторы, противогазы	Ломы, багры, топоры, лопаты, комплект диэлектрический	Автоматические извещатели

9.4.3 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 9.6).

Таблица 9.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Фрезерная операция Горизонтально-фрезерный с ЧПУ 6904ВМФ2	Контроль за правильной эксплуатацией оборудования, содержание в исправном состоянии оборудования, проведение инструктажа по пожарной опасности, применение автоматических устройств обнаружения, оповещения и тушения пожаров	Проведение противопожарных инструктажей, запрет на курение и применение открытого огня в недозволенных местах, соблюдение мер пожарной безопасности при проведении огневых работ, применение средств пожаротушения, применение средств пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре

9.5 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.

9.5.1 По виду реализуемого производственно-технологического процесса, и осуществляемой функциональной эксплуатацией техническим объектом - необходимо провести идентификацию негативных экологических факторов, результаты которой отражены в таблице 9.7.

Таблица 9.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортное средство и т.п.	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Фрезерная операция	Горизонтально-фрезерный с ЧПУ 6904ВМФ2	Пыль стальная	Взвешенные вещества, нефтепродукты, СОЖ	Основная часть отходов хранится в металлических контейнерах емкостью 1,0 м ³

9.5.2 Разработка мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду рассматриваемого технического объекта (дипломного проекта) согласно нормативных документов (таблица 9.8).

Таблица 9.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Сверление, координатное растачивание
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Применение «сухих» механических пылеуловителей
Мероприятия по снижению негативного	Переход предприятия на замкнутый цикл во-

Наименование технического объекта	Сверление, координатное растачивание
антропогенного воздействия на гидросферу	доснабжения
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Соблюдении правил хранения, периодичности вывоза отходов на захоронение

9.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса изготовления ударника, 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 изготовления ударника, выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ.

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.

10 Экономическая эффективность проекта

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического проекта, произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта и определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений.

10.1 Краткая характеристика сравниваемых вариантов

Программа выпуска – 10000 шт. Материал детали – сталь 20Х2Н4А. Метод получения заготовки – прокат. Масса детали – 0,13 кг, масса заготовки – 0,508 кг.

Остальная краткая характеристика с необходимыми данными по писанию изменений в вариантах технологического процесса, представлена в таблице 10.1.

Таблица 10.1 – Описание изменений по сравниваемым вариантам

Базовый вариант	Проектируемый вариант
Операция 035 – Фрезерная	
<p>Производится фрезерование паза, центрование и сверление отверстий.</p> <p><u>Оборудование</u> – вертикально-фрезерный станок, модель 6Р11.</p> <p><u>Оснастка</u> – тиски универсальные.</p> <p><u>Инструмент:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – фреза дисковая Ø100, Р6М5, То=0,625 мин.; – сверло центровочное Ø2, Р6М5, То=0,05 мин.; – сверло спиральное Ø4, Р6М5, То=0,15 мин. <p>Итого: То=0,825 мин Тшт=2,147 мин</p>	<p>Производится фрезерование паза, центрование и сверление отверстий.</p> <p><u>Оборудование</u> – горизонтально-фрезерный станок с ЧПУ, модель 6906ВМФ2.</p> <p><u>Оснастка</u> – приспособление специальное с пневмоприводом.</p> <p><u>Инструмент:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – фреза шпоночная Ø5,02, Р18К5Ф2 с покрытием Ti, Cr, То=0,15 мин.; – сверло центровочное Ø4, Р18К5Ф2 с покрытием Ti, Cr, То=0,062 мин. <p>Итого: То=0,212 мин Тшт=0,992 мин</p>
<p>Тип производства – среднесерийный</p> <p>Условия труда – нормальные.</p> <p>Форма оплаты труда – повременно-премиальная</p>	

Необходимые исходные данные по оборудованию, приспособлению, инструменту и т.д. заносим в таблицу. 10.2. Представленные значения не будут учитывать затраты, связанные материалами, т.к. согласно описанию (табл. 10.1), ни материал, ни метод получения заготовки не были изменены, поэтому не могут оказывать влияния по конечный результат.

Таблица 10.2 – Исходные данные для расчета экономической эффективности

№	Исходные данные	Обозначение	Единица измерения	Числовое значение	
				Базовый	Проектный
1	Трудоемкость проектирования технологии или техники	$T_{TR.PP}$	час	–	715
2	Цена единицы оборудования	C_{OB}	руб.	865410	3027320
3	Выручка от реализации изношенного оборудования (5% от цены)	$B_{P.OB}$	руб.	43270,5	151366
4	Цена одной единицы приспособления	C_{PP}	руб.	14426,1	20515,3
5	Выручка от реализации изношенного приспособления	$B_{P.PP}$	руб.	2885,2	4163,06
6	Цена единицы рабочего инструмента	C_{II}	руб.	672	316,8
				47,6	134,4
				39,4	
7	Выручка от реализации изношенного инструмента	$B_{P.II}$	руб.	134,4	63,36
				9,52	26,88
				7,88	
8	Количество переточек	$H_{ПЕР}$		15	30
				62	62
				62	
9	Цена одной переточки	$C_{ПЕР}$	руб.	184,9	121,1
				114,8	114,8
				114,8	
10	Стойкость одной переточки	T_{II}	час	1	2
				0,5	1
				0,5	
11	Коэффициент случайной убыли инструмента	$K_{УБ}$		1,1	1,08
				1,25	1,05
				1,25	
12	Часовая тарифная ставка рабочего	$C_{ч}$	руб./час	72,24	67,71

№	Исходные данные	Обозначение	Единица измерения	Числовое значение	
				Базовый	Проектный
13	Часовая тарифная ставка наладчика	C_{CH}	руб./час	–	97,67
14	Часовая заработная плата конструктора, технолога	$C_{\text{Ч.ТЕХ}}$	руб./час	–	77,8
15	Габариты станка	$R_{\text{УД}}$	м^2	3	5,2
16	Коэффициент, учитывающий дополнительную площадь станка	$\kappa_{\text{доп.пл}}$		4,5	4
17	Стоимость эксплуатации 1м^2 площади здания в год	$C_{\text{пл}}$	руб./ м^2	4500	4500
18	Установленная мощность единицы оборудования	$M_{\text{УСТ}}$	кВт	5,5	11
19	Коэффициент загрузки оборудования	K_3		0,074	0,034
20	Количество оборудования	$N_{\text{ОБ}}$	шт.	1	1
21	Количество наименований деталей, обрабатываемых на станках с ЧПУ	$N_{\text{ДЕТ}}$	шт.	–	24
22	Среднесуточный запуск деталей	$P_{\text{СУТ}}$	шт.	–	28
23	Длительность производственного цикла	$T_{\text{Ц}}$	дней	–	0,23
24	Цена за 1 кВт электроэнергии	$C_{\text{э.э}}$	руб./кВт	2,582	
25	Цена за 1 м^3 воды	$C_{\text{В}}$	руб./ м^3	4,479	
	Цена за 1 м^3 сжатого воздуха	$C_{\text{СЖ}}$	руб./ м^3	0,279	

10.2 Расчет капитальных вложений в совершенствование ТП

Для определения капитальных вложений, так же будем использовать уже представленные методические указания [10], которые, учитывая описанные изменения, позволят определить необходимые средства для вложений. Принимая во внимание тот факт, что изменениям подверглись лишь приспособления и инструмент, определим величину капитальных вложений с учетом этих особенностей по формулам (10.1) – (10.12). Так как интерес для нас представляет проектируемый вариант, то и расчеты будем вести только данному варианту,

без учета базового.

$$З_{\text{ПР}} = T_{\text{ТР.ПР}} \cdot C_{\text{Ч.ТЕХ}}, \text{ руб.} \quad (10.1)$$

$$K_{\text{ОБ}} = \sum H_{\text{ОБ}} \cdot Ц_{\text{ОБ}} \cdot \kappa_3, \text{ руб.} \quad (10.2)$$

$$K_{\text{М}} = K_{\text{ОБ}} \cdot \kappa_{\text{МОНТ}}, \text{ руб.} \quad (10.3)$$

$$K_{\text{ТР}} = K_{\text{ОБ}} \cdot 0,05, \text{ руб.} \quad (10.4)$$

$$K_{\text{ПР}} = \sum H_{\text{ПР}} \cdot Ц_{\text{ПР}} \cdot \kappa_3, \text{ руб.} \quad (10.5)$$

$$K_{\text{И}} = \sum \frac{Ц_{\text{И}} \cdot T_{\text{МАШ}} \cdot N_{\text{Г}} \cdot \kappa_{\text{УБ}} \cdot H_{\text{И}}}{T_{\text{И}} \cdot (E_{\text{ПЕР}} + 1) \cdot 60}, \text{ руб.} \quad (10.6)$$

$$K_{\text{Э.ПЛ}} = \sum H_{\text{ОБ}} \cdot P_{\text{УД}} \cdot \kappa_{\text{ДОП}} \cdot \kappa_3 \cdot Ц_{\text{Э.ПЛ}}, \text{ руб.} \quad (10.7)$$

$$K_{\text{А}} = 0,06 \cdot \sum H_{\text{ОБ}} \cdot Ц_{\text{ОБ}} \cdot \kappa_3, \text{ руб.} \quad (10.8)$$

$$\text{НЗП} = \Pi_{\text{СУТ}} \cdot T_{\text{Ц}} \cdot C_{\text{ТЕХ}}, \text{ руб.} \quad (10.9)$$

$$З_{\text{ДЕМ}} = 0,1 \cdot \sum H_{\text{ОБ}} \cdot Ц_{\text{ОБ.ДЕМ}}, \text{ руб.} \quad (10.10)$$

$$V_{\text{РЕАЛ}} = 0,05 \cdot \sum H_{\text{ОБ}} \cdot Ц_{\text{ОБ.ДЕМ}}, \text{ руб.} \quad (10.11)$$

$$K_{\text{ВВ.ПР}} = З_{\text{ПР}} + K_{\text{ОБ}} + K_{\text{М}} + K_{\text{ТР}} + K_{\text{ПР}} + K_{\text{И}} + K_{\text{Э.ПЛ}} + K_{\text{А}} + \text{НЗП} + З_{\text{ДЕМ}} - V_{\text{РЕАЛ}}, \text{ руб.} \quad (10.12)$$

Для расчетов значений по формулам (10.1) – (10.12) использовалось программное обеспечение Microsoft Excel, а полученные значения записаны в таблице 10.3

Таблица 10.3 – Расчетные значения, входящие в капитальные вложения по проектируемому варианту

№ п/п	Наименование параметра, условное обозначение и единица измерения	Значение параметра
1	Затраты на проектирование, $Z_{\text{ПР}}$, руб.	55627
2	Прямые капитальные вложения в основное технологическое оборудование, $K_{\text{ОБ}}$, руб.	103884,79
3	Затраты на доставку и монтаж оборудования, $K_{\text{М}}$, руб.	11427,33
4	Затраты на транспортные средства, $K_{\text{ТР}}$, руб.	5194,24
5	Затраты на приспособление, $K_{\text{ПР}}$, руб.	714,29
6	Затраты на инструмент, $K_{\text{И}}$, руб.	161,11

№ п/п	Наименование параметра, условное обозначение и единица измерения	Значение параметра
7	Затраты на эксплуатацию производственной площади, $K_{Э.ПЛ}$, руб.	3211,96
8	Стоимость аппаратуры для записи программ (для станков с ЧПУ), K_A , руб.	6233,09
9	Оборотные средства в незавершенном производстве (для станков с ЧПУ), $НЗП$, руб.	29,38
10	Затраты на демонтаж заменяемого оборудования, $З_{ДЕМ}$, руб.	86541
	Выручка от реализации высвобожденного оборудования, $V_{РЕАЛ}$, руб.	43270,5
	Итого капитальные вложения в проектируемый вариант, $K_{ВВ.ПР}$, руб.	229753,68

10.3 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов

Основными элементами, входящими в технологическую себестоимость являются: основные материалы, заработная плата основных рабочих (операторов и наладчиков), начисления на заработную плату и расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, состоящие из определенного количества параметров. Все перечисленные элементы определяются по формулам, которые имеют подробное описание в методических рекомендациях [10].

Учитывая то, что материал и метод получения заготовки не изменился по вариантам, поэтому расчеты по определению величины основных материалов проводит не целесообразно, это связано с тем, что данная величина не повлияет на конечных результат расчетов. Остальные значения рассчитаем по следующему алгоритму.

$$Z_{ПЛ.ОП} = \frac{\sum T_{ШГ} \cdot C_{ч}}{60} \cdot K_{У} \cdot K_{ПФ} \cdot K_{ПР} \cdot K_{Д} \cdot K_{Н} \cdot K_{В.Н}, \text{ руб.} \quad (10.13)$$

$$Z_{ПЛ.ОП (АЗ)} = \frac{2,147 \cdot 72,24}{60} \cdot 1,087 \cdot 1,14 \cdot 1,12 \cdot 1,08 \cdot 1,076 \cdot 1,2 = 5 \text{ руб}$$

$$Z_{ПЛ.ОП (ПР)} = \frac{0,992 \cdot 67,71}{60} \cdot 1,087 \cdot 1,14 \cdot 1,12 \cdot 1,08 \cdot 1,076 \cdot 1,2 = 2,56 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЛ.НАЛ}} = \frac{C_{\text{ЧН}} \cdot \Phi_{\text{Э.Р}} \cdot H_{\text{ОБ.ОБЩ}} \cdot K_{3.СР}}{\Pi_{\Gamma} \cdot H_{\text{ОБСЛ}}} \cdot K_{\gamma} \cdot K_{\text{ПФ}} \cdot K_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{Д}} \cdot K_{\text{Н}} \cdot K_{\text{В.Н}}, \text{ руб.} \quad (10.14)$$

$$Z_{\text{ПЛ.НАЛ(Р)}} = \frac{97,67 \cdot 1731 \cdot 1 \cdot 0,034}{10000 \cdot 10} \cdot 1,087 \cdot 1,14 \cdot 1,12 \cdot 1,08 \cdot 1,076 \cdot 1,2 = 0,1 \text{ руб}$$

$$H_{3.ПЛ} = 3\Pi \cdot K_{\text{С}} = \text{€}_{\text{ПЛ.ОП}} + Z_{\text{ПЛ.НАЛ}} \cdot K_{\text{С}}, \text{ руб.} \quad (10.15)$$

$$H_{3.ПЛ(\text{АЗ})} = \text{€} + 0 \cdot 0,3 = 1,5 \text{ руб}$$

$$H_{3.ПЛ(\text{Р})} = \text{€},56 + 0,1 \cdot 0,3 = 0,8 \text{ руб}$$

$$P_{\text{А}} = \frac{\text{€}_{\text{ОБ}} \cdot (\text{€}_{\text{МОНТ}} + 1) \cdot V_{\text{Р.ОБ}} \cdot H_{\text{А}} \cdot H_{\text{ОБ}} \cdot K_{3}}{\Phi_{\text{ЭФ.ОБ}} \cdot 100 \cdot 60 \cdot K_{\text{ВН}}}, \text{ руб.} \quad (10.16)$$

$$P_{\text{А}} = \frac{\text{€}_{\text{ОБ}} \cdot (\text{€}_{\text{МОНТ}} + 1) \cdot V_{\text{Р.ОБ}} \cdot K_{\text{Р}} \cdot H_{\text{ОБ}} \cdot K_{3}}{\Phi_{\text{ЭФ.ОБ}} \cdot 60 \cdot K_{\text{ВН}}}, \text{ руб.} \quad (10.17)$$

$$P_{\text{Э.Э}} = \frac{M_{\text{УСТ}} \cdot T_{\text{МАШ}} \cdot \Pi_{\text{ЭЭ}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{П}} \cdot K_{\text{ОД}} \cdot K_{\text{В}}}{\text{КПД} \cdot 60}, \text{ руб.} \quad (10.18)$$

$$P_{\text{И}} = \frac{(\text{€}_{\text{И}} \cdot K_{\text{ТР.И}} - V_{\text{Р.И}}) \cdot K_{\text{УБ}} + H_{\text{ПЕР}} \cdot \Pi_{\text{ПЕР}} \cdot T_{\text{МАШ}} \cdot H_{\text{И}}}{T_{\text{И}} \cdot (\text{€}_{\text{ПЕР}} + 1) \cdot 60}, \text{ руб.} \quad (10.19)$$

$$P_{\text{ПР}} = \frac{(\text{€}_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{Р.ПР}} - V_{\text{Р.ПР}}) \cdot H_{\text{ПР}} \cdot K_{3}}{N_{\text{ГОД}} \cdot T_{\text{ПР}}}, \text{ руб.} \quad (10.20)$$

$$P_{\text{СМ}} = \frac{H_{\text{ОБ}} \cdot K_{3} \cdot P_{\text{СОЖ}}}{N_{\text{ГОД}}}, \text{ руб.} \quad (10.21)$$

$$P_{\text{В}} = \frac{\Phi_{\text{ЭФ.ОБ}} \cdot H_{\text{ОБ}} \cdot K_{3} \cdot \Pi_{\text{В}} \cdot Y_{\text{В}}}{N_{\text{ГОД}}}, \text{ руб.} \quad (10.22)$$

$$P_{\text{ПЛ}} = \frac{H_{\text{ОБ}} \cdot K_{3} \cdot P_{\text{УД}} \cdot K_{\text{ДОП.ПЛ}} \cdot \Pi_{\text{ПЛ}}}{N_{\text{ГОД}}}, \text{ руб.} \quad (10.23)$$

$$P_{\text{СЖ}} = \frac{H_{\text{ОБ}} \cdot K_{3} \cdot \Phi_{\text{ЭФ.ОБ}} \cdot Y_{\text{СЖ}} \cdot \Pi_{\text{СЖ}}}{N_{\text{ГОД}}}, \text{ руб.} \quad (10.24)$$

$$P_{y.лп} = \frac{Z_{y.лп} \cdot K_3 \cdot N_{дет} \cdot K_{в.лп}}{N_{год} \cdot T_{пер}}, \text{ руб.} \quad (10.25)$$

$$P_{э.об} = P_A + P_{р.об} + P_{э.э} + P_{и} + P_{лп} + P_{см} + P_B + P_{пл} + P_{сж} + P_{y.лп}, \text{ руб.} \quad (10.26)$$

Для расчетов значений по формулам (10.16) – (10.26) использовалось программное обеспечение Microsoft Excel, а полученные значения представлены в таблице 10.4

Таблица 10.4 – Расчетные значения параметров, входящих в расходы на содержание и эксплуатацию оборудования

№ п/п	Наименование параметра, условное обозначение и единица измерения	Значение параметра	
		Базовый	Проектный
1	Расходы на амортизацию оборудования, P_A , руб.	0,071	0,114
2	Расходы на текущий ремонт, $P_{р.об}$, руб.	0,021	0,035
3	Расходы на электроэнергию $P_{э}$, руб.	0,132	0,068
4	Расходы на содержание и эксплуатацию рабочего инструмента, $P_{и}$, руб.	0,033	0,022
5	Расходы на содержание и эксплуатацию приспособления, $P_{лп}$, руб.	0,532	0,02
6	Расходы на смазочно-охлаждающую жидкость, $P_{см}$, руб.	0,01	0,004
7	Расходы на технологическую воду, P_B , руб.	0,08	0,037
8	Расходы на содержание и эксплуатацию производственной площади, $P_{э.пл}$, руб.	0,001	0,001
9	Расходы на сжатый воздух, $P_{сж}$, руб.	0,451	0,321
10	Расходы на управляющую программу, $P_{y.лп}$, руб.	–	0,535
11	Итого расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, $P_{э.об}$, руб.	1,331	1,157

$$C_{тех} = 3П + N_{3.пл} + P_{э.об}, \text{ руб.} \quad (10.27)$$

$$C_{тех(аз)} = 5 + 1,5 + 1,33 = 7,83 \text{ руб}$$

$$C_{тех(п)} = 2,65 + 0,8 + 1,16 = 4,61 \text{ руб}$$

Далее определяем полную себестоимость выполнения рассматриваемых операций, для этого используем калькуляцию себестоимости обработки детали

по вариантам технологического процесса [10]. Согласно ей мы получаем: полную себестоимость по базовому варианту – $C_{ПОЛН(БАЗ)} = 26,12$ руб., а по проектному варианту – $C_{ПОЛН(ПР)} = 14,3$ руб.

10.4 Расчет показателей экономической эффективности

$$П_{ОЖ} = (C_{ПОЛН(БАЗ)} - C_{ПОЛН(ПР)}) \cdot N_{ГОД}, \text{ руб.} \quad (8.27)$$

$$П_{ОЖ} = (26,12 - 14,3) \cdot 10000 = 118200 \text{ руб}$$

$$Н_{ПРИБ} = П_{ОЖ} \cdot K_{НАЛ}, \text{ руб.} \quad (8.28)$$

$$Н_{ПРИБ} = 118200 \cdot 0,2 = 23640 \text{ руб}$$

$$П_{ЧИСТ} = П_{ОЖ} - Н_{ПРИБ}, \text{ руб.} \quad (8.29)$$

$$П_{ЧИСТ} = 118200 - 23640 = 94560 \text{ руб}$$

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{K_{ВВ.ПР}}{П_{ЧИСТ}} + 1, \text{ года} \quad (8.30)$$

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{229753,68}{94560} + 1 = 3,43 \approx 4 \text{ года}$$

$$D_{ОБЩ.ДИСК} = П_{ЧИСТ.ДИСК} \cdot \sum_{1}^T \frac{1}{(1+E)^n}, \text{ руб.} \quad (8.31)$$

$$D_{ОБЩ.ДИСК} = П_{ЧИСТ.ДИСК}(T) = 94560 \cdot \left(\frac{1}{(1+0,15)^1} + \frac{1}{(1+0,15)^2} + \frac{1}{(1+0,15)^3} + \frac{1}{(1+0,15)^4} \right) = 270063,36 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{ИНТ} = ЧДД = D_{ОБЩ.ДИСК} - K_{ОБЩ}, \text{ руб.} \quad (8.32)$$

$$\mathcal{E}_{ИНТ} = ЧДД = 270063,36 - 229753,68 = 40309,68 \text{ руб}$$

$$ИД = \frac{D_{ОБЩ.ДИСК}}{K_{ОБЩ}}, \text{ руб./руб.} \quad (8.33)$$

$$\text{ИД} = \frac{270063,36}{229753,68} = 1,18 \text{ руб/руб}$$

Благодаря замене оборудования, оснастки и инструмента на 035 операции, удалось уменьшить трудоемкость ее выполнения. Это привело к снижению себестоимости на 45,3% и позволит получить дополнительную чистую прибыль в размере 94560 руб. Необходимые капитальные вложения в объеме 229753,68 руб. окупятся в течение 4-х лет. Расчеты подтвердили эффективность инженерных решений, положительной величиной интегрального экономического эффекта, которая составляет – 40309,68 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1 Выводы

При выполнении выпускной квалификационной работы предложены следующие пути совершенствования техпроцесса:

- разработана заготовка, полученная из проката;
- разработан новый технологический процесс изготовления детали в условиях среднесерийного производства;
- применено высокопроизводительное оборудование - станки с ЧПУ, автоматы и полуавтоматы;
- применена высокопроизводительная оснастка с механизированным приводом;
- применен комбинированный инструмент с износостойкими покрытиями;
- на основе проведенных научных исследований описана методика повышения стойкости твердосплавных пластин с помощью многослойных износостойких покрытий Ti-Nb-N;
- спроектировано сверло спиральное с радиусной кромкой и дополнительной подточкой задних поверхностей вблизи поперечной кромки;
- спроектирован патрон 3-х кулачковый клиновый с пневмоприводом для токарной операции;
- спроектировано приспособление для контроля радиального и торцевого биения с электронными индикаторами Mitutoyo;
- спроектировано захватное устройство промышленного робота, предназначенное для загрузки деталей на токарных станках.

Изменения, внесенные в техпроцесс изготовления детали позволили достичь основных целей проекта, обеспечить заданный объем выпуска деталей, снизить себестоимость ее изготовления и повысить качество изготовления по сравнению с базовым вариантом технологического процесса.

Экономический эффект составит 40309,68 рублей.

2 Предложения

Разработанный технологический процесс изготовления ударника рекомендуется к применению при разработке аналогичных техпроцессов на АО "АвтоВАЗ" при переходе с единичного на серийное производство.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Барановский, Ю.В. Режимы резания металлов. Справочник / Ю.В. Барановский. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М., Машиностроение, 1995 г., 320 с.
- 2 Белоусов, А.П. Проектирование станочных приспособлений: Учеб пособие для учащихся техникумов. / А.П. Белоусов.; 3-е изд., перераб. И доп. – М.: Высш.школа, 1980, 240 с
- 3 Боровков, В.М. Разработка и проектирование чертежа штамповки. Метод. Указания / В.М. Боровков, ТолПИ, 1990
- 4 Боровков, В.М. Экономическое обоснование выбора заготовки при проектировании технологического процесса. Метод. Указания / В.М. Боровков, ТолПИ, 1990
- 5 Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. Пособие для вузов. / А.Ф.Горбацевич, В.А. Шкред; 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с 4-го издания. – М: ООО ИД «Альянс», 2007.- 256 с.
- 6 Гордеев, А.В. Выбор метода получения заготовки. Метод, указания / А.В. Гордеев, - Тольятти, ТГУ, 2004.-9 с.
- 7 Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учеб. Пособие. / Л.Н. Горина, - Тольятти, 2000, 68 с.
- 8 ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.
- 9 Добрыднев, И.С. Курсовое проектирование по предмету "Технология машиностроения" / И.С. Добрыднев, - М: Машиностроение 1985, 184 с.
- 10 Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова,– Тольятти: ТГУ, 2008, 46 с..
- 11 Михайлов, А.В. Методические указания для студентов по выполнению курсового проекта по специальности 1201 Технология машиностроения по дисциплине «Технология машиностроения» / А.В. Михайлов, – Тольятти, ТГУ, 2005. - 75 с.
- 12 Нефедов, Н.А. Дипломное проектирование в машиностроительных техникумах: Учеб. Пособие для техникумов 2-е изд. перераб. и доп./ Н.А.

Нефедов, - М.: Высш. Школа, 1986-239 с.

13 Нефедов, Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту Учеб. Пособие для техникумов по предмету "Основы учения о резании металлов и режущий инструмент" 4-е изд. перераб. и доп. / Н.А. Нефедов, - М., Машиностроение, 1984 г.- 400 с.

14 Обработка металлов резанием: Справочник технолога. / А.А. Панов [и др.]; под общ. ред. А.А. Панова, 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 2005 – 784 с.

15 Справочник инструментальщика / И.А. Ординарцев [и др.], под общ. ред. И.А. Ординарцева –Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1987. – 846 с.

16 Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 1/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 912 с.

17 Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 2/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 944 с.

18 Станочные приспособления: Справочник. В 2-х кн. Кн. 1./ Б.Н. Вардашкин; под ред. Б.Н. Вардашкина [и др.]; - М.: Машиностроение, 1984.

19 Таймингс, Р. Машиностроение. Режущий инструмент. Карманный справочник. Пер. с англ. 2-е изд. Стер./ Р. Таймингс, – М.: Додэка-XXI, 2008, - 336 с.

20 Ткачук, К.Н. Безопасность труда в промышленности / К.Н. Ткачук [и др.] – К. Техника, 1982, 231 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Маршрутная карта технологического процесса

Дубл.	Взам.	Площ.											2	3
А		Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции		Обозначение документа							
Б		Код, наименование оборудования		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.
01А	XXXXXX	030	4260	Фрезерная	ИОТ И 37.101.7026-89									
02Б	3816XXX			6904ВМФ2	2	18632	411	1Р	1	1	236	1	24	0,891
03														
04А	XXXXXX	035	4260	Фрезерная	ИОТ И 37.101.7026-89									
05Б	3816XXX			6Р11МФ3-1	2	18632	411	1Р	1	1	236	1	32	2,287
06														
07А	XXXXXX	040	0190	Слесарная										
08Б	XXXXXX	4407												
09														
10А	XXXXXX	045	0130	Моечная										
11Б	375698XXX			КММ										
12														
13А	XXXXXX	050	0200	Контрольная										
14														
15А	XXXXXX	055	0511	Термическая										
16														
17А	XXXXXX	060	4132	Внутришлифовальная	ИОТ И 37.101.7419-85									
18Б	38132XXX			3К227В	2	18873	411	1Р	1	1	236	1	18	0,619
МК														

Дубл. Взам. Подп.														
											3			
А	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции		Обозначение документа				Кшт	Тпз.	Тшт.		
Б	Цех	Код, наименование оборудования	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН				ОП	
01А	XXXXXX	065	4132	Внутришлифовальная		ИОТ И 37.101.7419-85								
02Б	38132XXX			3К227В	2	18873	411	1Р	1	1	236	1	18	0,815
03														
04А	XXXXXX	070	0130	Моечная										
05Б	375698XXX			КММ										
06														
07А	XXXXXX	075	0200	Контрольная										
08Б														
09														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
МК														

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Операционные карты

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Спецификация к чертежу станочного приспособления

Форм.	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				<u>Документация</u>		
A1			16.07.ТМ.507.60.000.СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Детали</u>		
		1	16.07.ТМ.507.60.001	Винт	1	
		2	16.07.ТМ.507.60.002	Втулка	1	
		3	16.07.ТМ.507.60.003	Втулка	1	
		4	16.07.ТМ.507.60.004	Втулка	1	
		5	16.07.ТМ.507.60.005	Демпфер	2	
		6	16.07.ТМ.507.60.006	Клин	1	
		7	16.07.ТМ.507.60.007	Корпус патрона	1	
		8	16.07.ТМ.507.60.008	Корпус	1	
		9	16.07.ТМ.507.60.009	Корпус	1	
		10	16.07.ТМ.507.60.010	Крышка	1	
		11	16.07.ТМ.507.60.011	Крышка	1	
		12	16.07.ТМ.507.60.012	Кулачок	3	
		13	16.07.ТМ.507.60.013	Поршень	1	
		14	16.07.ТМ.507.60.014	Подкулачник	3	
		15	16.07.ТМ.507.60.015	Пробка	1	
		16	16.07.ТМ.507.60.016	Пробка	2	
		17	16.07.ТМ.507.60.017	Прокладка	1	
		18	16.07.ТМ.507.60.018	Прокладка	1	
			16.07.ТМ.507.60.000			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
Испол.	Макариев				Лист	Листов
Проект.	Бобровский				1	3
И. контр.	Виткалов				ТГУ, гр. ТМз-1001	
Утв.	Бобровский					

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
		19	16.07.ТМ.507.60.019	Пружина	1	
		20	16.07.ТМ.507.60.020	Сухарь	6	
		21	16.07.ТМ.507.60.021	Тяга	1	
		22	16.07.ТМ.507.60.022	Фиксатор	1	
		23	16.07.ТМ.507.60.023	Шток	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
				Винты ГОСТ 11738-72		
		24		М6х12.88	3	
		25		М8х30.88	12	
		26		М10х20.88	6	
		27		М12х50.88	3	
		28		Винт М6х10.48		
				ГОСТ 1476-75	2	
		29		Винт 7000-0005		
				ГОСТ 17773-72	1	
		30		Винт М5х12.58		
				ГОСТ 17475-80	1	
		31		Гайка 7003-0135/001		
				ГОСТ 12460-67	1	
		32		Гайка М16.5.		
				ГОСТ 5927-70	2	
				Кольца ГОСТ 9833-73		
		33		030-036-30-2-4	2	
		34		068-073-30-2-4	3	
		35		072-080-46-2-4	2	
		36		Кольцо А40 65Г кд 15хр		
				ГОСТ 13941-80	1	
				16.07.ТМ.507.60.000		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	2	

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Спецификация к чертежу контрольного приспособления

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				<u>Документация</u>		
A1			16.07.ТМ.507.61.000.СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Сборочные единицы</u>		
		1	16.07.ТМ.507.61.100	Индикатор	2	
		2	16.07.ТМ.507.61.100	Оправка	1	
				<u>Детали</u>		
		3	16.07.ТМ.507.61.003	Болт	1	
		4	16.07.ТМ.507.61.004	Винт	2	
		5	16.07.ТМ.507.61.005	Гайка	1	
		6	16.07.ТМ.507.61.006	Ножка	4	
		7	16.07.ТМ.507.61.007	Плита	1	
		8	16.07.ТМ.507.61.008	Табличка	1	
		9	16.07.ТМ.507.61.009	Стойка	1	
		10	16.07.ТМ.507.61.010	Стойка	1	
		11	16.07.ТМ.507.61.011	Стойка	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		12		Винт М5х10.58		
			16.07.ТМ.507.61.000			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
Издано.	Макаревич				Лист	Листов
Проект.	Бобровский				1	2
И. контр.	Виткалов				ТГУ, гр. ТМз-1001	
Утв.	Бобровский					

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Спецификация к чертежу захватного устройства промышленного робота

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				<u>Документация</u>		
A1			16.07.ТМ.507.62.000.СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Детали</u>		
		1	16.07.ТМ.507.62.001	Втулка	2	
		2	16.07.ТМ.507.62.002	Губка	2	
		3	16.07.ТМ.507.62.003	Демпфер	2	
		4	16.07.ТМ.507.62.004	Корпус	1	
		5	16.07.ТМ.507.62.005	Крышка	1	
		6	16.07.ТМ.507.62.006	Кольцо	2	
		7	16.07.ТМ.507.62.007	Ось	2	
		8	16.07.ТМ.507.62.008	Ось	2	
		9	16.07.ТМ.507.62.009	Поршень	1	
		10	16.07.ТМ.507.62.010	Рейка	1	
		11	16.07.ТМ.507.62.011	Фланец	1	
		12	16.07.ТМ.507.62.012	Шток	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		13		Винт М6х22.88		
				ГОСТ 11738-72	8	
		14		Гайка М10х1,5-6Н.5.029		
				ГОСТ 5357-75	1	
				16.07.ТМ.507.62.000		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
Разраб.	Макараев				Лист	Лист
Пров.	Бобровский				1	2
Н. контр.	Виткалов				ТГУ, гр. ТМз-1001	
Утв.	Бобровский					

