

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Голыяттинский 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 авто-
матизированных машиностроительных производств

Специальность «Технология машиностроения»

Студент Лазарев Максим Викторович гр. ТМз-1001

1. Тема Технологический процесс изготовления фланца неподвижного привода механической мельницы

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 производственного участка

7) Безопасность и экологичность технического объекта

8) 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) План участка | 0,5 – 1 |
| 9) 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>М.В. Лазарев</i> (И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

УДК 621.0.01

Технологический процесс изготовления фланца неподвижного привода механической мельницы

Выпускная квалификационная работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2016.

В дипломном проекте рассмотрены вопросы проектирования технологического процесса изготовления фланца неподвижного привода механической мельницы в условиях среднесерийного производства

Предложено:

- применение нового технологического процесса изготовления детали в условиях среднесерийного производства;
- получение заготовки литьем в керамические формы с минимальными припусками, полученными аналитическим методом;
- применение высокопроизводительного оборудования и оснастки;
- применение высокопроизводительного комбинированного инструмента с износостойкими покрытиями.
- спроектирован патрон рычажный с механизированным приводом для токарной операции;
- спроектирован сборный шлифовальный круг, выполненный из сложнолегированного электрокорунда 91А;
- на основе проведенных научных исследований предложен способ подачи СОЖ через канал в пластине резца, в результате чего стойкость канавочного резца на токарной операции 005 возрастает в 2-4 раза.

ВКР состоит из пояснительной записки в размере 96 страниц, содержащей 30 таблиц, 12 рисунка, и графической части, содержащей 9,5 листов.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение. Цель проекта	7
1 Описание исходных данных	8
1.1 Анализ служебного назначения детали.....	8
1.2 Анализ технологичности конструкции	11
1.3 Анализ базового варианта техпроцесса.....	13
1.4 Задачи проекта. Пути совершенствования техпроцесса.....	15
2 Технологическая часть проекта.....	27
2.1 Выбор типа производства	27
2.2 Выбор метода получения заготовки	17
2.3 Выбор методов обработки поверхностей.....	21
2.4 Определение припуска и проектирование заготовки	22
2.5 Разработка технологического маршрута и плана обработки.....	31
2.6 Выбор средств технологического оснащения	33
2.7 Проектирование технологических операций.....	36
3 Совершенствование операций с помощью научных исследований....	48
4 Проектирование приспособления	58
4.1 Анализ конструкции базового приспособления. Цели проектирования	60
4.2 Расчет усилия резания.....	60
4.3 Расчет усилия зажима.....	60
4.4 Выбор конструкции и расчет силового привода	63
4.5 Расчет погрешности базирования	64
4.6 Описание конструкции и принципа работы приспособления	64
5 Проектирование режущего инструмента	66
5.1 Анализ конструкции базового инструмента. Цели и задачи проектирования	66
5.2 Проектирование шлифовального круга	66
6 Проектирование производственного участка	68
6.1 Выбор типа промышленного здания	68
6.2 Проектирование участка изготовления фланца	68

7	Безопасность и экологичность технического объекта	75
7.1	Конструктивно-технологическая характеристика объекта	75
7.2	Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков.....	76
7.3	Методы и технические средства снижения профессиональных рисков	77
7.4	Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта (производственно-технологических эксплуатационных и утилизационных процессов)	78
7.5	Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта	82
7.6	Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»	83
8	Экономическая эффективность проекта	85
8.1	Краткая характеристика сравниваемых вариантов	85
8.2	Расчет капитальных вложений в совершенствование ТП.....	87
8.3	Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов	88
8.4	Расчет показателей экономической эффективности.....	91
	Заключение	93
	Список используемой литературы.....	94
	Приложения.....	96

ВВЕДЕНИЕ. ЦЕЛЬ ПРОЕКТА

Внедрение результатов научно-технического прогресса в машиностроительной отрасли довольно существенно воздействует на технико-экономические показатели роста производства. А, как известно, одним из важнейших условий влияющих на научно-технический процесс является возрастание производительности обработки при неизменном качестве. Инвестиции и капитальные вложения должны быть неотъемлемой частью современного машиностроения.

Снижения себестоимости возможно достичь применяя современные методики проектирования технологических процессов, внедряя технологическое оснащение, обладающее высокой производительностью и более широко использовать возможности автоматизации производства.

Основной задачей технологии машиностроения является проектирование полного комплекса, включающего технологические средства, обеспечивающие своевременный выпуск металлопродукции требуемого качества в необходимом количестве и в заданные сроки.

При технологической подготовке производства, как и при технической - разработка техпроцесса изготовления деталей машин является одним из определяющих факторов в цикле производства машин и механизмов.

Данная выпускная квалификационная работа (ВКР) посвящается разработке технологического процесса изготовления фланца неподвижного привода механической мельницы в условиях среднесерийного производства.

Целью данной ВКР является проектирование нового техпроцесса изготовления фланца с обеспечением высокого качества обработки, пониженной себестоимости изготовления, за счет применения новых разработок в области современного машиностроения.

1 Описание исходных данных

1.1 Анализ служебного назначения детали

1.1.1 Описание конструкции узла, в который входит деталь

Данная деталь является фланцем неподвижным, устанавливается в приводе механической мельницы и предназначена для установки сопрягаемых деталей и передачи крутящего момента.

На рисунке 1.1 приведен фрагмент узла, в который входит данная деталь.

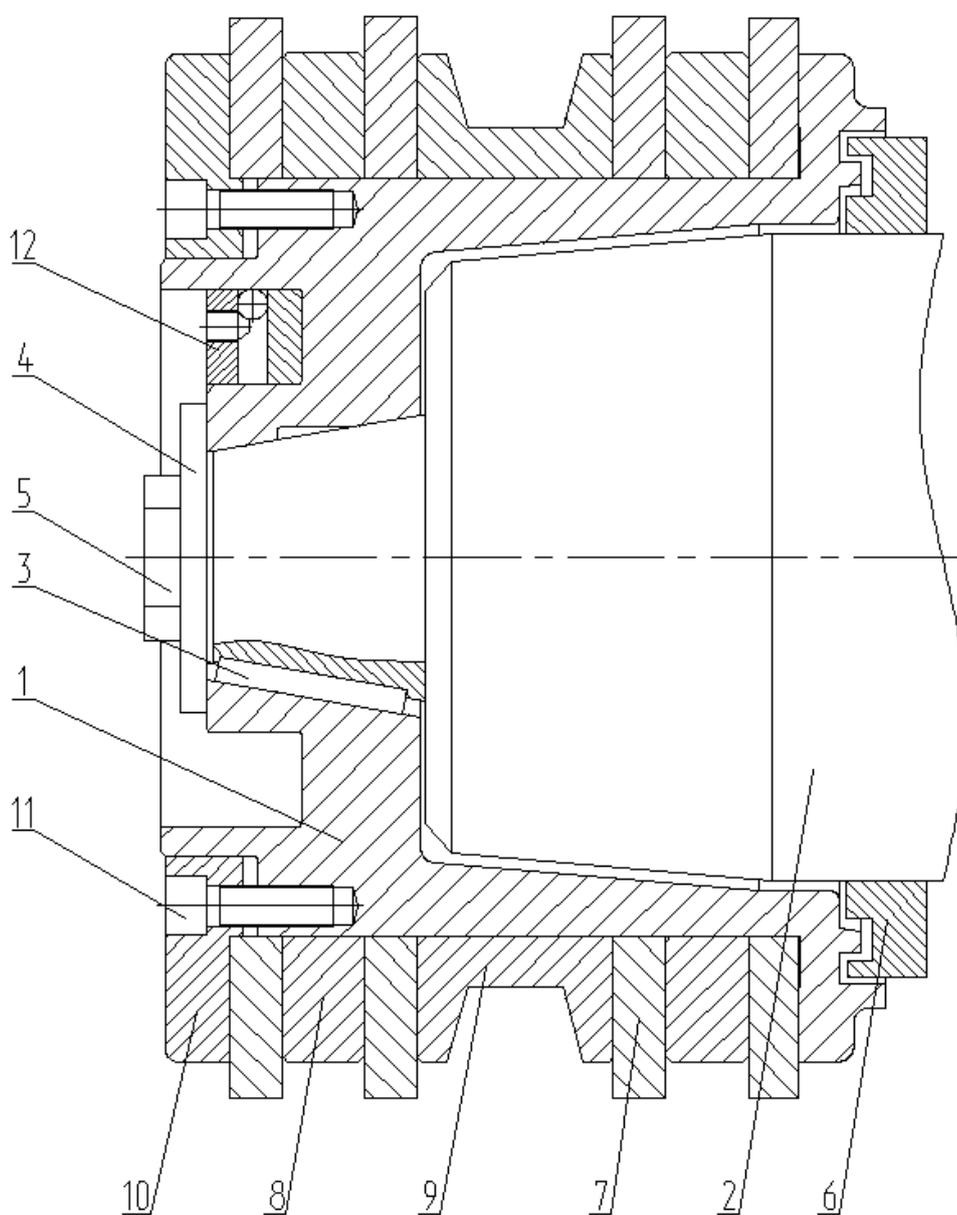


Рисунок 1.1 - Фрагмент узла

Фланец неподвижный 1 устанавливается на шпинделе 2 на шпонке 3 и крепится с помощью шайбы 4 и болта 5. На шпинделе 2 установлено кольцо 6. На наружной поверхности фланца 1 устанавливаются кольца 7, кольца дистанционные 8 и 9, которые крепятся с помощью фланца подвижного 10 и винтов 11. Для балансировки в канавке фланца 1 устанавливается балансировочный грузик 12.

1.1.2 Анализ материала детали

Фланец неподвижный работает в условиях высоких скоростей и переменных нагрузок, поэтому имеет достаточно высокие требования к материалу и точности изготовления.

Материал фланца: сталь 40ХЛ по ГОСТ 977-88.

В таблице 1.1 представлен хим. состав стали 40ХЛ.

Таблица 1.1 - Химический состав стали 40ХЛ, в процентах

Элемент	C	S	P	Cu	Ni	Mn	Cr	Si
		Не более						
Содержание	0.35-0,45	0.04	0.04	0,3	0.3	0,4-0.9	0.8-1.1	0.2-0.4

В таблице 1.2 представлены физико-механические свойства стали 40ХЛ

Таблица 1.2 - Физико-механические свойства стали 40ХЛ

Состояние поставки. режим термообработки	Сечение, мм	σ_T	σ_B	δ_5	ψ	KCU	НВ
		МПа	МПа	%	%	Дж/см ²	Не более
Нормализация 880-890 °С, воздух до 250-300 °С, выдержка 2 ч при 250 °С, нагрев до 600-610 °С, воздух.	200	390-450	710-760	17-20	31-50	45-59	206

Окончательная термообработка: Закалка 870-880 °С, масло. Отпуск 630-640 °С, воздух. 35±2 HRC.

Обозначения в таблице 1.2:

σ_B – временное сопротивление, МПа;

σ_T - предел текучести, МПа;

δ_5 - относительное удлинение при разрыве, %;

ψ - относительное сужение, %;

KCU - ударная вязкость, Дж/см²;

HВ - твердость по шкале Бринелля.

Анализ данных таблиц 1.1. и 1.2. показывает, что химический состав и механические свойства стали 40ХЛ удовлетворяют необходимым служебным характеристикам материала для изготовления фланца.

1.1.3 Классификация поверхностей детали по служебному назначению

В таблице 1.3 представлено ранжирование поверхностей фланца неподвижного привода механической мельницы по служебному назначению.

Таблица 1.3 - Классификация поверхностей фланца

Вид поверхностей	Номера поверхностей
Исполнительные поверхности	33,6
Основные конструкторские базы	22
Вспомогательные конструкторские базы	3,7,27,29,30,31,36
Свободные поверхности	остальные

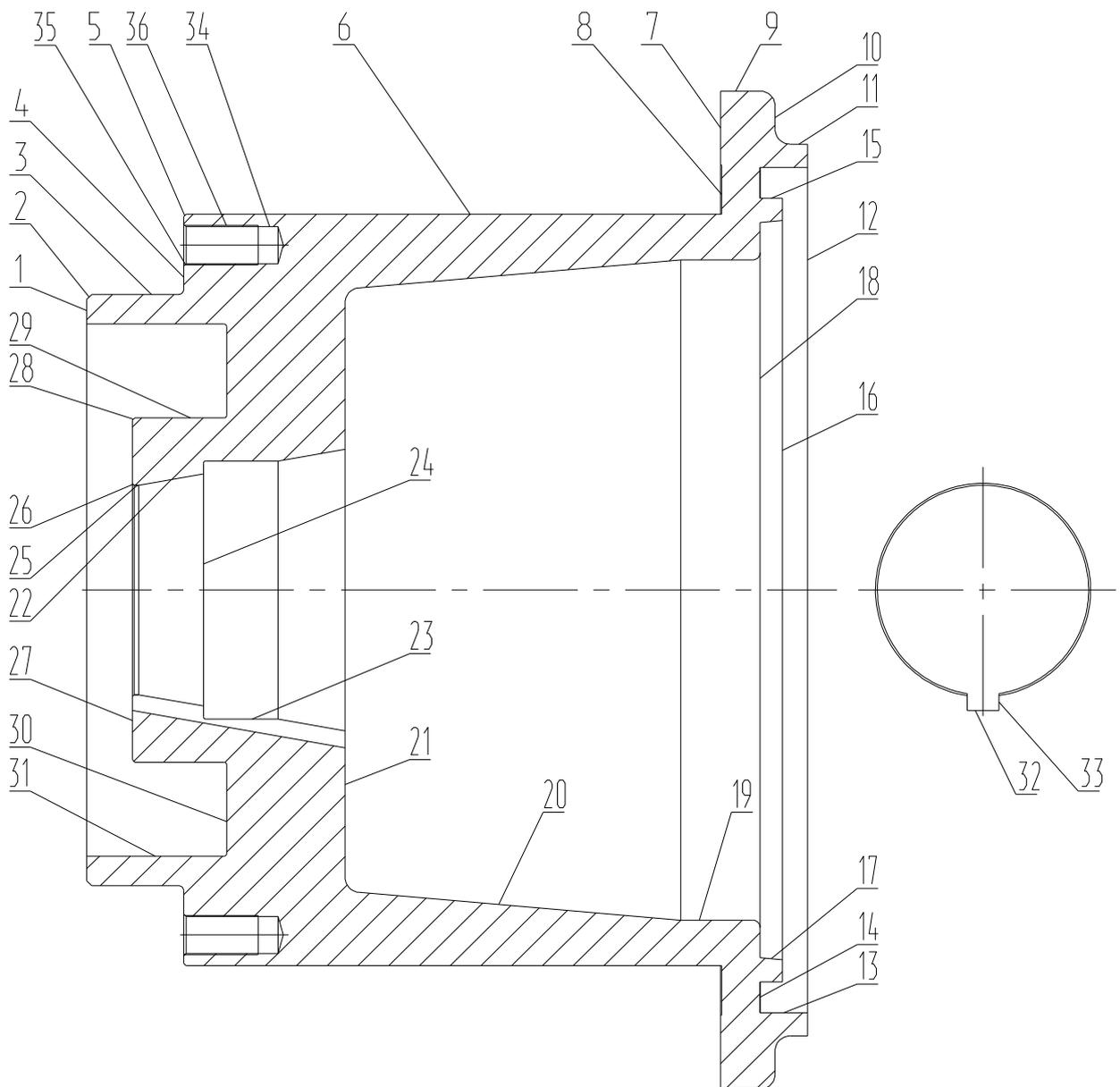


Рисунок 1.2 - Эскиз фланца (систематизация поверхностей)

1.2 Анализ технологичности конструкции детали

Проведем анализ технологичности, то есть выявим недостатки конструкции по сведениям, содержащимся в чертежах и технических требованиях, и отметим положительные стороны.

1.2.1 Технологичность заготовки

Деталь – фланец неподвижный изготавливается: в серийном производстве из стали 40Х ГОСТ 4543-71 методом горячей объемной штамповки или из стали 40ХЛ ГОСТ 977-88 методом литья. В единичном производстве деталь изготавливается из проката.

То есть, заготовка является технологичной.

1.2.2 Технологичность конструкции детали в целом

В рабочем чертеже содержится вся необходимая графическая информация для полного представления о конструкции фланца с указанием всех размеров, отклонений геометрических форм.

Форма фланца предполагает использование механизации и автоматизации при установке и обработке. Поверхности изделия позволяют проводить обработку на универсальном оборудовании при помощи стандартных режущих инструментов.

То есть, деталь по конфигурации достаточно технологична.

1.2.3 Технологичность базирования и закрепления

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 технологических баз при токарной обработке правого конца пов. 6 и торец пов. 7.

При токарной обработке левого конца возможно использовать пов. 19 и торец пов. 12.

При долбежной и сверлильной операции в качестве баз используем отв., пов. 22 и торец пов. 21.

В качестве баз при внутришлифовальной обработке конуса 22 необходимо использовать пов. 6 и торец 7.

В качестве баз при внутришлифовальной обработке пов. 27,29,31 необходимо использовать конус, пов. 22 и торец 21.

При круглошлифовальной обработке необходимо использовать конус, пов. 22 и торец 21.

Точность и шероховатость базовых поверхностей непрерывно улучшается в процессе обработки, и обеспечивают работу с минимальными припусками.

То есть, технологичность при базировании и закреплении является удовлетворительной.

Таким образом, конструкция фланца неподвижного является в целом технологичной.

1.3 Анализ базового варианта техпроцесса

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

1.3.1 Технологический маршрут базового техпроцесса

Анализируя технологический маршрут базового ТП, выявляем недостатки порядка следования и содержания каждой операции. В таблице 1.4. представлено содержание каждой операции базового технологического маршрута

Таблица 1.4 - Анализ базового варианта техпроцесса

Операция		Средства технологического оснащения			Тшт , мин
№ оп	Наименование оп, номера обrab. пов.	Оборудование	Приспособле- ние	Инструмент (материал режущей части)	
1	2	3	4	5	6
005	Заготовительная				
010	Токарная черно- вая	Токарно- карусельный 1512	Патрон 3-х кулачковый	Резец проходной Т5К10 Резец подрезной Т5К10 Сверло спиральное Р6М5	45

Операция		Средства технологического оснащения			Тшт , мин
№ оп	Наименование оп, номера обrab. пов.	Оборудование	Приспособле- ние	Инструмент (материал режущей части)	
1	2	3	4	5	6
				Резец расточной Т5К10	
015	Токарная чисто- вая	Токарно- карусельный 1512	Патрон 3-х кулачковый	Резец проходной Т15К6 Резец подрезной Т15К6 Резец расточной Т15К6 Резец канавочный Т15К6	22
020	Слесарная (раз- меточная)				4
025	Долбежная	Вертикально- долбежный 7Д430	Приспособле- ние специ- альное	Резец долбежный Р6М5	4
030	Сверлильная	Вертикально- сверлильный 2Р135	Приспособле- ние специ- альное	Сверло центровочное Р6М5 Сверло спиральное Р6М5	16
035	Слесарная			Метчик машинный Р6М5 Напильник, шлифоваль- ная шкурка	10
040	Моечная	КММ			0,5
045	Контрольная	Стол кон- трольный			
050	Термическая (закалка)				
055	Внутришлифо- вальная	Торцевнут- риш- лифовальный станок 3К228В	Патрон мем- бранный	Шлифовальный круг	2,5
060	Внутришлифо- вальная	Торцевнут- риш- лифовальный станок 3К228В	Патрон цан- говый	Шлифовальный круг	2,5
065	Круглошлифо- вальная	Круглош- лифовальный станок 3М194	Патрон цан- говый	Шлифовальный круг	6,5
070	Моечная	КММ			0,5
075	Контрольная				

1.4 Задачи проекта. Пути совершенствования техпроцесса

1.4.1 Недостатки базового ТП

Анализируя заводской ТП обработки оправки выявляем, что базовый 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 оправки и снизить её себестоимость.

Приведем основные из них:

- 1) штучное время на операциях токарной обработки слишком большое, неоптимальные режимы резания и применение универсальных станков;
- 2) в качестве оборудования выбраны низкопроизводительные универсальные станки, например 1512, 2P135;
- 3) штучное время на долбежной операции слишком большое;
- 4) неоптимальная структура сверлильной операции;
- 5) резьба нарезается вручную;
- 6) наличие слесарной операции по снятию заусенцев по контуру фланца;
- 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

Сформулируем задачи ВКР:

- 1) выполнить расчет припуска по современной методике и далее проект заготовки, полученной литьем в керамические формы с минимальными припусками;
- 2) использовать высокопроизводительное оборудование (в условиях среднесерийного производства);
- 3) вместо долбежной операции применить более производительную про-

тяжкую операцию;

4) применить вертикально-сверлильный станок с ЧПУ. Резьбу нарезать на сверлильной операции. Вместо центровки и сверления применим сверление жестким комбинированным сверлом;

5) применить электрохимическую операцию, которая позволит снизить штучное время по сравнению со слесарной;

6) применить инструмент высокой производительности с износостойким покрытием;

7) использовать специализированную оснастку;

8) спроектировать патрон рычажный с механизированным приводом для токарной операции;

9) спроектировать шлифовальный круг;

10) провести анализ ТП по наличию опасных и вредных факторов;

11) определить экономический эффект от внесенных в ТП изменений.

Решение данных задач представлено в последующих разделах работы.

2 Технологическая часть проекта

2.1 Выбор типа производства

Тип производства определим основываясь на массе изделия и его годового объема выпуска по [8].

Так при массе детали 69,8 кг и годовом объеме выпуска – 10 000 ед. выбор ляжет на среднесерийный тип производства.

2.2 Выбор метода получения заготовки

В качестве заготовки, исходя из физико-механических характеристик стали может выступать как штамповка, так и отливка.

2.2.1 Проектирование и расчет штампованной заготовки

По ГОСТ 7505-89 [4] определим основные параметры заготовки:

Штамповочное оборудование: кривошипный горячештамповочный пресс (КГШП).

Нагрев заготовки: индукционный.

Класс точности – Т3 [6].

Степень сложности – С3 [6].

Группа стали – М2 [4].

Масса штамповки ориентировочно равна:

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

где $M_{д}$ – масса детали;

$K_{р}$ – расчетный коэффициент, зависящий от формы детали и устанавливаемый по [6, с. 22]

$$M_{ш} = 69,8 \cdot 1,6 = 111,7 \text{ кг}$$

2.2.2 Проектирование и расчет отливки

По ГОСТ 26645-85 определим основные параметры заготовки:

Метод получения заготовки – литье в керамические формы.

Принимаем: класс размерной точности – 8 [15, с. 219].

Принимаем: степень коробления – 6.

Принимаем: степень точности поверхности отливки – 6.

Масса отливки ориентировочно равна:

$$M_o = M_d \cdot K_p = 69,8 \cdot 1,3 = 90,7 \text{ кг}$$

2.2.3 Техничко-экономический анализ двух методов получения заготовок

Сравним следующие два варианта, отличающиеся способом получения заготовки:

а) по первому варианту- получение заготовки литьем в керамическую форму

б) по второму варианту- получение заготовки штамповкой.

Показатели по обеим вариантам заготовок сводим в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 - Данные для расчета стоимости заготовок

Наименование показателей	Вариант	
	Первый	Второй
Вид заготовки	Отливка	Штамповка
Класс точности	8	T3
Группа сложности	3	3
Масса заготовки, кг	90,7	111,7
Стоимость 1 кг заготовок, принятым за базу Сзаг, руб	0,29	0,315
Стоимость 1 кг стружки Сотх, руб	0,0144	0,0144

2.2.3.1 Определение технологической себестоимости заготовок

Определяем стоимость срезания 1 кг стружки при механической обработки.

$$C_{\text{мех}} = C_{\text{с}} + E_{\text{н}}C_{\text{к}}, \quad (2.2)$$

где $C_{\text{с}} = 0,563$ руб. - текущие затраты на 1 кг стружки;

$C_{\text{к}} = 1,0$ руб. - капитальные затраты на 1 кг.

$E_{\text{н}} = 0,15$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

$$C_{\text{мех}} = 0,563 + 0,15 \cdot 1,0 = 0,713 \text{ руб/кг.}$$

2.2.1.1 Определение стоимости 1 кг заготовки, полученной литьем

Определим стоимость 1 кг заготовок, полученных литьем в керамические формы:

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{отл}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{п}}, \quad (2.3)$$

где $C_{\text{отл}}$ – базовая стоимость 1 кг отливок, $C_{\text{отл}} = 0,29$ руб;

$K_{\text{т}}$ – коэффициент, учитывающий точность отливки;

Для отливки из черных металлов I класса точности $K_{\text{т}} = 1,06$

$K_{\text{с}}$ – коэффициент, учитывающий сложность отливки;

Для стальной отливки 3 группы сложности $K_{\text{с}} = 1,0$ [3, табл. 4.6]

$K_{\text{в}}$ – коэффициент, учитывающий массу отливки;

При массе отливки 90,7 кг $K_{\text{в}} = 0,78$ [3, табл. 4.7]

$K_{\text{м}}$ – коэффициент, учитывающий материал отливки;

Для стали 40ХЛ принимаем $K_{\text{м}} = 1,6$

$K_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий группу серийности;

Для стальной заготовки 3 группы серийности $K_{\text{п}} = 1,0$

$$C_{\text{заг}} = 0,29 \cdot 1,06 \cdot 1,0 \cdot 0,78 \cdot 1,6 \cdot 1,0 = 0,383 \text{ руб}$$

2.2.1.2 Определение стоимость 1 кг заготовок, полученных штамповкой.

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{шт}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{п}}, \quad (2.4)$$

где $C_{\text{заг}}$ - стоимость 1 кг заготовок, полученных штамповкой, руб/кг;

Сшт - базовая стоимость 1 кг штампованных заготовок, руб/кг;

Кт- коэффициент точности штамповок;

Для штамповки 2 класса точности $K_t=1,0$

Кс- коэффициент сложности штамповок;

Для штамповки 3 группы сложности $K_s=1,0$ [3, табл. 4.4]

Кв- коэффициент массы штамповок;

При массе штамповки 111,7 кг $K_v=0,7$ [3, табл. 4.5]

Км- коэффициент марки материала;

Для стали 40Х принимаем $K_m = 1,18$

Кп - коэффициент объема производства;

Принимаем $K_p=1,0$

$$C_{заг} = 0,315 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,18 = 0,260 \text{ руб/кг}$$

2.2.4 Определение технологической себестоимости изготовления детали по сравниваемым вариантам получения заготовок

$$C_T = C_{заг} \cdot M + C_{мех} \cdot (M - m) - C_{отх} \cdot (M - m), \quad (2.5)$$

где C_T - технологическая себестоимость изготовления детали, руб;

$C_{заг}$ - стоимость 1 кг заготовки, руб/кг;

M - масса заготовки, кг;

$C_{мех}$ - стоимость механической обработки, отнесенная к 1 кг срезанной стружки, руб/кг;

m - масса детали, кг;

$C_{отх}$ - цена отходов, руб/кг.

Технологическая себестоимость заготовки, полученной литьем

$$C_{T1} = 0,383 \cdot 90,7 + 0,713 \cdot (90,7 - 69,8) - 0,0144 \cdot (90,7 - 69,8) = 49,339 \text{ руб}$$

Технологическая себестоимость заготовки, полученной штамповкой

$$C_{T2} = 0,260 \cdot 111,7 + 0,713 \cdot (111,7 - 69,8) - 0,0144 \cdot (111,7 - 69,8) = 58,313 \text{ руб}$$

Таким образом, по технологической себестоимости наиболее экономичным является вариант изготовления детали из заготовки, полученной литьем в керамические формы.

2.2.5 Ожидаемая годовая экономия при изготовлении детали из заготовки, полученной отливкой по сравнению со штамповкой

$$\text{Эг} = (C_{T1} - C_{T2}) \cdot N \cdot K_{п}, \quad (2.6)$$

где Эг- годовая экономия, руб;

N – годовая программа выпуска, шт;

Kп – коэффициент приведения цен 1983 года к ценам 2016 года.

$$\text{Эг} = (58,313 - 49,339) \cdot 10000 \cdot 80 = 7179200 \text{ руб.}$$

Вывод: сопоставление технологической себестоимости по рассматриваемым вариантам показывает, что для дальнейшей разработки следует выбрать получение заготовки литьем в керамические формы.

2.3 Выбор методов обработки поверхностей

В зависимости от точности и шероховатости поверхностей, выбираем маршрут их обработки.

Результаты выбора маршрутов обработки фланца приведены в таблице 2.2, где обозначено:

T- обтачивание черновое, Tч- обтачивание чистовое,

P- растачивание черновое, Pч- растачивание чистовое

Шч - шлифование чистовое, П- протягивание,

C - сверление, Рез - резбонарезание

To- термообработка

Таблица 2.2 - Последовательность обработки поверхностей

Номер поверхности	Маршрут обработки	IT	Ra
1,2,4,5,8,9,10,11,12	Т, Тч, ТО	14	6,3
13,14,15,16,17,18,19,20,23,24, 25,26,28,30	Р, Рч, ТО	14	6,3
21		14	6,3
		10	6,3
3,6	Т, Тч, ТО, Шч	7	1,6
7		8	1,6
29	Р, Рч, ТО, Шч	8	3,2
31		9	3,2
27		9	1,6
22	Р, Рч, ТО, Шч	7	0,8
34,35	С, ТО	14	6,3
36	Рез, ТО	6H	6,3
32	С, ТО	14	6,3
33		9	6,3

Осуществляя анализ вышеприведенной таблицы 2.2 показывает, что представленные методы обработки и их последовательность способны обеспечить обработку поверхностей детали с заданным качеством.

2.4 Определение припуска и проектирование заготовки

2.4.1 Расчет операционных припусков и размеров расчетно-аналитическим методом

Выполним расчет припусков на поверхность с $\varnothing 305f7(-0.056_{-0.108})$

В таблице 2.3 представлена последовательность обработки поверхности, используемое оборудование и приспособления.

Таблица 2.3 - Последовательность обработки

№	Методы обработки поверхности	Код операции	Оборудование	Приспособление
1	Точение (черновое)	010	СФВ60х5/1	В патроне 3-х кулачковом
2	Точение (чистовое)	020	СФВ60х5/1	В патроне 3-х кулачковом
3	Шлифование (чистовое)	065	3М194Ф2	В патроне цанговом

В таблице 2.4 представлены данные исходных значений допусков, элементов припуска и расчетов припуска.

Таблица 2.4 – Технологические переходы

№ пер	Технологический переход	Элементы припуска, мкм				2Z min мкм	Операция доп. Td/Т	Предельные размеры мм		Предельные припуска мм	
		Rz ⁱ⁻¹	h ⁱ⁻¹	ρ ⁱ⁻¹	ε _{уст} ⁱ⁻¹			d ⁱ min	d ⁱ max	2Z max	2Z min
		1	Отлить	160	200			1018	-	-	2000 16
2	Точить начерно	50	50	61	550	3034	810 13	305,701	306,511	5,034	2,224
3	Точить начисто	25	25	41	180	580	210 10	305,121	305,331	1,390	0,370
4	Шлифовать начисто	10	15	20	50	229	52 7	304,892	304,944	0,439	0,177

Выполним определение припуска на каждом переходе.

Величину микронеровностей Rz и глубину дефектного слоя h назначаем по таблицам источников [4] и [8] соответственно.

Отклонения литой заготовки

$$\rho_o = \sqrt{\rho_{CM}^2 + \rho_{КОР}^2 + \rho_{Ц}^2} \quad (2.7)$$

где погрешность смещения полуформ при литье $\rho_{CM} = 0,8$ мм

Погрешность коробления

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_k \cdot L = 1,0 \cdot 290 = 290 \text{ мкм} \quad (2.8)$$

где L-длина заготовки

Величина отклонения расположения заготовки

$$\rho_{\text{ц}} = 0,25 \sqrt{\delta_3^2 + 1} \quad (2.9)$$

где δ_3 – допуск на поверхности, используемые в качестве базовых на первой операции, $\delta_3 = 2,0$ мм

$$\rho_{\text{ц}} = 0,25 \sqrt{2,0^2 + 1} = 0,559 \text{ мм}$$

Среднеквадратичное отклонение

$$\rho_0 = \sqrt{0,8^2 + 0,290^2 + 0,559^2} = 1,018 \text{ мм}$$

Погрешность установки при базировании заготовки в кулачковом патроне при черновом точении $\varepsilon_{\text{уст}} = 550$ мкм, при чистовом точении - $\varepsilon_{\text{уст}3} = 180$ мкм, погрешность установки при чистовой обработке при установке в цанговом патроне $\varepsilon_{\text{уст}4} = 50$ мкм.

Остаточное суммарное расположение заготовки после черновой обработки определяется по формуле:

$$\rho_{\text{ост}} = K_y \cdot \rho_{\text{ЗАГ}} \quad (2.10)$$

где K_y - коэффициент уточнения [15]

для пер. 2 $K_y = 0,06$

для пер. 3 $K_y = 0,04$

для пер. 4 $K_y = 0,02$

$$\rho_2 = \rho_{ЗАГ} \cdot K_{y2} = 1018 \cdot 0,06 = 61 \text{ мкм}$$

$$\rho_3 = \rho_{ЗАГ} \cdot K_{y3} = 1018 \cdot 0,04 = 41 \text{ мкм}$$

$$\rho_4 = \rho_{ЗАГ} \cdot K_{y4} = 1018 \cdot 0,02 = 20 \text{ мкм}$$

Минимальный припуск на черновую обработку определим выражением:

$$2Z_{\min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}) \quad (2.11)$$

$$2Z_{\min} \text{ токарная черновая} = 2(160 + 200 + \sqrt{1018^2 + 550^2}) = 3034 \text{ мкм}$$

Минимальный припуск на чистовые операции

$$2Z_{\min} \text{ токарная чистовая} = 2(50 + 50 + \sqrt{61^2 + 180^2}) = 580 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\min} \text{ шлифовальная чистовая} = 2(25 + 25 + \sqrt{41^2 + 50^2}) = 229 \text{ мкм}$$

Промежуточные расчетные размеры по обрабатываемым поверхностям

$$d^{i-1} \min = d^i \min + 2Z_{\min}, \quad (2.12)$$

$$d \min \text{ шлифов. чист} = 304,892 \text{ мм}$$

$$d \min \text{ токарн. чист} = 304,892 + 0,229 = 305,121 \text{ мм}$$

$$d \min \text{ токарн. черн} = 305,121 + 0,580 = 305,701 \text{ мм}$$

$$d \min \text{ заготовки} = 305,701 + 3,034 = 308,735 \text{ мм}$$

$$d^i \max = d^i \min + Td^i, \quad (2.13)$$

$$d \max \text{ шлифов. чист} = 304,892 + 0,052 = 304,944 \text{ мм}$$

d_{\max} токарн. чист = $305,121+0,21 = 305,331$ мм

d_{\max} токарн. черн = $305,701+0,81 = 306,511$ мм

d_{\max} заготовки = $308,735+2,0 = 310,735$ мм

Максимальные припуски

$$2Z_{\max} = d^{i-1} \max - d^i \min, \quad (2.14)$$

$2Z_{\max}$ шлифов. чист = $305,331-304,892 = 0,439$ мм

$2Z_{\max}$ токарн. чист = $306,511-305,121 = 1,390$ мм

$2Z_{\max}$ токарн. черн = $310,735-305,701 = 5,034$ мм

Минимальные припуски

$$2Z_{\min} = d^{i-1} \min - d^i \max, \quad (2.15)$$

$2Z_{\min}$ шлифов. чист = $305,121-304,944 = 0,177$ мм

$2Z_{\min}$ токарн. чист = $305,701-305,331 = 0,370$ мм

$2Z_{\min}$ токарн. черн = $308,735-306,511 = 2,224$ мм

Проверка результатов расчёта

$$2Z^i_{\max} - 2Z^i_{\min} = TD^i + TD^{i-1} - \text{условие проверки} \quad (2.16)$$

$$2Z^4_{\max} - 2Z^4_{\min} = 0,439-0,177=0,262$$

$$TD^i + TD^{i-1} = 0,052+0,21=0,262$$

$2Z^4_{\max} - 2Z^4_{\min} = TD^i + TD^{i-1} = 0,262$ – условие проверки выполнено, значит, расчёт припусков выполнен верно.

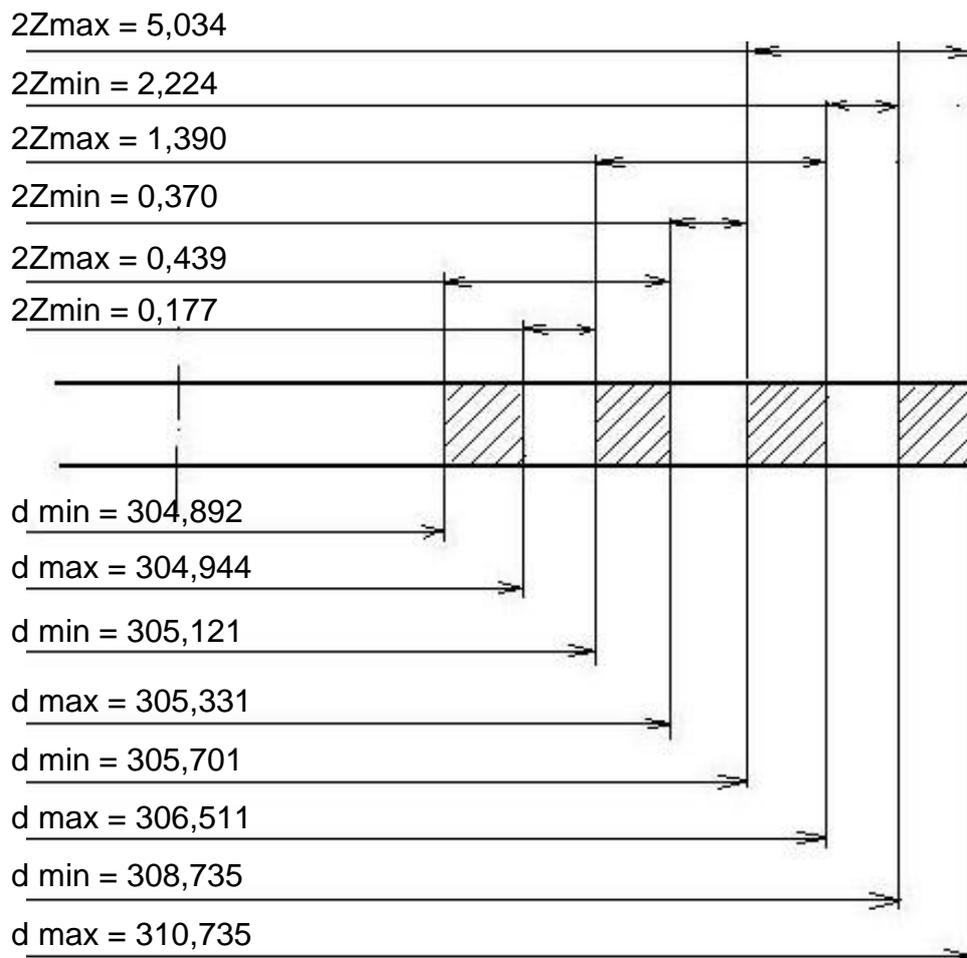


Рисунок 2.1 – Расчетная схема расположения припусков

2.4.2 Расчет промежуточных припусков табличным методом

Промежуточные припуска определяем по [15]. Результат расчета припусков табличным методом сведем в таблицу 2.5.

Таблица 2.5 - Припуски на обработку поверхностей фланца

№ оп	Наименование оп.	№ обраб. поверхн.	Припуск на сторону, мм
005	Токарная (черновая)	9-25	1,6
010	Токарная (черновая)	1,3,4,6,7,27,29,30,31	1,6
015	Токарная (чистовая)	9-25	0,6

№ оп	Наименование оп.	№ обраб. поверхн.	Припуск на сторону, мм
020	Токарная (чистовая)	1-7, 26-31	0,6
055	Внутришлифовальная	22	0,2
060	Внутришлифовальная	27,29,31	0,2
065	Круглошлифовальная	3,6,7	0,2

2.4.3 Проектирование заготовки

По таблице 2 [15, с. 206] выбираем метод получения заготовки – литье в керамические формы.

В зависимости от наибольшего габаритного размера отливки и ее материала выбираем класс размерной точности отливки [15, с. 219].

Принимаем: класс размерной точности – 8.

В зависимости от отношения наименьшего размера отливки к наибольшему выбираем степень коробления отливки [15, с. 222].

Принимаем: степень коробления – 6.

В зависимости от наибольшего габаритного размера отливки и ее материала выбираем степень точности поверхности отливки [15, с. 222].

Принимаем: степень точности поверхности отливки – 6.

В зависимости от вида литья и массы выбираем класс точности массы отливки [15, с. 225].

Принимаем: класс точности массы отливки - 7.

Таким образом – точность отливки - 8-6-6-7 по ГОСТ 26645-85

По таблице 3 [7] для 8 класса точности определяем допуски размеров. Эскиз заготовки приведен на рисунке 2.2.

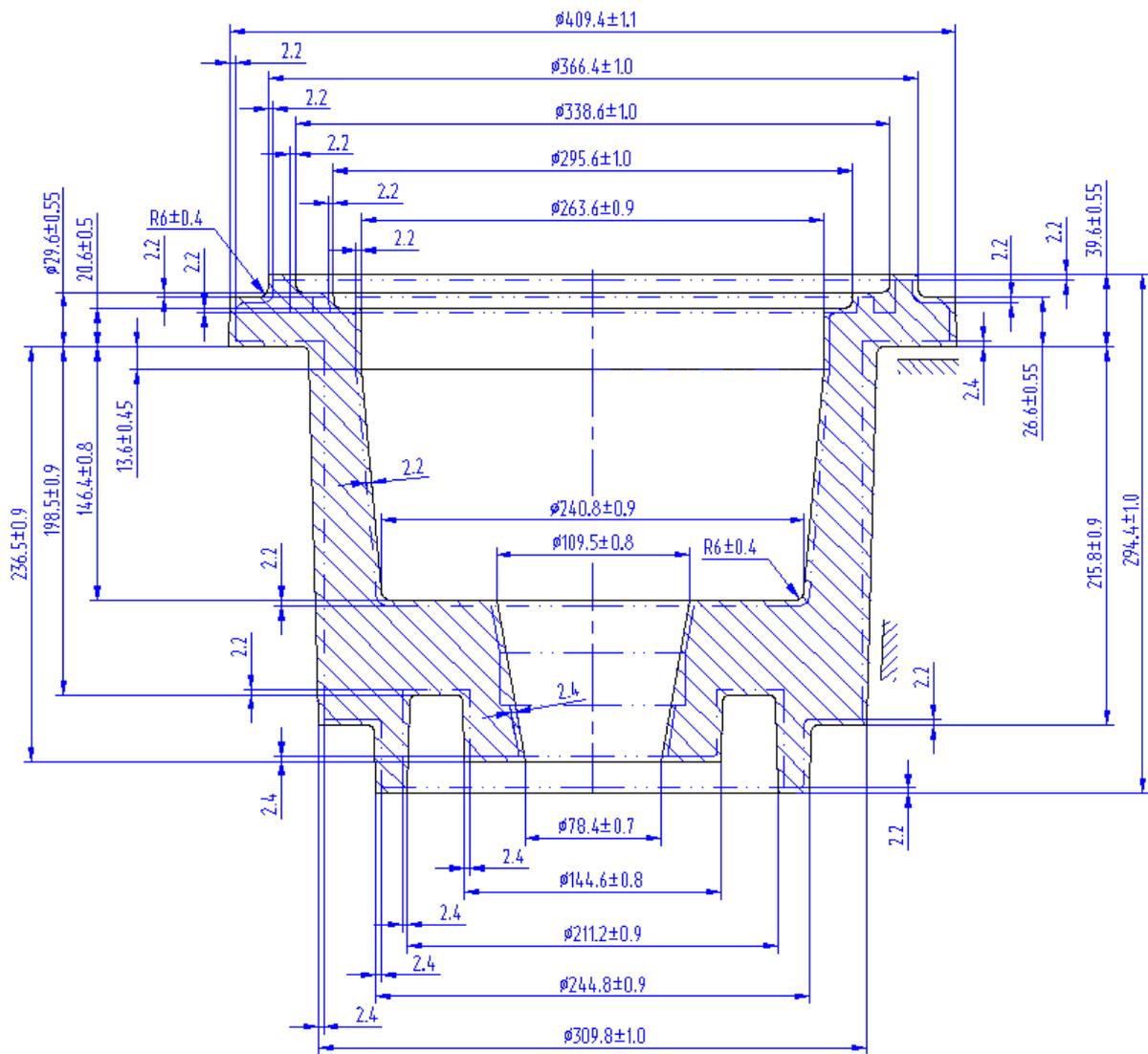


Рисунок 2.2 - Эскиз заготовки

Для определения объема разобьем заготовку на элементарные части, радиусами, фасками, штамповочными уклонами пренебрегаем.

Объем заготовки определяется по формуле

$$V_{\text{п}} = \sum_{i=1}^n V_i \quad (2.17)$$

где V_i - объем i -го элемента заготовки

Объем цилиндрических элементов заготовки определяется по формуле

$$V = \pi \cdot d^2 \cdot l / 4, \quad (2.18)$$

где d- диаметр, мм;

l-длина, мм

Объем конических элементов заготовки определяются по формуле:

$$V = \pi \cdot l (R^2 + Rr + r^2) / 3, \quad (2.19)$$

где R- радиус большего основания, мм

r- радиус меньшего основания, мм

l-длина, мм

Тогда объем отливки

$$\begin{aligned} V = & 3,14/4 \cdot (244,8^2 \cdot 39 + 309,8^2 \cdot 215,8 + 409,4^2 \cdot 26,6 + 366,4^2 \cdot 13 - \\ & 338,6^2 \cdot 10 - 295,6^2 \cdot 9 - 263,6^2 \cdot 34,2 - (212,2^2 - 144,6^2) \cdot 56,3 - 144,6^2 \cdot 18,1) - \\ & - 3,14/3 \cdot (132,8 \cdot (131,8^2 + 131,8 \cdot 120,4 + 120,4^2) - 90,1 \cdot (54,75^2 + 54,75 \cdot 39,2 + 39,2^2)) = \\ & 10952080 \text{ мм}^3 \end{aligned}$$

Масса отливки m_3 , кг

$$m_3 = V \cdot \gamma, \quad (2.20)$$

где V - объем, мм³;

γ - плотность стали, кг/мм³.

$$m_3 = 10952080 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 86,0 \text{ кг}$$

Коэффициент использования материала на литую заготовку

$$\text{КИМ} = m_d / m_3 = 69,8/86 = 0,81 \quad (2.21)$$

2.5 Разработка технологического маршрута и плана обработки

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).

Анализируя конструкцию детали с точки зрения этих критериев, выясняем, что в качестве баз при токарной обработке правого конца возможно использовать пов. 6 и торец пов. 7.

При токарной обработке левого конца возможно использовать пов. 19 и торец пов. 12.

При долбежной и сверлильной операции в качестве баз используем отв., пов. 22 и торец пов. 21.

В качестве баз при внутришлифовальной обработке конуса 22 необходимо использовать пов. 6 и торец 7.

В качестве баз при внутришлифовальной обработке пов. 27,29,31 необходимо использовать конус, пов. 22 и торец 21.

При круглошлифовальной обработке необходимо использовать конус, пов. 22 и торец 21.

Условные обозначения принятых черновых и чистовых технологических баз в теоретических схемах базирования на различных операциях технологического процесса изготовления фланца приведены в плане обработки.

2.5.2 Технологический маршрут обработки детали

Таблица 2.6 - Технологический маршрут обработки детали.

№ оп.	Наименование операции	№ базовых поверх.	№ обраб. поверх.	Точность, квали-тет	Ra, мкм	Оборудова-ние
000	Заготовитель-ная			16	40	
005	Токарная (черно-вая)	6,7	9-25	13	12,5	СФВ60х5/1
010	Токарная (черно-вая)	12,19	1,3,4,6,7,27,29, 30,31	13	12,5	СФВ60х5/1
015	Токарная (чисто-вая)	6,7	9-21,23-25 22	10 9	6,3 3,2	СФВ60х5/1
020	Токарная (чисто-вая)	12,19	1-7,26-31	10	6,3	СФВ60х5/1
025	Протяжная	21,22	33 32	9 13	3,2 6,3	7Б64
030	Сверлильная	21,22	34,35 36	13 6Н	6,3 6,3	2Р135Ф2-1
035	Слесарная					4407
040	Моечная					КММ
045	Контрольная					
050	Термическая					
055	Внутри-шлифовальная	6,7	22	7	0,8	3К228В
060	Внутри-шлифовальная	21,22	29 31 27	8 9 9	3,2 3,2 1,6	3К228В
065	Кругло-шлифовальная	21,22	3,6 7	7 8	1,6 1,6	3М194Ф2
070	Моечная					КММ
075	Контрольная					

2.5.3 План обработки детали

План обработки детали "Фланец неподвижный" представлен в графической части дипломного проекта. На нем указаны номер и наименование операции, операционный эскиз обработки, операционные допуски и технические требования на обработку.

2.6 Выбор средств технологического оснащения

Задача раздела - выбрать для каждой операции технологического процесса такие оборудование, приспособление и инструмент, которые бы обеспечили заданный выпуск деталей заданного качества с минимальными затратами.

2.6.1 Обоснование выбора оборудования

В таблице 2.7 представлены данные по выбору технологического оборудования.

Таблица 2.7 - Выбор технологического оборудования

№ оп.	Наименование операции	Станок
005 010	Токарная (черновая)	Токарно-карусельный с ЧПУ СФВ60х5/1
015 020	Токарная (чистовая)	Токарно-карусельный с ЧПУ СФВ60х5/1
025	Протяжная	Вертикально-протяжной п/а 7Б64
030	Сверлильная	Вертикально-сверлильный с ЧПУ 2Р135Ф2-1
035	Слесарная	Электрохимический станок для снятия заусенцев станок 4407
040 070	Моечная	Камерная моечная машина
055	Внутришлифовальная	Торцевнутришлифовальный п/а 3К228В

№ оп.	Наименование операции	Станок
060		
065	Круглошлифовальная	Круглошлифовальный с ЧПУ 3М194Ф2

2.6.2 Обоснования выбора приспособлений

В таблице 2.8 представлены данные по выбору технологических приспособлений.

Таблица 2.8 - Выбор технологических приспособлений

№ оп.	Наименование операции	Приспособление
005 010	Токарная (черновая)	Патрон 3-х кулачковый самоцентрирующий
015 020	Токарная (чистовая)	Патрон 3-х кулачковый самоцентрирующий
025	Протяжная	Приспособление специальное
030	Сверлильная	Приспособление специальное самоцентрирующее
055	Внутришлифовальная	Патрон мембранный
060	Внутришлифовальная	Патрон цанговый
065	Круглошлифовальная	Патрон цанговый

2.6.3 Обоснование выбора режущего инструмента

В таблице 2.9 представлены данные по выбору инструмента.

Таблица 2.9 - Выбор инструмента

№ оп	Наименование операции	Режущий инструмент	Мерительный инструмент
005 010	Токарная (черновая)	<p>Резец токарный проходной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин. Пластина 3-х гранная, T5K10, покрытие (Ti,Cr)N $\varphi=93^\circ$, $\varphi_1=8^\circ$, $\lambda=0$, $\alpha=11^\circ$ h=32 b=32 L=150</p> <p>Резец токарный расточной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин. Пластина 3-х гранная, T5K10, с покрытием (Ti,Cr)N $\varphi=93^\circ$, $\varphi_1=8^\circ$, $\lambda=0$ $\alpha=11^\circ$ h=25 b=25 L=100, L=300,</p> <p>Резец токарный канавочный сборный с механическим креплением твердосплавных пластин. Пластина T5K10, покрытие (Ti,Cr)N $\varphi=90^\circ$, B=15; h=25 b=25 L=125</p>	<p>Калибр-скоба ГОСТ 18355-73</p> <p>Шаблон ГОСТ 2534-79</p> <p>Калибр-пробка ГОСТ14827-69</p>
015 020	Токарная (чистовая)	<p>Резец токарный проходной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин. Пластина T15K6, покрытие (Ti,Si)CN $\varphi=93^\circ$, $\varphi_1=27^\circ$, $\lambda=-2^\circ$, $\alpha=11^\circ$ h=32 b=32 L=125</p> <p>Резец токарный расточной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин. Пластина T15K6, покрытие (Ti,Si)CN $\varphi=93^\circ$, $\varphi_1=27^\circ$, $\lambda=-2^\circ$, $\alpha=11^\circ$ h=25 b=25 L=300</p> <p>Резец токарный канавочный сборный с механическим креплением твердосплавных пластин. Пластина T15K6, покрытие (Ti,Si)CN $\varphi=90^\circ$, B=15; h=25 b=25 L=300</p>	<p>Калибр-скоба ГОСТ 18355-73</p> <p>Шаблон ГОСТ 2534-79</p> <p>Калибр-пробка ГОСТ14827-69</p>
025	Протяжная	Протяжка шпоночная для паза B=12,7 ГОСТ 18217-90 P6M5K5, покрытие (Ti, Cr)C.	Шаблон ГОСТ 2534-73
030	Сверлильная	<p>Сверла спиральные комбинированные Ø15 ОСТ 2И21-1-76 P6M5K5, покрытие (Ti, Cr)C.</p> <p>Метчик M16 ГОСТ 3266-81 P6M5K5, покрытие (Ti, Cr)C.</p>	<p>Шаблон ГОСТ 2534-79</p> <p>Калибр-пробка ГОСТ14827-69</p>

№ оп	Наименование операции	Режущий инструмент	Мерительный инструмент
055	Внутришлифовальная	Шлифовальный круг 5 65x75x15 91А F60 М 7 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Шаблон ГОСТ 2534-79 Приспособление мерительное с индикатором
060	Внутришлифовальная	Шлифовальный круг 5 30x40x15 91А F60 М 7 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007 Шлифовальный круг 6 40x30x15 91А F60 М 7 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Приспособление мерительное с индикатором Шаблон ГОСТ 2534-79 Калибр-пробка ГОСТ14827-69
065	Круглошлифовальная	Круг шлифовальный 1 600x30x305 91А F60 М 7 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Приспособление мерительное с индикатором Шаблон ГОСТ 2534-79 Калибр-скоба ГОСТ 18355-73

2.7 Проектирование технологических операций

2.7.1 Расчет режимов резания аналитическим методом

Расчет режимов резания аналитическим методом проводим на токарную операцию 020.

2.7.1.1 Исходные данные.

- Деталь- фланец неподвижный
- Материал- сталь 40ХЛ ГОСТ 977-88 $\sigma_B = 730$ МПа
- Заготовка- отливка
- Обработка- токарная черновая
- Тип производства- серийное
- Приспособление- патрон 3-х кулачковый самоцентрирующий

- Смена детали- ручная
- Жесткость станка – средняя

2.7.1.2 Структура операции (последовательность переходов)

Оп 010 Токарная (черновая).

Содержание операции:

Переход 1: Точить поверхн., выдержать размеры $\varnothing 241,6_{-0,72}$;
 $\varnothing 306,6_{-0,81}$; $36,2 \pm 0,19$; $252,2 \pm 0,4$; $291,2 \pm 0,4$

Переход 2: Расточить торец, выдержать размеры $273,1 \pm 0,4$

Переход 3: Расточить канавку, выдержать размеры $\varnothing 214,4^{+0,72}$; $\varnothing 141,4^{+0,63}$
 $234,9 \pm 0,36$

2.7.1.3 Выбор режущих инструментов

Переход 1: Резец токарный проходной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин. Пластина T5K10

$\varphi = 93^\circ$, $\varphi_1 = 8^\circ$, $\lambda = 0^\circ$, $\alpha = 11^\circ$; $h=32$ $b=32$ $L=150$

Переход 2: Резец токарный расточной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин. Пластина T5K10

$\varphi = 93^\circ$, $\varphi_1 = 8^\circ$, $\lambda = 0^\circ$, $\alpha = 11^\circ$; $h=25$ $b=25$ $L=100$

Переход 3: Резец токарный канавочный сборный с механическим креплением твердосплавных пластин. Пластина T5K10

$\varphi = 90^\circ$, $h=25$ $b=25$ $L=125$

2.7.1.4 Данные оборудования

Модель- СФВ60х5/1

Мощность 15 КВт

Максимальный диаметр обработки: 630 мм

Частота вращения шпинделя 12,5-1600 об/мин

Подача суппорта:

Вертикальная 0,1-1000 мм/мин

Горизонтальная 0,1-1000 мм/мин

Число ступеней подач: б/с

2.7.1.5 Расчет режимов резания

Расчет выполним на переходы 1 и 2. Результаты расчета режимов резания на остальные переходы приведены в таблице 8.1.

2.7.1.5.1. Глубина резания t , мм

Переход 1: $t = 1,6$ мм

Переход 2: $t = 1,6$ мм

2.7.1.5.2. Подача S , мм/об

Переход 1: $S = 0.5$ мм/об [16, с.268].

Переход 2: $S = 0.5$ мм/об [16, с.268].

2.7.1.5.3. Расчётная скорость резания V , м/мин

$$V = \frac{C_U}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_U, \quad (2.22)$$

где C_U - поправочный коэффициент; $C_U = 350$ [16, с.270];

T - стойкость, мин; $T = 60$ мин

t - глубина резания, мм;

m, x, y - показатели степени; $m = 0.2, x = 0.15, y = 0.35$, [16, с.270];

K_U - поправочный коэффициент, учитывающий фактические условия резания [16, с.282];

$$K_U = K_{МУ} \cdot K_{ПУ} \cdot K_{ИУ}, \quad (2.23)$$

где $K_{МУ}$ - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала [16, с.261];

$K_{ПУ}$ - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки; $K_{ПУ} = 1.0$ [16, с.263];

$K_{ИУ}$ - коэффициент, учитывающий материал инструмента; $K_{ИУ} = 0,65$ [16, с.263];

$$K_{MU} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_U}, \quad (2.24)$$

где K_{Γ} - коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости;
 $K_{\Gamma} = 1.0$ [16,с.262];

σ_B - предел прочности;

n_U - показатель степени; $n_U = 1.0$ [16,с.262];,

$$K_{MU} = 1.0 \cdot \left(\frac{750}{730}\right)^{1.0} = 1.03.$$

$$K_U = 1.0 \cdot 0.65 \cdot 1.03 = 0.67.$$

$$V = \frac{350}{60^{0.2} \cdot 1.6^{0.15} \cdot 0.5^{0.35}} \cdot 0.67 = 122,8 \text{ м/мин.}$$

2.7.1.5.4 Частота вращения шпинделя n , мин^{-1}

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.25)$$

где V - расчётная скорость резания, м/мин;

Переход 1: точение $\varnothing 241,6$:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 122,8}{3.14 \cdot 241,6} = 161 \text{ мин}^{-1}.$$

Переход 2: точение $\varnothing 306,6$:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 122,8}{3.14 \cdot 306,6} = 127 \text{ мин}^{-1}.$$

Переход 3: подрезка торца до $\varnothing 406,2$

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 122,8}{3.14 \cdot 406,2} = 96 \text{ мин}^{-1}.$$

Переход 4: подрезка торца до $\varnothing 144,6$

$$n_4 = \frac{1000 \cdot 122,8}{3,14 \cdot 144,6} = 270 \text{ мин}^{-1}.$$

2.7.1.5.5 Корректировка режимов резания по паспортным данным станка:

Фактическая частота вращения шпинделя

$$\text{Пер. 1: } n_1 = 160 \text{ мин}^{-1};$$

$$\text{Пер. 2: } n_2 = 125 \text{ мин}^{-1};$$

$$\text{Пер. 3: } n_3 = 100 \text{ мин}^{-1};$$

$$\text{Пер. 4: } n_4 = 250 \text{ мин}^{-1}.$$

Тогда фактическая скорость резания:

Переход 1: точение $\varnothing 241,6$:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 241,6 \cdot 160}{1000} = 121,3 \text{ м/мин};$$

Переход 2: точение $\varnothing 306,6$:

$$V_2 = \frac{3,14 \cdot 306,6 \cdot 125}{1000} = 120,3 \text{ м/мин};$$

Переход 3: подрезка торца до $\varnothing 406,2$

$$V_3 = \frac{3,14 \cdot 406,2 \cdot 100}{1000} = 127,5 \text{ м/мин};$$

Переход 4: подрезка торца до $\varnothing 144,6$

$$V_3 = \frac{3,14 \cdot 144,6 \cdot 250}{1000} = 113,5 \text{ м/мин}$$

2.7.1.5.6 Расчёт сил резания

Главная составляющая силы резания: $P_z, \text{ Н}$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.26)$$

где C_p - поправочный коэффициент; $C_p = 300$ [16,с.273];

x, y, n - показатели степени; $x = 1,0, y = 0,75, n = -0,15$ [16,с.273];

K_p - поправочный коэффициент

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\Gamma p} \quad (2.27)$$

K_{MP} - поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала [16,с.264];

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (2.28)$$

где σ_B - предел прочности;

n - показатель степени; $n = 0.75$ [16,с.264];

$$K_{MP} = \left(\frac{730}{750} \right)^{0.75} = 0,97;$$

$K_{\phi p}$, $K_{\gamma p}$, $K_{\lambda p}$, $K_{\Gamma p}$ - поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания

$$K_{\phi p} = 0,89 \quad K_{\gamma p} = 1,0 \quad K_{\lambda p} = 1,0 \quad K_{\Gamma p} = 1,0 \quad [16,с.275];$$

Тогда:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,6^{1,0} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 127,5^{-0,15} \cdot 0,97 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1190 \text{ Н.}$$

2.7.1.5.7 Мощность резания N , кВт

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1190 \cdot 127,5}{1020 \cdot 60} = 2,5 \text{ кВт} \quad (2.29)$$

Проверяем, достаточна ли мощность привода станка. У станка СФВ60х5/1 $N_{шп} = N_d \cdot \eta = 15 \cdot 0,75 = 11,2$ кВт; $2,5 < 11,2$, т. е. обработка возможна.

2.7.2 Определение режимов резания табличным методом

Определение режимов резания табличным методом проводим по методике, описанной в [1].

Результат расчетов сводим в таблицу 2.10

Таблица 2.10 - Итоговая таблица определения режимов резания

№ оп	Наименование оп.	Наименование перехода	Глубина резания t , мм	Табличная подача, скорректированная по паспорту станка S , мм/об	Табличная скорость резания с учетом поправочных коэффициентов V_T , м/мин	Частота вращения шпинделя, соответствующая табличной скорости n_T , об/мин	Принятая частота вращения шпинделя $n_{пр}$, об/мин	Действительная скорость Резания $V_{пр}$ м/мин
05	Токарная (черновая)	Точить $\varnothing 406,2$	1,6	0,50	122,8	96	125	159,4
		Точить $\varnothing 363,2$	1,6	0,50	122,8	146	125	142,5
		Расточить $\varnothing 266,8$	1,6	0,50	110	131	125	104,7
		Расточить $\varnothing 112,7$	2,0	0,50	110	310	315	111,4
		Расточ. канавку $\varnothing 341,8$	19	0,20	75	70	63	67,6
10	Токарная (черновая)	Точить $\varnothing 241,6$	1,6	0,50	122,8	161	160	121,3
		Точить $\varnothing 306,6$	1,6	0,50	122,8	127	125	120,3
		Подрез. торец $\varnothing 406,2$	1,6	0,50	122,8	96	100	127,5
		Подрез. торец $\varnothing 144,6$	1,6	0,50	122,8	270	250	113,5
		Расточ. канавку $\varnothing 214,4$	1,6	0,30	95	141	125	84,1
15	Токарная (чистовая)	Точить $\varnothing 405$	0,6	0,25	271	213	200	254,3
		Точить $\varnothing 362$	0,6	0,25	271	238	200	227,3
		Расточить $\varnothing 268$	0,6	0,25	244	289	250	210,4
		Расточить $\varnothing 113,9$	0,6	0,25	244	682	630	225,3
		Расточ. канавку $\varnothing 343$	0,6	0,15	150	139	125	134,6
20	Токарная (чистовая)	Точить $\varnothing 240,4$	0,6	0,25	271	359	315	237,7
		Точить $\varnothing 305,4$	0,6	0,25	271	282	250	260,7
		Подрез. торец $\varnothing 405$	0,6	0,25	271	213	200	254,3
		Подрез. торец $\varnothing 141,4$	0,6	0,25	271	610	630	279,7
		Расточ. канавку $\varnothing 215,6$	0,6	0,15	150	221	200	135,4
25	Протяжная	Протянуть паз $B=12,7$	6,75	-	8	-	-	8
30	Сверлильная	Сверлить $\varnothing 15$	7,5	0,3	25	530	500	23,5
		Нарезать резьбу M16	1,0	1,0	9	179	160	8,0

№ оп	Наименование оп.	Наименование перехода	Глубина резания t , мм	Табличная подача, скорректированная по паспорту станка S , мм/об	Табличная скорость резания с учетом поправочных коэффициентов V_T , м/мин	Частота вращения шпинделя, соответствующая табличной скорости v_t , об/мин	Принятая частота вращения шпинделя $n_{пр}$ об/мин	Действительная скорость Резания $V_{пр}$ м/мин
55	Внутришлифовальная	Шлифовать $\varnothing 114,3$	0,2	5400** 0,005*	45	125	125	45
60	Внутришлифовальная	Шлифовать $\varnothing 216$	0,2	5400** 0,010*	45	66	66	45
		Шлифовать $\varnothing 139,75$	0,2	5400** 0,010*	45	102	102	45
		Шлиф. торец $\varnothing 139,75$	0,2	5400** 0,008*	45	102	102	45
65	Круглошлифовальная	Шлифовать $\varnothing 240$	0,2	0,008* 12	45	60	60	45
		Шлифовать $\varnothing 305$	0,2	0,008* 12	45	47	47	45

*- подача поперечная мм/дв.ход

**-подача продольная в мм/мин

2.7.3 Определение норм времени на все операции

Определим штучно-калькуляционное время [4]:

$$T_{ш-к} = T_{п-з}/n + T_{шт}, \quad (2.30)$$

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

n - количество деталей в партии при настройке оборудования, шт

$$n = N \cdot a / D, \quad (2.31)$$

где N- - годовая программа выпуска;

a- запуск в днях (периодичность). Принимаем a=24;

Д- количество дней работы.

$$n = 10000 \cdot 24 / 254 = 944$$

Определим норму штучного времени $T_{шт}$ по формулам:

$$T_{шт} = T_o + T_b \cdot k + T_{об.от} \quad (2.32)$$

$$T_{шт} = T_o + T_b \cdot k + T_{тех} + T_{орг} + T_{от} \quad (2.33)$$

где T_o - основное время работы оборудования, мин;

T_b - вспомогательное время, мин.

Определим вспомогательное время:

$$T_b = T_{y.c} + T_{з.о} + T_{уп} + T_{из}, \quad (2.34)$$

где $T_{y.c}$ – 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;

$K = 1,5$ - 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;

$T_{орг}$ - затраты времени на организационное обслуживание;

$T_{от}$ - затраты времени на личные надобности и отдых, мин.

$$T_{тех} = T_o \cdot t_{п} / T, \quad (2.35)$$

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

T- период стойкости шлифовального круга, мин

Выполним расчет нормы времени на токарную операцию 010

Основное время определим выражением:

$$T_o = \frac{L_{px} \cdot i}{nS}, \quad (2.36)$$

где L_{px} - длина рабочего хода, мм

$$L_{px} = L_{рез} + l_1 + l_2 + l_3, \quad (2.37)$$

где $L_{рез}$ – длина резания, мм;

l_1 – длина подвода режущего инструмента к обрабатываемой поверхности, мм;

l_2 - длина врезания режущего инструмента, мм;

l_3 - длина перебега режущего инструмента, мм;

i - число проходов.

$$T_o = \frac{55}{160 \cdot 0,5} + \frac{216}{125 \cdot 0,5} + \frac{52}{100 \cdot 0,5} + \frac{33}{250 \cdot 0,5} + \frac{58 + 4 + 40}{125 \cdot 0,3} = 0,687 + 3,456 +$$

$$+ 1,04 + 0,264 + 2,72 = 8,257 \text{ мин}$$

$$T_B = (0,3 + 0,01 + 0,07 \cdot 9 \cdot 0,2) \cdot 1,5 = 0,654 \text{ мин}$$

$$T_{оп} = 8,257 + 0,654 = 8,911 \text{ мин}$$

$$T_{об.от} = 0,06 \cdot 8,911 = 0,534 \text{ мин}$$

$$T_{п-з} = 25 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = 8,911 + 0,534 = 9,445 \text{ мин}$$

$$T_{шт-к} = 9,445 + 25/944 = 9,471 \text{ мин}$$

Выполним расчет нормы времени на внутришлифовальную операцию 055

Основное время определим выражением:

$$T_o = \frac{2 \cdot L \cdot h}{St \cdot S} K, \quad (2.38)$$

где L - длина хода стола, мм;

h - припуск на сторону, мм;

S_t – продольная подача, мм/мин;

S – поперечная подача в мм/дв. ход;

K - коэффициент точности, учитывающий выхаживание

$$T_o = \frac{2 \cdot 84 \cdot 0,2}{5400 \cdot 0,005} \cdot 1,2 = 1,493 \text{ мин}$$

$$T_B = (0,3 + 0,01 + 0,12 \cdot 3 \cdot 0,2) \cdot 1,5 = 0,573 \text{ мин}$$

$$T_{\text{оп}} = 1,493 + 0,573 = 2,066 \text{ мин}$$

$$T_{\text{тех}} = 1,8 \cdot 1,493 / 20 = 0,134 \text{ мин}$$

$$T_{\text{орг}} = 0,017 \cdot 2,066 = 0,035 \text{ мин}$$

$$T_{\text{от}} = 0,06 \cdot 2,066 = 0,124 \text{ мин}$$

$$T_{\text{п-з}} = 19 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт}} = 2,066 + 0,134 + 0,035 + 0,124 = 2,359 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт-к}} = 2,359 + 19/944 = 2,379 \text{ мин}$$

Выполним расчет нормы времени на круглошлифовальную операцию 065

Основное время определим выражением

$$T_o = \frac{Lh}{n \cdot S_t \cdot S} K, \quad (2.39)$$

где L - длина хода стола, мм;

h - припуск на сторону, мм;

S_t – продольная подача, мм/мин;

S – поперечная подача в мм/дв. ход;

K - коэффициент точности, учитывающий выхаживание

$$T_o = \frac{24 \cdot 0,2}{60 \cdot 12 \cdot 0,008} \cdot 1,1 + \frac{201 \cdot 0,2}{47 \cdot 12 \cdot 0,008} \cdot 1,1 = 0,916 + 8,909 = 9,825 \text{ мин}$$

$$T_B = (0,3 + 0,01 + 0,12 \cdot 6 \cdot 0,2) \cdot 1,5 = 0,681 \text{ мин}$$

$$T_{\text{оп}} = 9,825 + 0,681 = 10,506 \text{ мин}$$

$$T_{\text{тех}} = 1,8 \cdot 9,825 / 20 = 0,884 \text{ мин}$$

$$T_{\text{орг}} = 0,017 \cdot 10,506 = 0,178 \text{ мин}$$

$$T_{\text{от}} = 0,06 \cdot 10,506 = 0,630 \text{ мин}$$

$$T_{\text{п-з}} = 19 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт}} = 10,506 + 0,884 + 0,178 + 0,630 = 12,198 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт-к}} = 12,198 + 19 / 944 = 12,218 \text{ мин}$$

Аналогично рассчитаем нормы времени для остальных операций, результаты расчетов занесем в таблицу 2.11

Таблица 2.11 - Нормы времени

№ оп	Наимен. оп.	То мин	Тв мин	Топ мин	Тоб.от мин	Тп-з мин	Тшт мин	п	Тшт-к мин
05	Токарная (черновая)	8,182	0,948	9,130	0,548	25	9,678	944	9,704
10	Токарная (черновая)	8,257	0,654	8,911	0,534	25	9,445		9,471
15	Токарная (чистовая)	7,424	1,059	8,483	0,509	25	8,992		9,018
20	Токарная (чистовая)	8,132	0,789	8,921	0,535	25	9,456		9,482
25	Протяжная	0,072	0,471	0,543	0,032	14	0,575		0,589
30	Сверлильная	6,418	0,573	6,991	0,419	26	7,410		7,437
55	Внутришлифовальная	1,493	0,573	2,066	0,293	19	2,359		2,379
60	Внутришлифовальная	0,706	0,681	1,387	0,170	19	1,557		1,577
65	Круглошлифовальная	9,825	0,681	10,506	1,692	19	12,198		12,218

3 Совершенствование операций с помощью научных исследований

3.1 Описание ситуации

На токарных операциях 05,010,015,020 происходит прорезание канавок канавочными резцами. Стойкость канавочного резца сравнительно низкая, поэтому его чаще других приходится менять. Во многом это объясняется неэффективным охлаждением. Вследствие низкого теплоотвода из зоны резания стойкость инструмента резко снижается.

3.2 Анализ описанной ситуации

Установлено, что для повышения эффективности охлаждения и стойкости инструмента подачу СОЖ необходимо увеличить. Увеличение подачи СОЖ приводит к необходимости установки дополнительных сопел для ее подачи, и следовательно, к усложнению конструкции станка.

Таким образом, формируется следующее техническое противоречие: повышение эффективности охлаждения и стойкости приводит к усложнению конструкции станка.

3.3 Разработка обобщенного технического решения

Для того, чтобы стойкость инструмента была высокой, подача СОЖ должна быть высокой.

Для того, чтобы конструкция станка была простой, подача СОЖ должна быть низкой.

Таким образом, формируется следующее физическое противоречие: подача СОЖ должна быть высокой и низкой.

Возникает следующая идея: способ подачи СОЖ должен обеспечивать высокую эффективность охлаждения при низком расходе СОЖ.

3.4 Поиск информации

Задача раздела – на базе патентного поиска вынести предложение по прогрессивному техническому решению (ТР) в целях совершенствования рассматриваемой технологической операции с формулированием вывода о возможности использования его в проектируемом техпроцессе.

Анализируя опубликованную информацию, произведем отбор документов, имеющих отношение к повышению стойкости канавочных резцов.

Изучив и проанализировав сущность отобранной документации, выясняем, что для увеличения стойкости резца путем оптимизации подачи СОЖ наиболее подходящим для описанной выше ситуации является система подачи СОЖ через каналы в режущей пластине у отрезного и канавочного резца, что позволяет увеличить стойкость резцов без применения сложного дополнительного оборудования и технических средств.

3.5 Система подачи СОЖ через канал в режущей пластине отрезных и канавочных резцов

Как известно, состав СОЖ, способ ее подачи, а также направление потока СОЖ, ее давление имеют весьма значительное влияние на теплообразование при точении. Снижения температуры в зоне резания и повышения стойкости инструмента можно добиться применением разнообразных систем и способов подачи СОЖ. Среди них – омывание потоком СОЖ (включая разбрызгивание струйки жидкости или газа под низким давлением), направленным сверху на стружку или режущую пластину, распыление СОЖ в области задней поверхности инструмента и снизу от заготовки и др. однако основная проблема состоит в том, что СОЖ не достигает самой зоны резания (рисунок 3.1,а)).

Прорезание канавок и отрезка заготовки формируют настолько интенсивный нагрев, что СОЖ испаряется не достигая режущей кромки инструмента. Повышение давления СОЖ, либо приближение наконечника распылителя к режущей кромке, не дает какого-либо принципиального улучшения отвода теплоты из зоны резания.

Вышеуказанная проблема решена благодаря применению системы подачи СОЖ через канал в режущей пластине; то есть СОЖ попадает непосредственно на переднюю поверхность инструмента вблизи режущей кромки и нижней по-

верхности стружки (рисунок 3.1.,б)), что благоприятно влияет на улучшение теплоотвода и уменьшение интенсивности изнашивания рабочих поверхностей пластины. Система типа JET-CUT разработана фирмой ISCAR (Израиль) применительно к сменным твердосплавным пластинам (СТП) типа SELF-GRIP.

Для реализации способа JET-CUT служит специальная гидравлическая система, обеспечивающая подвод СОЖ в зону резания под давлением до 2,5 МПа посредством трубопроводов через суппорт, державки (блоки) и СТП. В гидравлическую систему входят насос высокого давления (подача которого регулируется электронным устройством, соединенным с револьверной головкой станка с ЧПУ), дополнительный лопастной насос, фильтры и распределительная аппаратура.

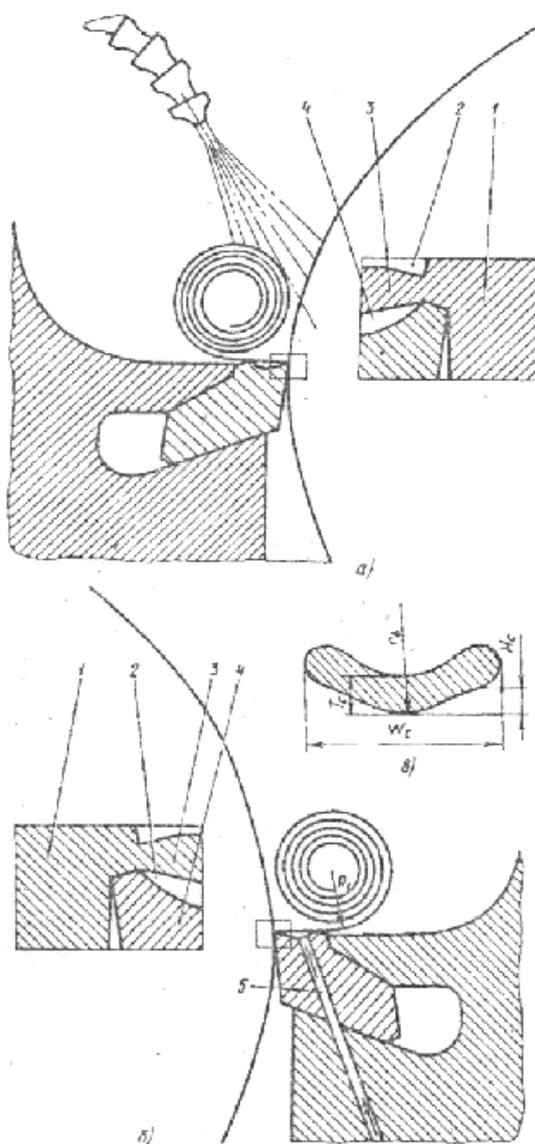


Рисунок 3.1 - Схема подачи СОЖ при отрезании и прорезании канавок при поливе сверху (а) и способом JET-CUT (б), а также сечение стружки (в).

1- обрабатываемая заготовка;

- 2- область проникновения СОЖ;
- 3- сходящая стружка;
- 4- СТП;

Были проведены обширные исследования с целью устранить влияние различных факторов процесса резания при подводе СОЖ через канал в СТП на температуру в зоне резания, износ инструмента, а также на условия формирования и отвода стружки.

Исследования распределения температуры в зоне резания показало, что при поливе сверху температура на режущей кромке достигает 700°C (рисунок 3.2,а).

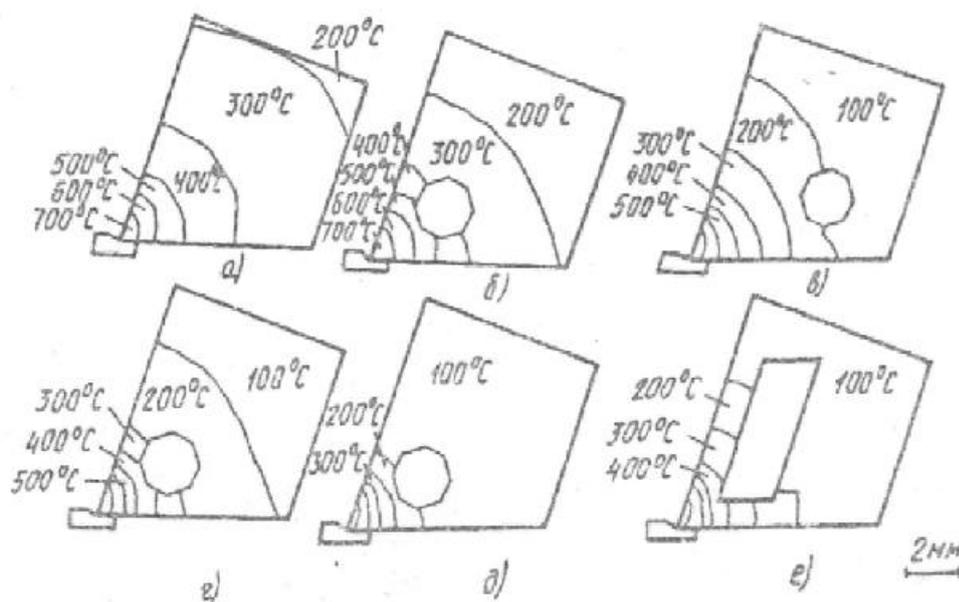


Рисунок 3.2 - Влияние состава СОЖ, а также формы сечения и места расположения канала ее подачи на температуру в зоне резания

а- полив сверху при $\lambda=10^3\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{град})$

б-е- использование системы JET-CUT [б- при $\lambda=10^3\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{град})$, в- при $\lambda=10^4\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{град})$, канал удален от режущей кромки; д- при $\lambda=10^5\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{град})$; е- при $\lambda=10^4\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{град})$, канал имеет увеличенное сечение и измененную форму]

Применение системы JET-CUT с каналом, имеющим в сечении форму восьмиугольника, и использовании СОЖ с низким [$\lambda=10^3\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{град})$] коэффициентом теплопроводности позволило несколько сократить область высоких температур (рисунок 3.2,б). Еще больший эффект получен при использовании воды [$\lambda=10^4\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{град})$] в качестве СОЖ (рисунок 3.2,г), однако при этих же условиях и удалении подводящего канала от режущей кромки (рисунок 3.2,б)

область высоких температур снова расширилась. Более благоприятное распределение температуры отмечено при увеличении площади сечения канала (рисунок 3.2,е) и особенно – при использовании СОЖ с высокой [$\lambda=10^4$ Вт/(м·град)] теплопроводностью (рисунок 3.2,д)

При работе системы JET-CUT поток СОЖ ударяется по нижней поверхности стружки очень близко к режущей кромке, помогая в образовании стружки, ее сходе с передней поверхности СТП и удалении из прорезаемой канавки. Конфигурация и расположение канала в СТП таковы, что его выходное отверстие не забивается сходящей стружкой и пространство между ней и передней поверхностью СТП заполняется жидкостью или газом, что улучшает отвод теплоты от СТП (рисунок 3.1,б).

При изучении влияния способа охлаждения на процесс стружкообразования измеряли толщину T_c , ширину w_c и высоту H_c стружки, а также радиус r_b основания ее поперечного сечения и радиус R_c ее зависимости в момент схода с СТП (см. рисунок 3.1,б и в).

Установлено, в частности, что с увеличением подачи толщина стружки возрастает, а высота и ширина изменяются незначительно при всех исследованных способах охлаждения, а также при работе без охлаждения (рисунок 3.3, а-в).

При поливе сверху и применении системы JET-CUT с увеличением подачи ширина стружки несколько уменьшается; в отсутствие охлаждения толщина и ширина стружки больше, а высота меньше, чем при поливе СОЖ и подводе с помощью системы JET-CUT.

Влияние скорости резания на поперечное сечение стружки при различных способах охлаждения невелико (рисунок 3.3 г-е). Соотношение между различными размерами стружки при различных способах охлаждения согласуются с традиционными результатами, т. е. более низкие скорости резания и большие подачи способствуют лучшему формированию стружки, что особенно важно для прорезных резцов. Цвет стружки и ее структура, определяемая путем металлографического исследования, указывают на снижение температуры с уменьшением скорости резания.

Изучение влияния способа подачи СОЖ на форму стружки в зависимости от величины лунки износа на передней поверхности резца и от продолжительности течения τ показало, что при использовании системы JET-CUT форма по-

перечного сечения стружки непосредственно связаны с глубиной лунки износа, характеризуемой коэффициентом K_t (для острозаточенного инструмента $K_t = 0$, для предельно изношенного $K_t = 1$). Так, минимальные ширина и толщина и максимальная высота стружки отмечаются в самом начале процесса резания ($\tau \leq 2$ мин), когда $K_t = 0 \dots 0,02$. По мере увеличения времени τ лунка износа углубляется ($K_t \rightarrow 1$) и наблюдаются некоторые изменения поперечного сечения стружки: возрастает ее толщина и уменьшаются высота и ширина. Указанные изменения формы стружки в свою очередь влияют на характер ее схода и на стойкость резца, тогда как влияние самого способа подачи СОЖ (в том числе и величины давления P для способа) незначительно.

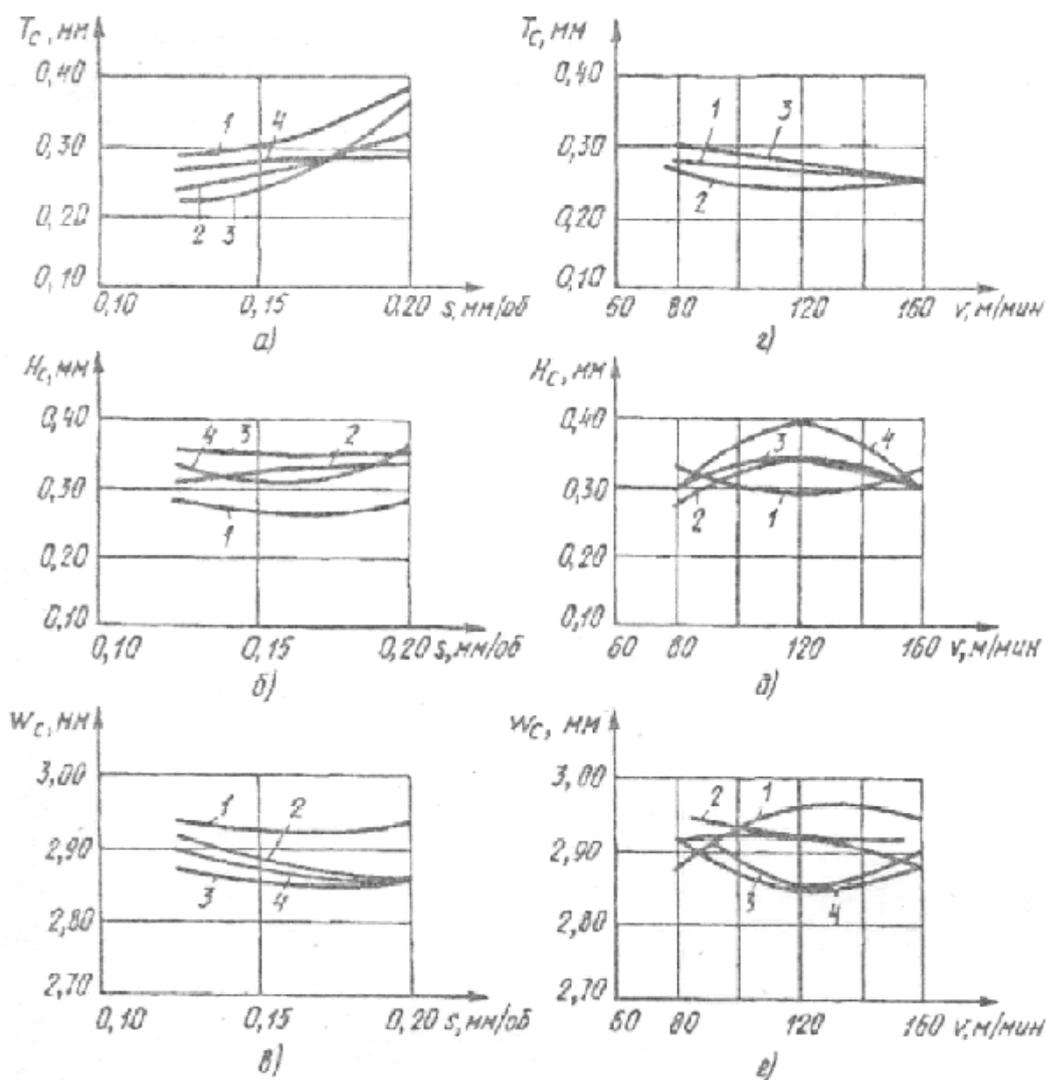


Рисунок 3.3 - Зависимость размеров T_c , w_c и H_c поперечного сечения стружки от подачи s и скорости v резания при различных способах охлаждения в процессе точения стали W.P.AISI 4140 (типа стали 40X) резцом, оснащенным СТП из

твердого сплава матки Р-40 (для рисунок а-в скорость $v=120$ м/с; для рисунок г-е подача $s=0.16$ мм/об)

- 1- охлаждение отсутствует;
- 2- полив СОЖ сверху;
- 3- подвод СОЖ способом JET-CUT при давлении $p=0.5$ МПа и расходе $Q=4$ л/мин;
- 4- то же при $p=1.5$ МПа и расходе $Q=1,75$ л/мин.

С увеличением продолжительности обработки (т. е. по мере изнашивания инструмента высота стружки уменьшается (рисунок 9.4,а)). При этом следует отметить почти одинаковый характер изменения высоты стружки при охлаждении поливом и без охлаждения, в отличие от изменения H_c при охлаждении способом JET-CUT.

При длительной работе без охлаждения ширина стружки почти приближается к ширине самого инструмента (в данном случае 3 мм; рисунок 9.4,б). При использовании способа JET-CUT с $P=2,5$ МПа высота стружки практически не изменяется (см. рисунок 9.4, а), тогда как ее ширина уменьшается (см. рисунок 3.4,б).

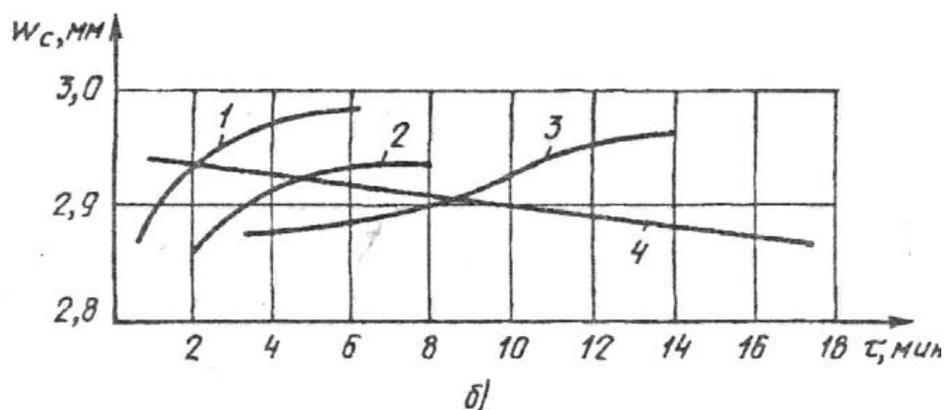
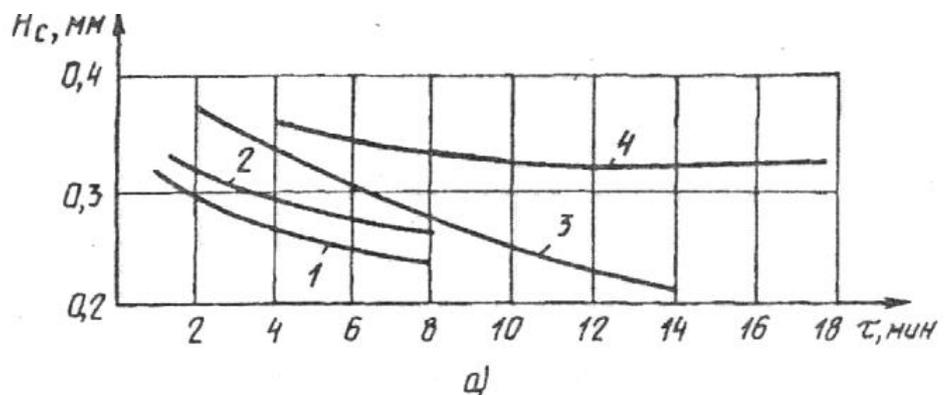


Рисунок 3.4 - Зависимость размеров H_c (а) и w_c (б), сечения стружки от продолжительности точения стали W.P.AISI 4140 4140 резцом с СТП из твердо-

го сплава марки P-40 при $v=120$ м/мин, $s=0.16$ мм/об

- 1- охлаждение отсутствует;
- 2- полив СОЖ сверху при $Q=4$ л/мин;
- 3- подвод СОЖ способом JET-CUT при давлении $p=1,5$ МПа и расходе $Q=1,75$ л/мин;
- 4- то же при $p=2.5$ МПа и расходе $Q=2,3$ л/мин.

Установлено, что радиус R_e больше, а спираль стружки более «открыта» при подводе СОЖ способом JET-CUT, чем при поливе. С увеличением лунки износа радиус R_e увеличивается (возможно, благодаря большому положительному значению переднего угла резца).

Исследования зависимости среднего числа спиралей стружки, образующихся на различных стадиях износа инструмента, от способа охлаждения (рисунок 3.5) показали, что применение СОЖ значительно улучшает процесс стружколомания по сравнению с обработкой без охлаждения. Это достигается главным образом в результате повышения жесткости поперечного сечения стружки при ее формировании. Охлаждение поливом сверху дало несколько лучшие результаты, чем способом JET-CUT при $P=0,5$ МПа и расходе СОЖ $Q=1$ л/мин. Однако с увеличением Q до $1,75$ л/мин и P до $1,5$ МПа процесс стружколомания усиливается. При значительном износе инструмента он интенсифицируется еще более, что указывает на удачную форму стружкообразующей канавки и передней поверхности СТП фирмы ISCAR.

Как и следовало ожидать, наибольшие значения коэффициента K_t и износа v_b по задним боковым поверхностям наблюдаются при обработке без охлаждения, причем предельный износ по обоим критериям достигается через 8 мин после начала обработки стали W.P.AISI 4140 (СТП из сплава марки 3-40; $v=120$ м/мин; $s=0.16$ мм/об).

При подаче СОЖ поливом сверху значительно снижается интенсивность изнашивания боковых поверхностей (уголков) и слегка замедляется образование лунки; предельный износ в этом случае достигается через 10 минут работы, т. е. стойкость резца на 20% повышается.

Для способа JET-CUT существенное значение имеет расход СОЖ. так, с

увеличением расхода от 1 до 2.3 л/мин стойкость резца возросла с 12 до 18 мин; дальнейшее увеличение расхода СОЖ (или давления) не оказывало заметного влияния на стойкость. При поливе СОЖ сверху стойкость инструмента от расхода СОЖ практически не зависела и составляла 10 мин.

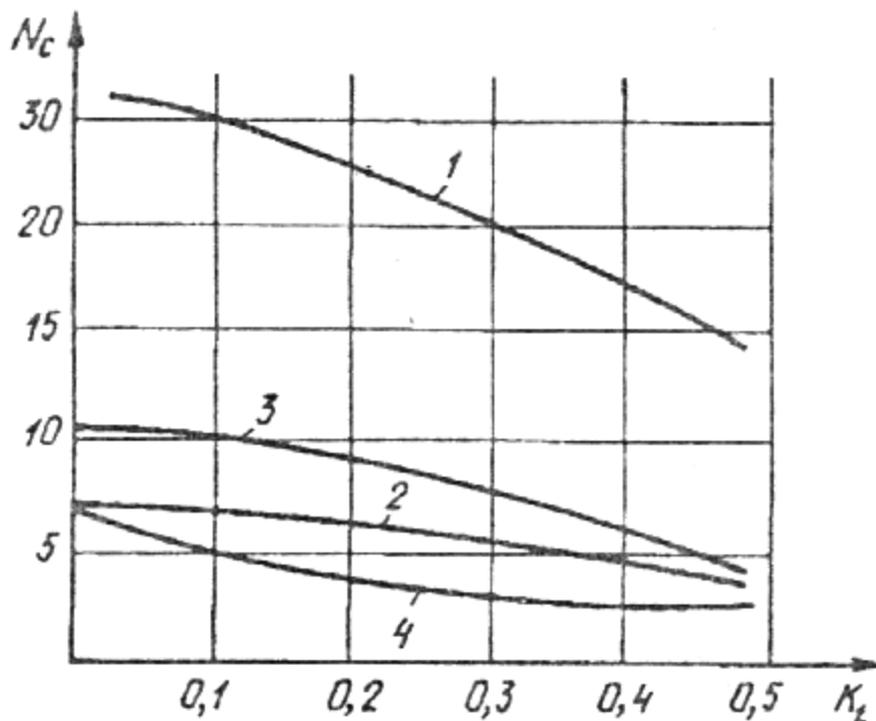


Рисунок 3.5 - Зависимость числа спиралей N_c стружки от коэффициента износа K_t при длительной обработке стали W.P.AISI 4140 резцом с СТП из твердого сплава марки P-40 с $v = 120$ м/мин, $s = 0.16$ мм/об

- 1- охлаждение отсутствует;
- 2- полив СОЖ сверху при $Q = 4$ л/мин;
- 3- подвод СОЖ способом JET-CUT при давлении $p = 0.5$ МПа и расходе $Q = 1$ л/мин;
- 4- то же при $p = 1.5$ МПа и расходе $Q = 1,75$ л/мин.

Отметим, что при использовании способа JET-CUT лунка износа начинает образовываться в центре СТП близко к уголкам. Затем она увеличивается, захватывая фаску, и в угловых зонах приближается к режущим кромкам. Износ по задним боковым поверхностям значительно больше в уголках, чем в центре, и заметно возрастает при точении без охлаждения.

Эксперименты с резцами, оснащенными СТП с износостойким покрытием $TiC+TiCN+TiN$ показали, что в этом случае определяющим фактором для стойкости резцов является износ V_b . С повышением давления СОЖ, подаваемой спо-

собом JET-CUT , от 0.1 до 2.5 МПа стойкость такого инструмента возросла в 4 раза. В то же время, для стойкости СПП без покрытия наиболее существенным был износ по передней поверхности.

Обработка коррозионно-стойких сталей и жаропрочных сплавов (типа Инконель 718) сопровождается интенсивным наростообразованием, что резко снижает стойкость и работоспособность инструмента. Так, при точении стали SAE-316 с поливом СОЖ сверху значение $V_b=0,23$ мм достигается уже после обработки 5-6 канавок (рисунок 9.6,а). В случае использования способа JET-CUT при $P=0.1$ МПа стойкость удваивается, а при $P=1.6$ МПа возрастает в 4 раза.

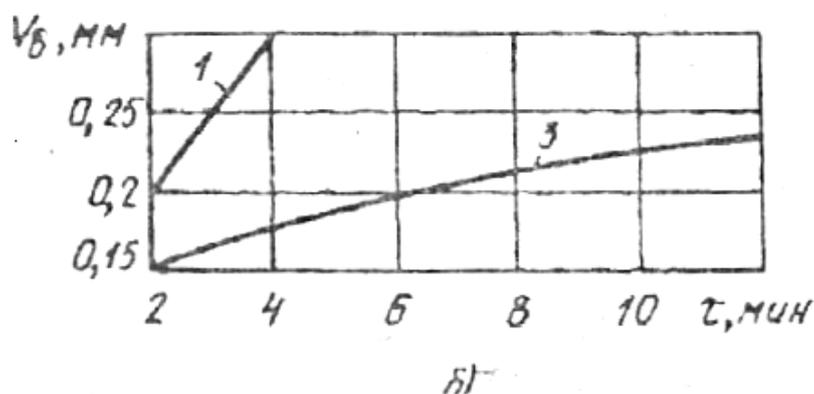
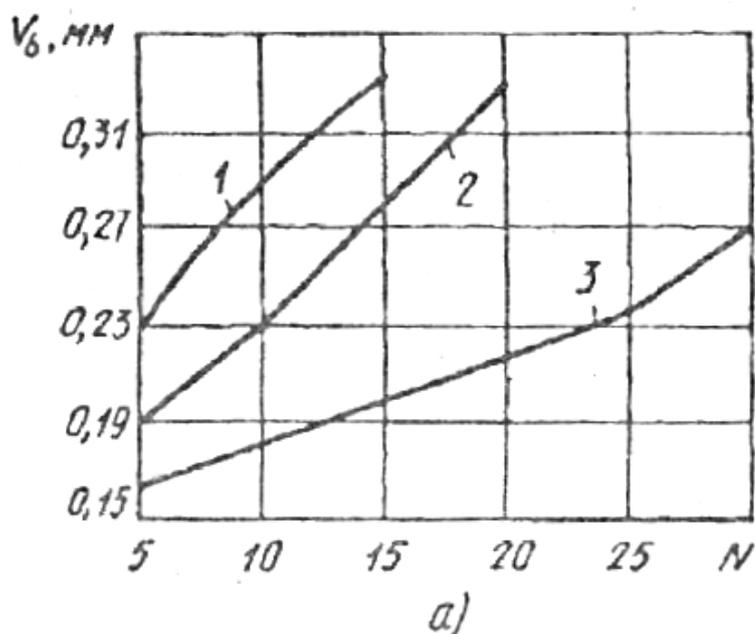


Рисунок 3.6 - Зависимость износа V_b инструмента при разных способах охлаждения от числа N нарезаемых канавок (а) и от продолжительности τ работы (б)

1- охлаждение поливом

2- охлаждение способом JET-CUT при давлении $p = 0.1$ МПа ;

3- то же при $p = 1.6$ МПа.

(для рисунок 9.6,а обрабатываемый материал – сталь SAE-316, инструментальный материал- твердый сплав с износостойким покрытием TiC+TiCN+TiN, $v = 150$ м/мин, $s = 0.2$ мм/об; для рисунок 9.6 б обрабатываемый материал- сплав Инконель 718, инструментальный материал- твердый сплав марки P-40 без покрытия, $v = 30$ м/мин, $s = 0.16$ мм/об)

При отрезании заготовок от прутка $\varnothing 50$ мм из коррозионно-стойкой стали полив СОЖ сверху позволил выполнить только 10 резов. При использовании способа JET-CUT без изменения режимов резания ($v = 150$ м/мин; $s = 0,125$ мм/об) удалось увеличить стойкость инструмента в 2.5 раза. Близкие к этому результаты получены при точении сплава Инконель 718: стойкость резцов, охлаждаемых способом JET-CUT, была в 4 раза больше, чем при охлаждении поливом (рисунок 3.6, б).

3.7 Выводы по разделу

1) применение способа подачи СОЖ через канал в режущей пластине (JET-CUT) значительно улучшает доступ СОЖ непосредственно к режущей кромке.

2) При работе с пластинами без износостойких покрытий подача СОЖ способом JET-CUT под высоким давлением уменьшает скорость образования лунки износа на передней поверхности, т. е. способствует повышению стойкости.

3) При обработке стали пластинами с износостойкими покрытиями при высоких скоростях резания способ JET-CUT значительно повышает стойкость инструмента.

4) При обработке коррозионно-стойкой стали марки SAE-316 и жаропрочного сплава Инконель 718 охлаждение способом JET-CUT снижает износ по задним боковым поверхностям и таким образом способствует значительному повышению стойкости инструмента.

5) Протекание процессов формирования и удаления стружки, а так же со-

отношение размеров ее поперечного сечения значительно улучшается при использовании способа JET-CUT (давление более 1,5 МПа) по сравнению с аналогичными показателями, получаемыми при охлаждении поливом.

4 Проектирование станочного приспособления

4.1 Анализ конструкции базового приспособления.

Цели проектирования

Взяв за основу стандартный рычажный патрон, доработаем его для нашей детали (для точения на операции 010). Необходимо изменить конструкцию кулачков, передаточное отношение рычагов, вместо цельного рычага применим сборный рычаг с сухарями, что увеличит площадь контакта рычагов с центральной втулкой и подкулачниками, что уменьшит износ их поверхностей.

Поэтому основной задачей проектирования является совершенствование конструкции базового патрона с целью увеличения его надежности.

4.2 Расчет усилия резания

Величина главная составляющей силы резания, была определена ранее и составляет: $P_z = 1190 \text{ Н}$.

4.3 Расчет усилия зажима

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.

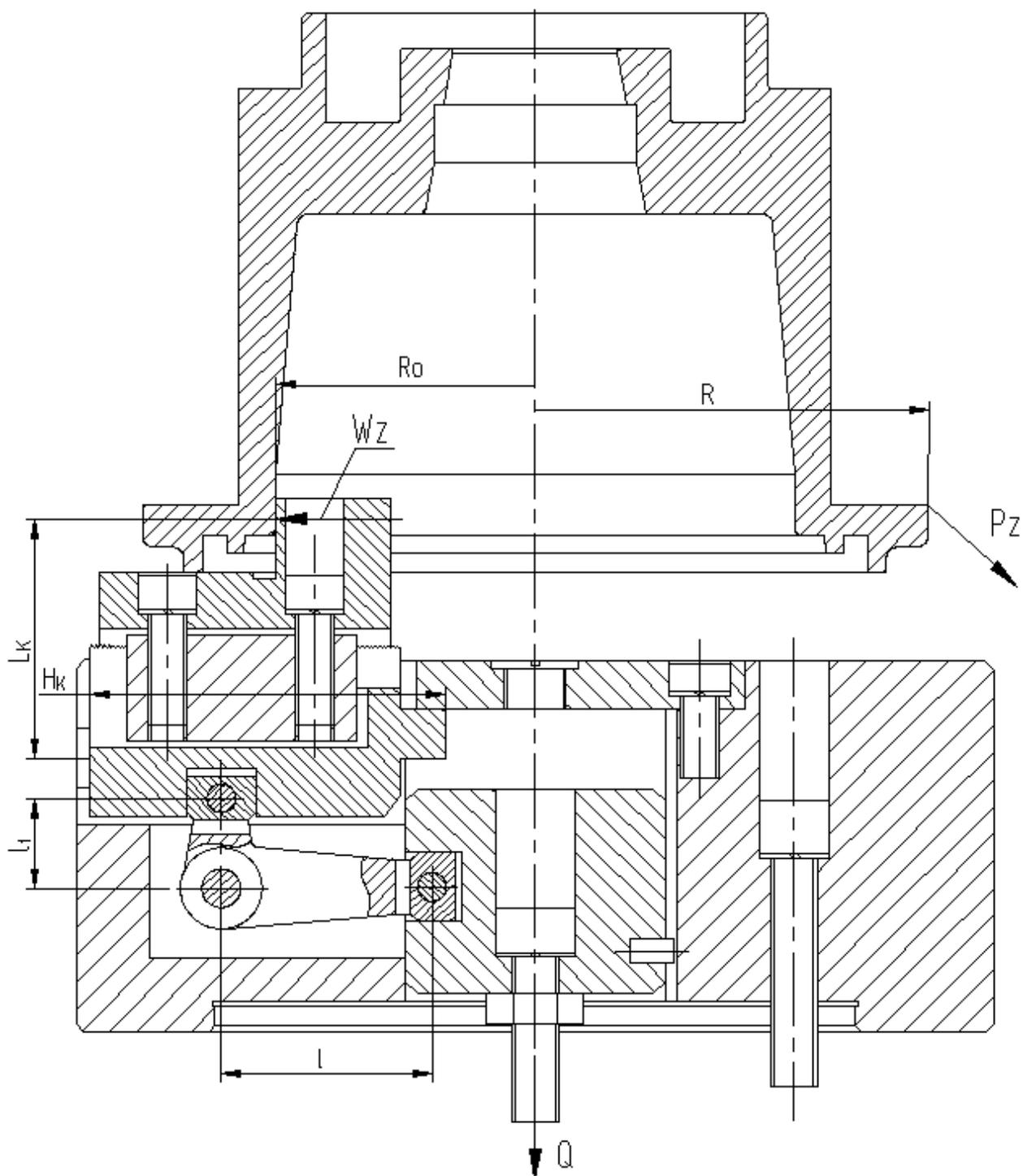


Рисунок 4.1 - Схема действий сил резания и сил закрепления

Из равенства моментов определим необходимое усилие зажима, препятствующее повороту заготовки в кулачках

$$W_z = \frac{K \cdot P_z \cdot R_0}{f \cdot R}, \quad (4.1)$$

где K – коэффициент запаса;

P_z – тангенциальная составляющая силы резания, Н;

R_o – радиус обрабатываемой поверхности, мм

f – коэффициент трения на рабочей поверхности кулачка; $f = 0,3$;

R – радиус зажимаемой поверхности, мм.

Значение коэффициента запаса K , в зависимости от конкретных условий выполнения технологической операции, определяется по формуле:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (4.2)$$

где K_0 – гарантированный коэффициент запаса, $K_0=1,5$;

K_1 – коэффициент, учитывающий неравномерность припуска, $K_1=1,0$;

K_2 – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при затуплении инструмента $K_2 = 1,2$;

K_3 – коэффициент, учитывающий прерывистость резания, $K_3=1,2$;

K_4 – коэффициент, учитывающий постоянство сил закрепления, для механизированных ЗМ $K_4= 1,0$;

K_5 – коэффициент, учитывающий эргономику немеханизированного ЗМ, $K_5=1,0$;

K_6 – коэффициент, учитывающий наличие моментов стремящихся повернуть заготовку вокруг своей оси, $K_6=1,0$.

Подставляя в формулу получим

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

Если $K < 2,6$, принимаем $K=2,6$

$$W_z = \frac{2,5 \cdot 1190 \cdot 406,2 / 2}{0,3 \cdot 266,8 / 2} = 15098 \text{ Н.}$$

При расчете зажимного механизма определим усилие Q , создаваемое сило-

вым приводом, которое зажимным механизмом увеличивается и передается постоянному кулачку:

$$Q = K_1 \cdot (1 + 3 \cdot a \cdot f / h) (l_1 / l) W_Z, \quad (4.3)$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий дополнительные силы трения в патроне
 $K_1 = 1,1$ [17, с. 153]

a – вылет кулачка, мм; $a = 105$

h – длина направляющей постоянного кулачка, мм; $h = 180$

f – коэффициент трения между направляющей поверхностью кулачка и пазом корпуса патрона.

$$Q = 1,1 \cdot (1 + 3 \cdot 105 \cdot 0,1 / 180) \cdot (44 / 110) \cdot 15098 = 7805 \text{ Н}$$

4.4 Выбор конструкции и расчет силового привода

Для создания исходного усилия Q используется силовой привод, устанавливаемый на задний конец шпинделя. В его конструкции можно выделить силовую часть, вращающуюся совместно со шпинделем, и муфту для подвода рабочей среды.

Вначале следует попытаться применить пневматический привод, т.к. в любом производстве имеются трубопроводы для подачи сжатого воздуха.

Диаметр поршня пневмоцилиндра определяется по формуле:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}}, \quad (4.4)$$

где p – избыточное давление воздуха, принимаемое равным 0,4 МПа;

$\eta = 0,90$ - КПД привода

$$D = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{7805}{0,4 \cdot 0.90}} = 166,4 \text{ мм}$$

Принимаем по ГОСТ 15608-81 ближайшее конструктивно большее значение $D = 200$ мм.

Ход кулачков: $S = 5$ мм

Ход поршня: $S_{п} = 12,5$ мм

4.5 Расчет погрешности базирования

При базировании детали в самоцентрирующем патроне погрешность $\varepsilon_B = 0$ – поскольку соблюдается правило единства баз.

4.6 Описание конструкции и принципа работы приспособления

Чертеж приспособления представлен на листе графической части.

В конструкцию приспособления входят рычажный самоцентрирующий патрон и пневмопривод.

Установка патрона происходит на конец шпинделя и закрепление винтами 26 с шайбами 42. Токарный патрон содержит корпус 4, в направляющих которого находятся подкулачники 12, к которым, в свою очередь, крепятся с помощью сухарей 17 и винтов 25 с шайбами 41 сменные кулачки 8. На винте 27 по центру корпуса патрона в отверстии установлена втулка 1.

Сухари 18 входят в паз подкулачника 12, а также в выточку втулки 1, установленные с помощью осей 9 на рычаге 16. Рычаг 16 установлен в корпусе патрона на оси 10. К корпусу 4 винтами 24 крепится фланец 20 с пробкой 13. Винт 27 с помощью гайки 31 соединен с тягой 19. Тяга 19 соединена со штоком 21 пневмоцилиндра.

Конструкция пневмопривода включает в себя корпус 5, крышку 7, установленную на подшипниках 38, которая крепится винтами 23 к корпусу пневмоцилиндра 6. Поршень 11 закреплен гайкой 30 на штоке 21. Установленные демп-

феры 3 предотвращают удары поршня о стенки цилиндра.

Уплотнение пневмоцилиндра происходит за счет уплотнительных колец 32-36.

Токарный патрон работает следующим образом:

Деталь выставляется в кулачках 8 и упирается в торец. Сначала происходит подача воздуха в поршневую полость пневмоцилиндра, затем поршень 11 через шток 21, тягу 19, винт 27 толкает втулку 1 вперед, рычаги 16 поворачиваются на оси 10, при этом осуществляя сдвиг подкулачников 12 с закрепленными на них сменными кулачками 8, которые собственно и закрепляют заготовку по отверстию. Подача воздуха в поршневую полость пневмоцилиндра осуществляет, обратный цикл, и заготовка в итоге разжимается.

5 Проектирование режущего инструмента

5.1 Анализ конструкции базового инструмента. Цели и задачи проектирования

На шлифовальной операции 065 применяются шлифовальные круги ПП 600x30x305 24A40CM18K3 35 м/с. Недостатком такого круга является низкая производительность шлифования вследствие неоптимально подобранной марки круга.

Поэтому, основная задача проектирования- выбор наиболее оптимальной марки материала с целью устранения указанного недостатка.

5.2 Проектирование шлифовального круга

В качестве материала шлифовального круга примем сложнелегированный электрокорунд 91А, дающий наибольшие показатели качества обрабатываемой поверхности, и наименьший расход абразива.

Маркировку выполним в соответствие с новой редакцией ГОСТ Р 52781-2007

1. Принимаем тип круга – 1 (плоский прямой)
2. Марка абразивных зерен- 91А- сложнелегированный электрокорунд
3. Зернистость – шлифзерно F60 (средняя) по ГОСТ Р 523811347-80
4. Твердость – М (средняя)
5. Структура – 7 (средняя)
6. Связка - V (керамическая)
7. Принимаем класс круга- А
8. Допустимая окружная скорость – 35 м/с (обычное шлифование)

Маркировка полной характеристики круга:

1 600x30x305 91А F60 М 7 V А 35 м/с ГОСТ Р 52781-2007

Технические требования на шлифовальный круг принимаем по ГОСТ 1347-

80.

Выполняем чертеж шлифовального круга в сборе с крышками, указанием всех предельных отклонений и технических требований

6 Проектирование производственного участка

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

6.1 Выбор типа промышленного здания

Основные производственные помещения при производстве изделий для легкового машиностроения располагают, как правило, в одноэтажных зданиях.

Типом проектируемого цеха является цех механической обработки.

Для перемещения изделий между оборудованием в цеху предусмотрены кран-балки. Ширину пролетов принимаем 18 м. Основная сетка колонн составляет 18x12м.

6.2 Проектирование участка изготовления фланца

Произведем расчёт всех параметров производственного участка по механической обработке фланцев, на котором обрабатывается деталь «фланец неподвижный». На участке располагается универсальное и специализированное оборудование. Загрузка оборудования происходит с помощью крана. Между оборудованием перемещение изделий осуществляется в кассетах электрокаром.

Таблица 6.1 - Исходные данные для расчета основных параметров производственного участка.

№	Наименование параметра	Единица измерения	Индекс	Значение
1	Годовая программа выпуска деталей	шт	P_r	10000
2	Планировочный размер потерь рабочего времени на отпуск рабочих	%	B_o	12

№	Наименование параметра	Единица измерения	Индекс	Значение
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 6.2.

Расчет норм времени приведен в п. 6.

Таблица 6.2

№ оп	Наименование операции	Наименование оборудования Базовый вариант (проектный вариант)	$T_0/T_{шт-к}$, мин Базовый вариант (проектный)
005	Токарная (черновая)	Токарно-карусельный с ЧПУ СФВ60х5/1	8,182/9,704
010	Токарная (черновая)	Токарно-карусельный с ЧПУ СФВ60х5/1	8,257/9,471
015	Токарная (чистовая)	Токарно-карусельный с ЧПУ СФВ60х5/1	7,424/9,018
020	Токарная (чистовая)	Токарно-карусельный с ЧПУ СФВ60х5/1	8,132/9,482
025	Долбежная (Протяжная)	Вертикально-долбежный станок 7Д450 (Вертикально-протяжной 7Б64)	0,233/0,795 (0,072/0,589)
030	Сверлильная	Вертикально-сверлильный с ЧПУ 2Р135Ф2-1	6,418/7,437
035	Слесарная	Электрохимический 4407	0,100/0,370
040 070	Моечная	Камерная моечная машина	0,110/0,230
055	Внутришлифовальная	Торцевнутришлифовальный 3К229В	1,493/2,379
060	Внутришлифовальная	Торцевнутришлифовальный 3К229В	0,706/1,577
065	Круглошлифовальная	Круглошлифовальный с ЧПУ 3М194Ф2	9,825/12,218

6.2.1 Годовой номинальный фонд времени работы оборудования:

$$\Phi_{\text{н}} = (D_{\text{р}} \cdot T_{\text{см}} - D_{\text{п}} \cdot T) \cdot n_{\text{см}}, \quad (6.1)$$

где $D_{\text{р}}$ – количество рабочих дней в году;

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

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

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

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

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

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

6.2.2 Годовой эффективный фонд времени работы оборудования для среднесерийного производства:

$$\Phi_{\text{э}} = \Phi_{\text{ном}} \cdot K_{\text{рем}} \cdot K_{\text{загр}}, \quad (6.2)$$

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

$K_{\text{загр}} = 0,8 \dots 0,9$ - коэффициент, учитывающий среднюю загрузку оборудования по времени.

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

6.2.3 Трудоемкость работ.

Средний разряд работ на участке- 4

6.2.4 Годовая трудоемкость обработки деталей

$$T_{\text{г}} = P_{\text{г}} \cdot T_{\text{шт-к}} \quad (6.3)$$

6.2.5 Количество оборудования на каждой операции:

$$C_{\text{расч}} = \frac{T_{\Gamma}}{60 \cdot \Phi_{\text{Э}}} \quad (6.4)$$

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

6.2.6 Определим общее количество оборудования на проектируемом участке:

$$C_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^m C_i \quad (6.5)$$

6.2.7 Определим коэффициент загрузки оборудования по каждой операции:

$$K_3 = \frac{C_{\text{расч}}}{C_{\text{пр}}} \quad (6.6)$$

6.2.8 Средний коэффициент загрузки оборудования:

$$K_{3,\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^m K_{3i}}{m} \quad (6.7)$$

Результаты расчётов по операциям сведём в таблицу 6.3

Таблица 6.3 - Количество рабочих мест и их коэффициент загрузки базовый вариант (проектный).

№ операции	$C_{\text{расч.}}$	$C_{\text{пр.}}$	$C_{\text{общ}}$	K_3	$K_{3,\text{ср}}$
005	0,428	1	11(11)	0,428	0,251 (0,250)
010	0,418	1		0,418	
015	0,398	1		0,398	
020	0,419	1		0,419	
025	0,035 (0,026)	1		0,035 (0,026)	
030	0,328	1		0,328	
035	0,016	1		0,016	

№ операции	$C_{расч.}$	$C_{пр.}$	$C_{общ}$	K_3	$K_{3,ср}$
040,070	0,010	1		0,010	
055	0,105	1		0,105	
060	0,070	1		0,070	
065	0,539	1		0,539	

6.2.10 График загрузки оборудования на участке (проектный вариант):

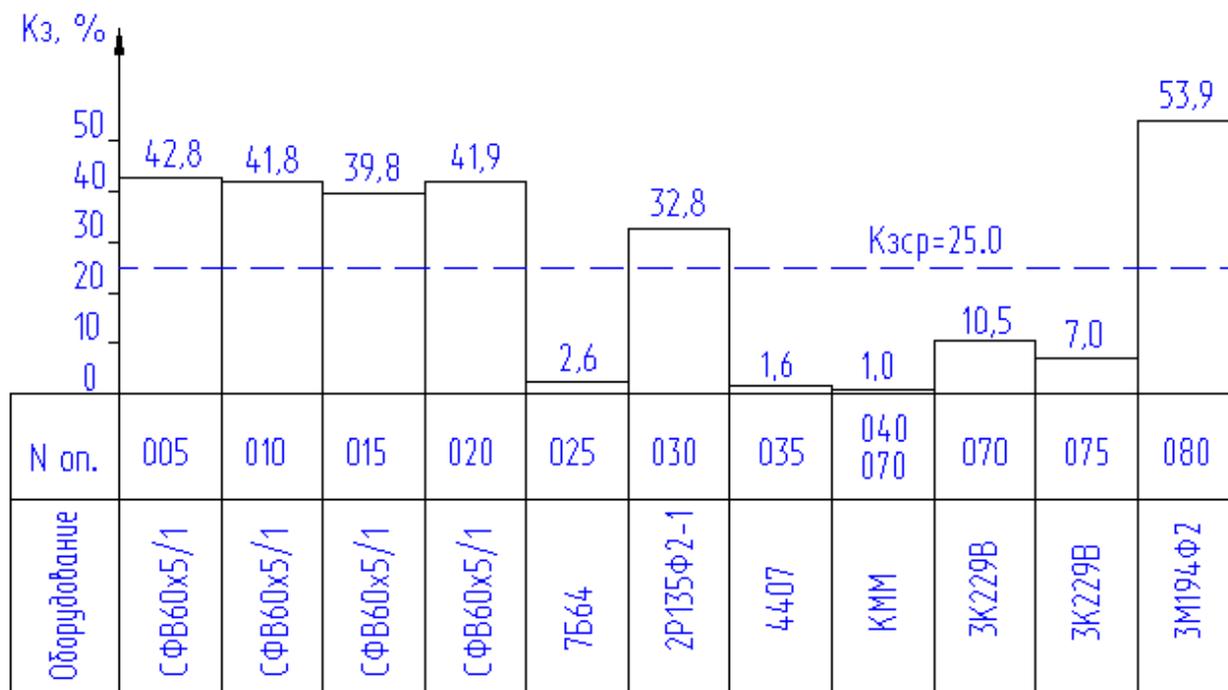


Рисунок 6.1

6.2.11 Количество рабочих на участке

В состав промышленно-производственного персонала участка входят производственные и вспомогательные рабочие, служащие, инженерно-технические работники (ИТР), младший обслуживающий персонал (МОП).

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

$$P = \frac{\Sigma T_{шт-к}}{Фэр \cdot K_{мн}}, \quad (6.8)$$

где $\Phi_{\text{ЭР}}$ - действительный годовой фонд времени работы рабочего;

K_m - коэффициент многостаночного обслуживания в серийном производстве
 $K_m=1,3$

$$\Phi_{\text{ЭР}} = [(D_{\text{КАЛ}} - B - П) \cdot T_{\text{см}} - D_{\text{ПР}} \cdot 2] \cdot [1 - \frac{B}{100}], \quad (6.9)$$

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

$R = 62,681 \cdot 10000 / 1753 \cdot 1,3 \cdot 60 = 4,58$ (из расчета годовой программы 10000 шт, без дозагрузки)

принимаем 5 рабочих

Проектный

$R = 62,475 \cdot 10000 / 1753 \cdot 1,3 \cdot 60 = 4,57$ (из расчета годовой программы 10000 шт, без дозагрузки)

принимаем 5 рабочих

Вспомогательные рабочие 35% от числа производственных рабочих

Базовый вариант

$$R_B = 5 \cdot 0,35 = 1,75$$

Принимаем 2 рабочих

Проектный

$$R_B = 5 \cdot 0,35 = 1,45$$

Принимаем 2 рабочих

ИТР – 12% от числа рабочих

$$\text{ИТРб} = 0,12 \cdot 7 = 0,84 = 1$$

$$\text{ИТРпр} = 0,12 \cdot 7 = 0,84 = 1$$

$$\text{ΜΟΠ}_\delta = 1$$

$$\text{ΜΟΠ}_{\text{Πρ}} = 1$$

7 Безопасность и экологичность технического объекта

7.1 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 7.1

Таблица 7.1 - 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	Отливка	Заготовительная операция	Литейщик	Печь литейная	Металл
2	Точение	Токарная операция	Оператор станка с ЧПУ	Токарно-карусельный с ЧПУ СФВ60х5/1	Металл, СОЖ
3	Протягивание	Протяжная операция	Протяжник	Вертикально-протяжной п/а 7Б64	Металл, СОЖ
4	Сверление	Сверлильная операция	Оператор станка с ЧПУ	Вертикально-сверлильный с ЧПУ 2Р135Ф2-1	Металл, СОЖ
5	Внутреннее шлифование	Внутришлифовальная операция	Шлифовщик	Торцевнутришлифовальный п/а 3К228В	Металл, СОЖ
6	Круглое шлифование	Круглошлифовальная операция	Шлифовщик	Круглошлифовальный с ЧПУ 3М194Ф2	Металл, СОЖ

7.2 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 7.2

Таблица 7.2 – 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	Печь литейная
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)	Токарно-карусельный с ЧПУ СФВ60х5/1
3	Протяжная операция Сверлильная 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)	Вертикально-протяжной п/а 7Б64 Вертикально-сверлильный с ЧПУ 2Р135Ф2-1
4	Внутреннее шлифование Круглое шлифование	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 3К228В Круглошлифовальный с ЧПУ 3М194Ф2

7.3 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 7.3 – 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; передвигающиеся 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

7.4 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).

7.4.1 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 нефте-газо-амиакопроводов, произведенной и/или хранящейся продукции и материалов и иного имущества;

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

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

4) опасные факторы взрыва, возникающие вследствие происшедшего пожара;

5) термохимические воздействия используемых при пожаре огнетушащих веществ на предметы и людей.

По результатам выполненной идентификации опасных факторов пожара оформляется таблица 7.4.

Таблица 7.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Литейный участок	Печь литейная	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	Токарно-карусельный с ЧПУ СФВ60х5/1	Пожары, связанные с воспламе-	Пламя и искры	Вынос (замыкание) высокого электрического

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
	обработки	Вертикально-протяжной п/а 7Б64 Вертикально-сверлильный с ЧПУ 2P135Ф2-1	нением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)		напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества
3	Участок абразивной обработки	Торцевнутришлифовальный п/а 3К228В Круглошлифовальный с ЧПУ 3М194Ф2	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

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

Технические средства обеспечения пожарной безопасности приводятся в таблице 7.5

Таблица 7.5 - 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 пожар-	Пожарные автомобили, пожарные	Оборудование для пенного пожаротушения	Приборы приемно-контрольные пожарные, технические средства	Напорные пожарные рукава, рукавные разветвления	Веревки пожарные, карабины пожарные, респираторы, про-	Ломы, багры, топоры, лопаты, комплект диэлектрический	Автоматические извещатели

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
ные краны, ящики с песком	лестницы		оповещения и управления эвакуацией пожарные		тивогазы		

7.4.3 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 7.6).

Таблица 7.6 – 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
Сверлильная операция Вертикально-сверлильный с ЧПУ 2P135Ф2-1	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 недозволённых местах, соблюдение мер пожарной безопасности при проведении огневых работ, применение средств пожаротушения, применение средств пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре

7.5 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.

7.5.1 По виду реализуемого производственно-технологического процесса, и осуществляемой функциональной эксплуатацией техническим объектом - необходимо провести идентификацию негативных экологических факторов, результаты которой отражены в таблице 7.7.

Таблица 7.7 – 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.)
Сверлильная операция	Вертикально-сверлильный с ЧПУ 2P135Ф2-1	Пыль стальная	Взвешенные вещества, нефтепродукты, СОЖ	Основная часть отходов хранится в металлических контейнерах емкостью

				1,0 м ³
--	--	--	--	--------------------

7.5.2 Разработка мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду рассматриваемого технического объекта (дипломного проекта) согласно нормативных документов (таблица 7.8).

Таблица 7.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Фрезерование
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Применение «сухих» механических пылеуловителей
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Переход предприятия на замкнутый цикл водоснабжения
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Соблюдении правил хранения, периодичности вывоза отходов на захоронение

7.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

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

Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, подобраны сред-

ства 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.

8 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.

8.1 Краткая характеристика сравниваемых вариантов

Программа выпуска – 10000 шт. Материал детали – сталь 40ХЛ. Метод получения заготовки – литье. Масса детали – 69,8 кг, масса заготовки – 86 кг.

Остальная краткая характеристика с необходимыми данными по писанию изменений в вариантах технологического процесса, представлена в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Описание изменений по сравниваемым вариантам

Базовый вариант	Проектируемый вариант
Операция 025	
<u>Операции 025 – Долбежная</u>	<u>Операции 025 – Протяжная</u>
<p>Шпоночный паз обрабатывается долблением</p> <p><u>Оборудование</u> – вертикально-долбежный станок 7Д450.</p> <p><u>Оснастка</u> – специальное самоцентрирующее приспособление</p> <p><u>Инструмент</u> – резец долбежный, пластина Р6М5</p> <p>То=0,223 мин</p> <p>Тшт=0,795 мин</p>	<p>Шпоночный паз обрабатывается протягиванием.</p> <p><u>Оборудование</u> – вертикально-протяжной станок 7Б64.</p> <p><u>Оснастка</u> – специальное самоцентрирующее приспособление</p> <p><u>Инструмент</u> – протяжка шпоночная для паза В=12 ГОСТ 18217-90 Р6М5К5, покрытие (Ti, Cr)C</p> <p>То=0,072 мин</p> <p>Тшт=0,589 мин</p>
<p>Тип производства – среднесерийный</p> <p>Условия труда – нормальные.</p> <p>Форма оплата труда – повременно-премиальная</p>	

Необходимые исходные данные по оборудованию, приспособлению, инструменту и т.д. заносим в таблицу. 8.2. Представленные значения не будут учитывать затраты, связанные материалами, т.к. согласно описанию (табл. 8.1), ни

материал, ни метод получения заготовки не были изменены, поэтому не могут оказывать влияния по конечный результат.

Таблица 8.2 – 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	–	295
2	Цена единицы оборудования	C_{OB}	руб.	1870000	2250000
3	Выручка от реализации изношенного оборудования (5% от цены)	$B_{P.OB}$	руб.	93500	112500
4	Цена одной единицы приспособления	C_{PP}	руб.	20600	20600
5	Выручка от реализации изношенного приспособления	$B_{P.PP}$	руб.	4120	4120
6	Цена единицы рабочего инструмента	$C_{И}$	руб.	91,2 10,6	7920
7	Выручка от реализации изношенного инструмента	$B_{P.И}$	руб.	18,3 2,2	1584
8	Количество переточек	$H_{ПЕР}$		– 4	16
9	Цена одной переточки	$C_{ПЕР}$	руб.	– –	312,4
10	Стойкость одной переточки	$T_{И}$	час	2	2
11	Коэффициент случайной убыли инструмента	$K_{УБ}$		1,1 1,1	1,5
12	Часовая тарифная ставка рабочего	$C_{ч}$	руб./час	72,24	72,24
13	Часовая заработная плата конструктора, технолога	$C_{ч.ТЕХ}$	руб./час	–	69,08
14	Габариты станка	$P_{УД}$	м ²	10,3	3,9
15	Коэффициент, учитывающий дополнительную площадь станка	$K_{ДОП.ПЛ}$		3,5	4,5
16	Стоимость эксплуатации 1м ² площади здания в год	$C_{ПЛ}$	руб/м ²	4500	4500
17	Установленная мощность единицы оборудования	$M_{УСТ}$	кВт	13,1	11
18	Коэффициент загрузки оборудования	K_3		0,028	0,02

№	Исходные данные	Обозначение	Единица измерения	Числовое значение	
				Базовый	Проектный
19	Количество оборудования	H_{OB}	<i>шт.</i>	1	1
20	Цена за 1 кВт электроэнергии	$C_{\text{э.э}}$	<i>руб./кВт</i>	2,582	
21	Цена за 1 м ³ воды	C_B	<i>руб./м³</i>	4,479	
22	Цена за 1 м ³ сжатого воздуха	$C_{CЖ}$	<i>руб./м³</i>	0,279	

8.2 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 (8.1) – (8.10). Так как интерес для нас представляет проектируемый вариант, то и расчеты будем вести только данному варианту, без учета базового.

$$З_{\text{ТР}} = T_{\text{ТР.ТР}} \cdot C_{\text{ч.ТЕХ}}, \text{ руб.} \quad (8.1)$$

$$K_{\text{ОБ}} = \sum H_{\text{ОБ}} \cdot C_{\text{ОБ}} \cdot k_3, \text{ руб.} \quad (8.2)$$

$$K_{\text{М}} = K_{\text{ОБ}} \cdot k_{\text{МОИТ}}, \text{ руб.} \quad (8.3)$$

$$K_{\text{ТР}} = K_{\text{ОБ}} \cdot 0,05, \text{ руб.} \quad (8.4)$$

$$K_{\text{ТР}} = \sum H_{\text{ТР}} \cdot C_{\text{ТР}} \cdot k_3, \text{ руб.} \quad (8.5)$$

$$K_{\text{И}} = \sum \frac{C_{\text{И}} \cdot T_{\text{МАШ}} \cdot N_{\text{Г}} \cdot k_{\text{УБ}} \cdot H_{\text{И}}}{T_{\text{И}} \cdot (C_{\text{ПЕР}} + 1) \cdot 60}, \text{ руб.} \quad (8.6)$$

$$K_{\text{Э.ПЛ}} = \sum H_{\text{ОБ}} \cdot P_{\text{УД}} \cdot k_{\text{ДОП}} \cdot k_3 \cdot C_{\text{Э.ПЛ}}, \text{ руб.} \quad (8.7)$$

$$K_{\text{ВВ.ТР}} = З_{\text{ТР}} + K_{\text{ОБ}} + K_{\text{М}} + K_{\text{ТР}} + K_{\text{ТР}} + K_{\text{И}} + K_{\text{Э.ПЛ}}, \text{ руб.} \quad (8.8)$$

Для расчетов значений по формулам (8.1) – (8.8) использовалось программное обеспечение Microsoft Excel, а полученные значения записаны в таблице 8.3

Таблица 8.3 – Расчетные значения, входящие в капитальные вложения по проектируемому варианту

№ п/п	Наименование параметра, условное обозначение и единица измерения	Значение параметра
1	Затраты на проектирование, $Z_{ПР}$, руб.	20378,6
2	Прямые капитальные вложения в основное технологическое оборудование, $K_{ОБ}$, руб.	45843,71
3	Затраты на доставку и монтаж оборудования, K_M , руб.	5042,81
4	Затраты на транспортные средства, $K_{ТР}$, руб.	2292,19
5	Затраты на приспособление, $K_{ПР}$, руб.	419,72
6	Затраты на инструмент, K_I , руб.	4099,76
7	Затраты на эксплуатацию производственной площади, $K_{Э.Пл}$, руб.	1609,11
10	Итого капитальные вложения в проектируемый вариант, $K_{ВВ.ПР}$, руб.	79685,91

8.3 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 проводить не целесообразно, это связано с тем, что данная величина не повлияет на конечных результат расчетов. Остальные значения рассчитаем по следующему алгоритму.

$$Z_{Пл.оп} = \frac{\sum T_{шт} \cdot C_{ч}}{60} \cdot K_y \cdot K_{ПФ} \cdot K_{ПР} \cdot K_d \cdot K_H \cdot K_{В.Н}, \text{ руб.} \quad (8.9)$$

$$З_{\text{ПЛ.ОП}(\text{АЗ})} = \frac{0,795 \cdot 72,24}{60} \cdot 1,087 \cdot 1,14 \cdot 1,12 \cdot 1,08 \cdot 1,076 \cdot 1,2 = 2,05 \text{ руб}$$

$$З_{\text{ПЛ.ОП}(\text{ПР})} = \frac{0,589 \cdot 72,24}{60} \cdot 1,087 \cdot 1,14 \cdot 1,12 \cdot 1,08 \cdot 1,076 \cdot 1,2 = 1,37 \text{ руб}$$

$$H_{3.\text{ПЛ}} = 3\text{П} \cdot K_C = Z_{\text{ПЛ.ОП}} + Z_{\text{ПЛ.НАЛ}} \cdot K_C, \text{ руб.} \quad (8.10)$$

$$H_{3.\text{ПЛ}(\text{АЗ})} = 2,05 + 0 \cdot 0,3 = 2,05 \text{ руб}$$

$$H_{3.\text{ПЛ}(\text{ПР})} = 1,37 + 0 \cdot 0,3 = 1,37 \text{ руб}$$

$$P_A = \frac{C_{\text{ОБ}} \cdot C_{\text{МОНТ}} + 1 \cdot B_{\text{Р.ОБ}} \cdot H_A \cdot H_{\text{ОБ}} \cdot K_3}{\Phi_{\text{ЭФ.ОБ}} \cdot 100 \cdot 60 \cdot K_{\text{ВН}}}, \text{ руб.} \quad (8.11)$$

$$P_A = \frac{C_{\text{ОБ}} \cdot C_{\text{МОНТ}} + 1 \cdot B_{\text{Р.ОБ}} \cdot K_P \cdot H_{\text{ОБ}} \cdot K_3}{\Phi_{\text{ЭФ.ОБ}} \cdot 60 \cdot K_{\text{ВН}}}, \text{ руб.} \quad (8.12)$$

$$P_{\text{ЭЭ}} = \frac{M_{\text{УСТ}} \cdot T_{\text{МАШ}} \cdot C_{\text{ЭЭ}} \cdot K_M \cdot K_{\text{П}} \cdot K_{\text{ОД}} \cdot K_{\text{В}}}{\text{КПД} \cdot 60}, \text{ руб.} \quad (8.13)$$

$$P_{\text{И}} = \frac{C_{\text{И}} \cdot K_{\text{ТР.И}} - B_{\text{Р.И}} \cdot K_{\text{УБ}} + H_{\text{ПЕР}} \cdot C_{\text{ПЕР}} \cdot T_{\text{МАШ}} \cdot H_{\text{И}}}{T_{\text{И}} \cdot (C_{\text{ПЕР}} + 1) \cdot 60}, \text{ руб.} \quad (8.14)$$

$$P_{\text{ПР}} = \frac{C_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{Р.ПР}} - B_{\text{Р.ПР}} \cdot H_{\text{ПР}} \cdot K_3}{N_{\text{ГОД}} \cdot T_{\text{ПР}}}, \text{ руб.} \quad (8.15)$$

$$P_{\text{СМ}} = \frac{H_{\text{ОБ}} \cdot K_3 \cdot P_{\text{СОЖ}}}{N_{\text{ГОД}}}, \text{ руб.} \quad (8.16)$$

$$P_{\text{В}} = \frac{\Phi_{\text{ЭФ.ОБ}} \cdot H_{\text{ОБ}} \cdot K_3 \cdot C_{\text{В}} \cdot Y_{\text{В}}}{N_{\text{ГОД}}}, \text{ руб.} \quad (8.17)$$

$$P_{\text{ПЛ}} = \frac{H_{\text{ОБ}} \cdot K_3 \cdot P_{\text{УД}} \cdot K_{\text{ДОП.ПЛ}} \cdot C_{\text{ПЛ}}}{N_{\text{ГОД}}}, \text{ руб.} \quad (8.18)$$

$$P_{\text{СЖ}} = \frac{H_{\text{ОБ}} \cdot K_3 \cdot \Phi_{\text{ЭФ.ОБ}} \cdot Y_{\text{СЖ}} \cdot C_{\text{СЖ}}}{N_{\text{ГОД}}}, \text{ руб.} \quad (8.19)$$

$$P_{\text{Э.ОБ}} = P_A + P_{P.OБ} + P_{\text{Э.Э}} + P_{\text{И}} + P_{\text{ПР}} + P_{\text{СМ}} + P_{\text{В}} + P_{\text{ПЛ}} + P_{\text{СЖ}}, \text{ руб.} \quad (8.20)$$

Для расчетов значений по формулам (8.11) – (8.20) использовалось программное обеспечение Microsoft Excel, а полученные значения представлены в таблице 8.4.

Таблица 8.4 – 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.	0,057	0,05
2	Расходы на текущий ремонт, $P_{P.OБ}$, руб.	0,017	0,015
3	Расходы на электроэнергию $P_{\text{Э}}$, руб.	0,085	0,023
4	Расходы на содержание и эксплуатацию рабочего инструмента, $P_{\text{И}}$, руб.	0,017	0,013
5	Расходы на содержание и эксплуатацию приспособления, $P_{\text{ПР}}$, руб.	0,327	0,351
6	Расходы на смазочно-охлаждающую жидкость, $P_{\text{СМ}}$, руб.	0,004	0,003
7	Расходы на технологическую воду, $P_{\text{В}}$, руб.	0,03	0,022
8	Расходы на содержание и эксплуатацию производственной площади, $P_{\text{Э.ПЛ}}$, руб.	0,001	0,001
9	Расходы на сжатый воздух, $P_{\text{СЖ}}$, руб.	0,446	0,161
11	Итого расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, $P_{\text{Э.ОБ}}$, руб.	0,983	0,638

$$C_{\text{ТЕХ}} = 3П + Н_{\text{Э.ПЛ}} + P_{\text{Э.ОБ}}, \text{ руб.} \quad (8.21)$$

$$C_{\text{ТЕХ(БАЗ)}} = 2,05 + 0,61 + 0,98 = 3,65 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ТЕХ(П)}} = 1,37 + 0,41 + 0,64 = 2,42 \text{ руб}$$

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 – $C_{\text{ПОЛН(БАЗ)}} = 11,14$ руб., а по проект-

ному варианту – $C_{ПОЛН(ПР)} = 7,44$ руб.

8.4 Расчет показателей экономической эффективности

$$П_{ОЖ} = (C_{ПОЛН(ВАЗ)} - C_{ПОЛН(ПР)}) \cdot N_{ГОД}, \text{ руб.} \quad (8.22)$$

$$П_{ОЖ} = (1,14 - 7,44) \cdot 10000 = 37000 \text{ руб}$$

$$Н_{ПРИБ} = П_{ОЖ} \cdot K_{НАЛ}, \text{ руб.} \quad (8.23)$$

$$Н_{ПРИБ} = 37000 \cdot 0,2 = 7400 \text{ руб}$$

$$П_{ЧИСТ} = П_{ОЖ} - Н_{ПРИБ}, \text{ руб.} \quad (8.24)$$

$$П_{ЧИСТ} = 37000 - 7400 = 29600 \text{ руб}$$

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{K_{ВВ.ПР}}{П_{ЧИСТ}} + 1, \text{ года} \quad (8.25)$$

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{79685,91}{29600} + 1 = 3,692 \approx 4 \text{ года}$$

$$D_{ОБЩ.ДИСК} = П_{ЧИСТ.ДИСК} \cdot \sum_{t=1}^T \frac{1}{(1+E)^t}, \text{ руб.} \quad (8.26)$$

$$D_{ОБЩ.ДИСК} = П_{ЧИСТ.ДИСК}(T) = 29600 \cdot \left(\frac{1}{(1+0,15)^1} + \frac{1}{(1+0,15)^2} + \frac{1}{(1+0,15)^3} + \frac{1}{(1+0,15)^4} \right) = 93802,4 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{ИНТ} = ЧДД = D_{ОБЩ.ДИСК} - K_{ОБЩ}, \text{ руб.} \quad (8.27)$$

$$\mathcal{E}_{ИНТ} = ЧДД = 93802,4 - 79685,91 = 14116,49 \text{ руб}$$

$$ИД = \frac{D_{ОБЩ.ДИСК}}{K_{ОБЩ}}, \text{ руб./руб.} \quad (8.28)$$

$$ИД = \frac{93802,4}{79685,91} = 1,18 \text{ руб/руб}$$

Благодаря замене оборудования и инструмента на 025 операции, удалось уменьшить трудоемкость ее выполнения. Это привело к снижению себестоимости на 33,2%, что позволит в будущем получить дополнительную чистую прибыль в размере 29600 руб. Необходимые капитальные вложения в объеме 79685,91 руб. окупятся в течение 4-х лет. Расчеты подтвердили эффективность инженерных решений, положительной величиной интегрального экономического эффекта, которая составляет – 14116,49 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1 Выводы

По итогам выполнения выпускной квалификационной работы получены следующие результаты:

- спроектирован принципиально новый технологический процесс изготовления детали в условиях среднесерийного производства;
- спроектирована заготовка, получаемая литьем в керамические формы с минимальными припусками, полученными аналитическим методом;
- применено высокопроизводительное оборудование и оснастки;
- внедрен инструмент высокой производительности с износостойким покрытием.
- спроектирован патрон рычажный с механизированным приводом для токарной операции;
- спроектирован сборный шлифовальный круг, выполненный из сложнолегированного электрокорунда 91А, что позволяет повысить производительность и точность обработки;
- на основе проведенных научных исследований предложен способ подачи СОЖ через канал в пластине резца, в результате чего стойкость канавочного резца на токарной операции 10 возрастает в 2-4 раза.

Выполненные внедрения позволяют говорить о достижении основных целей работы, обеспечить выпуск заданного объема деталей при снижении себестоимости изготовления и повышении её качества по сравнению с базовым вариантом техпроцесса.

Экономический эффект 14116,49 рублей.

2 Предложения

Разработанный технологический процесс изготовления фланца неподвижного рекомендуется к применению при разработке аналогичных техпроцессов на ОАО "АвтоВАЗ" при переходе с единичного на среднесерийное 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. Экономическое обоснование выбора заготовки при проектировании технологического процесса. . Метод, указания / А.В. Гордеев, - Тольятти, ТГУ, 2004.-38 с.
4. 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.
5. Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учеб. Пособие. / Л.Н. Горина, - Тольятти, 2000, 68 с.
6. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.
7. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. – Введ. 1987-01-07. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 104 с.
8. Добрыднев, И.С. Курсовое проектирование по предмету "Технология машиностроения" / И.С. Добрыднев, - М: Машиностроение 1985, 184 с.
9. 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..
10. Ловыгин, А.А. Современный станок с ЧПУ и САД/САМ система. / А.А. Лавыгин, – М.:«Эльф ИПР», 2006, 286 с..
11. 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.
12. 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.

13. 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.

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

15. 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.

16. 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.

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

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

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Маршрутная карта технологического процесса

Дубл. Взам. Площ.																			
	цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.			
Б					Обозначение документа														
01А	XXXXXX	030	4121	Сверлильная	ИОТИ 37.101.7026-89														
02Б	3816XXX			2P135Φ2-1		2	18632	411	1P	1	1	1	944	1	26	7,410			
03																			
04А	XXXXXX	035	0190	Слесарная															
05Б	XXXXXX	4407																	
06																			
07А	XXXXXX	040	0130	Моечная															
08Б	375698XXX			КММ															
09																			
10А	XXXXXX	045	0200	Контрольная															
11																			
12А	XXXXXX	050	0511	Термическая															
13																			
14А	XXXXXX	055	4132	Шлифовальная	ИОТИ 37.101.7419-85														
15Б	38132XXX			3K228B		2	18873	411	1P	1	1	1	944	1	19	2,359			
16																			
17А	XXXXXX	060	4132	Шлифовальная	ИОТИ 37.101.7419-85														
18Б	38132XXX			3K228B		2	18873	411	1P	1	1	1	944	1	19	1,557			
МК																			

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Операционные карты

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Спецификация к чертежу режущего инструмента

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				<u>Документация</u>		
A1			16.07.ТМ.503.60.000.СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Детали</u>		
		1	16.07.ТМ.503.60.001	Втулка	1	
		2	16.07.ТМ.503.60.002	Втулка	1	
		3	16.07.ТМ.503.60.003	Демпфер	2	
		4	16.07.ТМ.503.60.004	Корпус патрона	1	
		5	16.07.ТМ.503.60.005	Корпус	1	
		6	16.07.ТМ.503.60.006	Корпус	1	
		7	16.07.ТМ.503.60.007	Крышка	1	
		8	16.07.ТМ.503.60.008	Кулачок	3	
		9	16.07.ТМ.503.60.009	Ось	6	
		10	16.07.ТМ.503.60.010	Ось	3	
		11	16.07.ТМ.503.60.011	Поршень	1	
		12	16.07.ТМ.503.60.012	Подкулачник	3	
		13	16.07.ТМ.503.60.013	Пробка	1	
		14	16.07.ТМ.503.60.014	Пробка	3	
		15	16.07.ТМ.503.60.015	Прокладка	1	
		16	16.07.ТМ.503.60.016	Рычаг	3	
		17	16.07.ТМ.503.60.017	Сухарь	3	
		18	16.07.ТМ.503.60.018	Сухарь	6	
			16.07.ТМ.503.60.000			
Изм.	Лист	№ док-м.	Инициалы	Дата		
Н-зр-р.	Лазарев				Лит.	Лист
Прое.	Бобровский					Листов
						1 3
И. контр.	Виткалов				ТГУ, в.р. ТМз-1001	
Утв.	Бобровский					
Патрон рычажный						

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Спецификация к чертежу станочного приспособления

