TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
Отделение школы (НОЦ) Отделение машиностроение

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологического процесса изготовления шайбы поворотной

УДК 621.81-2-047.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-4А7Б	Ванюхин Владислав Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кувшинов К.А.	к.н.т.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Клемашева Е.И.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич О.А.	к.б.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.03.01 Машиностроение	Ефременков Е.А.	к.т.н.		

Томск – 2022 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Умеет использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ОПК(У)-2	Осознает сущности и значения информации в развитии современного общества
ОПК(У)-3	Владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации
ОПК(У)-4	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ДОПК(У)-1	Способен разрабатывать и оформлять конструкторскую документацию в соответствии со стандартами и с учетом технических и эксплуатационных характеристик деталей и узлов изделий
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий
ПК(У)-2	Способен разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств
ПК(У)-3	Способен обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с

	размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование
ПК(У)-4	Способен участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции
ПК(У)-5	Умеет проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования
ПК(У)-6	Умеет проводить мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний, контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ
ПК(У)-7	Умеет выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения
ПК(У)-8	Умеет применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий
ПК(У)-9	Способен к метрологическому обеспечению технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции
ПК(У)-10	Умеет учитывать технические и эксплуатационные параметры деталей и узлов изделий машиностроения при их проектировании
ПК(У)-11	Умеет использовать стандартные средства автоматизации при проектировании деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями
ПК(У)-12	Способен оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам

TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки (специальность) 15.03.01 Машиностроение
Отделение школы (НОЦ) отделение машиностроение

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ _____ Е.А. Ефременков
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
З-4А7Б	Ванюхин Владислав Александрович

Тема работы:

Разработка технологического процесса изготовления шайбы поворотной	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№34-76/с от 03.02.2022

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2022 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе *(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*	Чертеж детали, годовая программа выпуска.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов *(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).*	Обзор научно-технической литературы, определение типа производства, составление маршрута операций, размерный анализ ТП, расчет припусков и технологических размеров, расчет режима резания и основное время, конструирование специального приспособления
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)*	1. Чертёж детали, A_4 2. Размерный анализ, A_3 3. Операционная карта, A_1x3 4. Чертеж приспособления, A_1 5. Спецификация, A_4x2

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Технологический и конструкторский	Кувшинов К.А.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Клемашева Е.И.
Социальная ответственность	Антоневич О.А.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	13.12.2021

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Кувшинов К.А.	к.т.н.		13.12.2021г

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-4А7Б	Ванюхин Владислав Александрович		13.12.2021г

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 158 страниц, 15 рисунков, 24 таблицы, 27 источников, 5 приложений.

Ключевые слова: технологический процесс, режим резания, припуски, приспособление, режущий и контрольно-измерительный инструмент, шайба поворотная.

Объектом исследования является: чертеж и технологический процесс детали «Шайба поворотная ».

Тема ВКР: Разработка технологического процесса изготовления детали «Шайба поворотная».

Целью данной выпускной работы является разработка технологического процесса. В данном технологическом процессе используется оборудование с числовым программным управлением (ЧПУ), универсальное оборудование и специальное приспособление.

В ходе выполнения ВКР были рассмотрены следующие разделы:

1.Технологический

2.Конструкторский

3.Экономический

4.Социальный

В разделе «Проектирование технологического процесса» были рассмотрены следующие этапы: анализ технологичности конструкции детали; проектирование технологического маршрута и операций; размерный анализ; расчет режимов резания; разработано специальное приспособление.

В разделе «Финансовый менеджмент» рассчитана стоимость разработки технологического процесса.

В разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены вредные факторы присущие данному технологическому процессу, выбрано наиболее вероятное ЧП и разработаны мероприятия по его устранению.

Оглавление

Введение 9
1. Технологическая часть 11
1.1 Исходные данные 11
1.2 Назначение и конструкция детали 12
1.3 Анализ технологичности конструкции детали и технологический контроль чертежа 13
1.4 Определение типа производства 16
1.5 Выбор заготовки 18
1.6 Маршрут обработки 21
1.7 Размерный анализ технологического процесса 31
1.8 Выбор средств технологического оснащения 39
1.9 Расчет режимов резания 44
1.10 Расчет норм времен 89
1.11 Определение штучно-калькуляционного времени 94
2. Конструкторская часть 101
2.1 Анализ исходных данных и разработка технического задания 101
2.2 Разработка принципиальной схемы и компоновки приспособления 101
2.3 Разработка схемы для расчета и определения сил закрепления 102
2.4 Конструирование и расчет функциональных элементов приспособления и исполнительных размеров 106
2.5 Описание конструкции и принципа работы приспособления 107
3. Экономическая часть 109
Введение 109
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения внедрения технического решения с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения 109
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования 109
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений 110
3.1.3 SWOT-анализ 111
3.2. Планирование научно-исследовательских работ 113
3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования 113
3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения проекта 114
3.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) 117
3.3.1 Расчет амортизационных отчислений 118
3.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы 118

3.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые взносы) 120
3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования 121
Вывод по разделу 124
4. Социальная часть 126
Введение 126
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности 126
4.2 Производственная безопасность 129
4.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов 129
4.2.2 Отклонение показателей микроклимата 129
4.2.3 Повышенный уровень шума 131
4.2.4 Повышенный уровень электромагнитного излучения 132
4.2.5 Недостаточная освещенность рабочей зоны 133
4.2.6 Психофизиологические факторы 134
4.2.7 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 135
4.2.8 Статические физические нагрузки 137
4.3 Экологическая безопасность 137
4.3.1 безопасность в чрезвычаайных ситауциях 138
Вывод по разделу 140
Заключение 141
Список литературы 142
Приложение А. Чертёж детали 145
Приложение Б. Чертёж приспособления 147
Приложение В. Спецификация приспособления 149
Приложение Г. Операционная карта 153
Приложение Д. Размерный анализ 157

Введение

Машиностроение является важнейшей отраслью мировой экономики, тенденция её развития в настоящее время сводится к увеличению точности изготовления деталей, усложнению кинематики технологического оборудования, увеличению скоростей рабочих органов обрабатывающего оборудования, а также к автоматизации основных и вспомогательных операций, контролю и управлению всем производственным процессом с использованием ЭВМ. С развитием автоматизации производства на первый план выходят такие технологии, которые снижают себестоимость изделия, способствуют созданию эффективной, конкурентоспособной техники, при этом не требуя больших капиталовложений.

Постоянно возрастающие требования к изделиям машиностроения влекут за собой их усложнение, увеличение трудоёмкости и частую сменяемость. В современных условиях 70...85% изделий обрабатываются в условиях единичного и мелкосерийного производства.

Высокая динамика обновления требует автоматизации мелкосерийного механообрабатывающего производства. Однако формальный перенос опыта работы автоматизированных и автоматических поточных линий для изготовления деталей в массовом производстве на сложные, многономенклатурные производственные процессы мелкосерийного производства без учёта его специфики не дает существенного эффекта.

Анализ тенденции автоматизации производства показывает, что основным направлением в этой сфере является применение станков с числовым программным управлением (ЧПУ) и обрабатывающих центров, загрузочных, транспортных и складских роботов, управляемых от ЭВМ, т.е. создание гибких производственных систем (ГПС) механической обработки. ГПС представляет собой совокупность (в разных сочетаниях) оборудования с ЧПУ, роботизированных технологических комплектов (РТК), гибких производственных моделей (ГПМ), отдельных единиц технологического

оборудования и систем обеспечения их функционирования в автоматическом режиме в течение заданного интервала времени. В ГПС предусмотрена автоматизированная переналадка при изготовлении изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик.

Цель работы – целью данной работы является разработка технологического процесса изготовления шайбы поворотной.

Практическая значимость результатов ВКР указывается в технологических научных, в процессе выполнения работы: шайбы поворотной.

В разработке решается задача по созданию эффективного технологического процесса изготовления детали. Технологический процесс разрабатывается для условий среднесерийного производства.

1. Технологическая часть

1.1 Исходные данные

Разработать технологический процесс изготовления детали «Шайба поворотная», рисунок детали представлен на рисунок 1.1

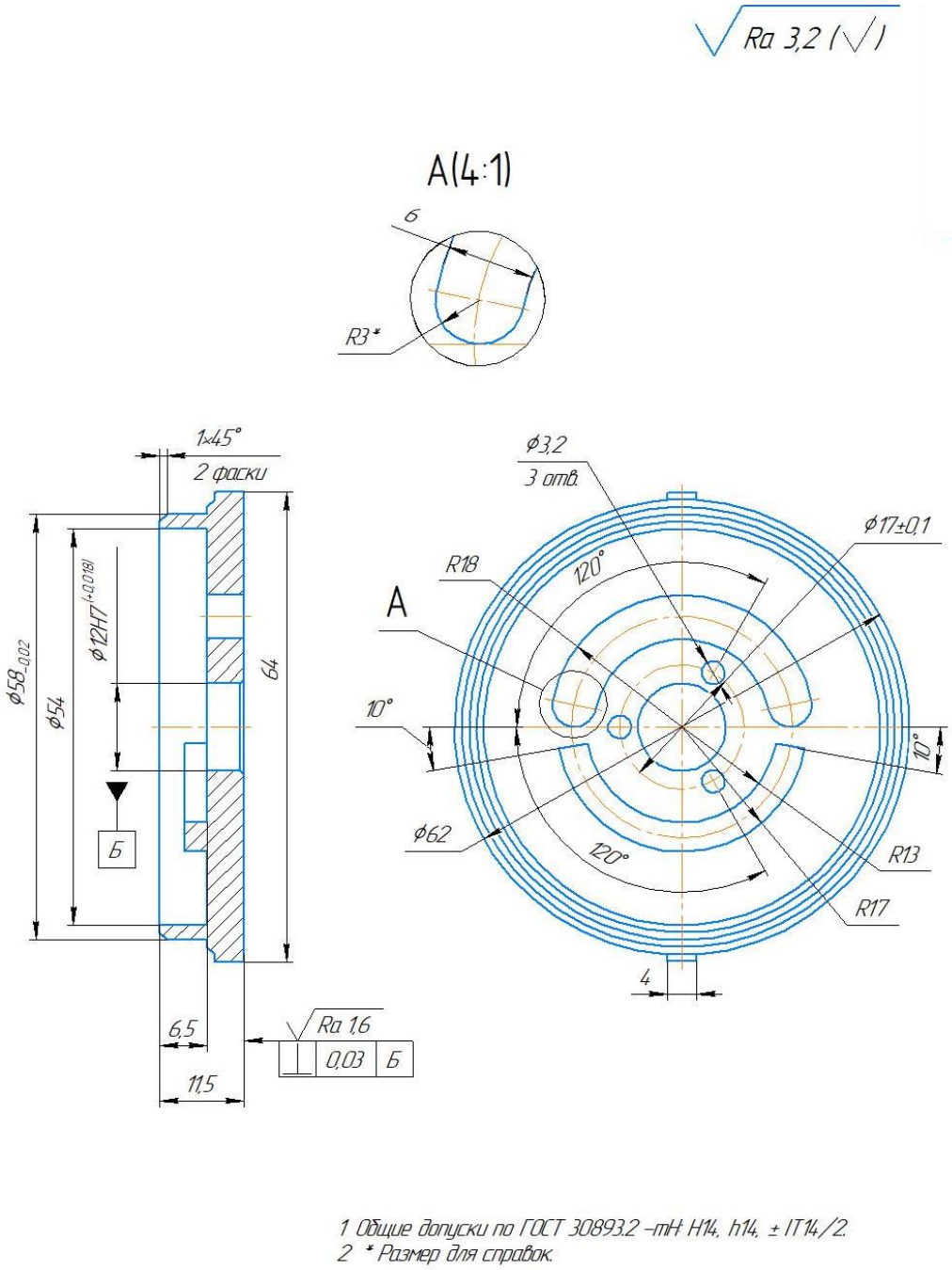


Рисунок 1.1 Чертёж детали

1.2 Назначение и конструкция детали

Деталь «Шайба поворотная» применяется в промышленном машиностроении и входит в состав обрабатывающего оборудования.

Деталь представляет собой тело вращения диаметром 62 мм с двумя бобышками. Ступень диаметром $58_{-0.02}$ выполняет роль посадочной поверхности. Общая длина детали 11,5 мм. Центральное отверстие диаметром $12H7$ предназначено для посадки шайбы на ось с уплотнительным кольцом. Поэтому шероховатость данной поверхности Ra 1,6. Правый торец также имеет шероховатость Ra 1,6, т.к. является опорной поверхностью шайбы. Допуск перпендикулярности этого торца относительно центрального отверстия не более 0,03 мм с целью обеспечения недопустимости перекоса шайбы на ось и исключения заклинивания детали в процессе работы. Три отверстия диаметром 3,2 мм предназначены для крепежных винтов М3. Паз и выступ выполняют непосредственное служебное назначение.

Шероховатость остальных поверхностей Ra 3,2 мм.

1.3 Анализ технологичности конструкции детали и технологический контроль чертежа

В технических требованиях на указаны требования к неуказанным предельным отклонениям размеров соответствуют ГОСТ 30893.1-2002: *H*14, *h*14, ±*IT*14/2.

Также указано, что размер, обозначенный «*», обеспечивается инструментом, поэтому не контролируется ОТК.

Деталь «Шайба поворотная» изготавливается из стали 45 ГОСТ 1050-2013.

Сталь 45 – сталь конструкционная углеродистая качественная, применяется для изготовления следующих деталей: вал-шестерни, коленчатые и распределительные валы, шестерни, шпиндели, бандажи, цилиндры, кулачки и другие нормализованные, улучшаемые и подвергаемые поверхностной термообработке детали, от которых требуется повышенная прочность.

Химический состав стали приведен в таблице .

Таблица 1 – Химический состав стали 45 в процентах

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
			не более					
0,42-0,5	0,17-0,37	0,5-0,8	0,25	0,04	0,035	0,25	0,25	0,08

Свойства стали 45:

Удельный вес: 7800 кг/м^3.

Температура ковки, °С: начала 1250, конца 700. Сечения до 400 мм охлаждаются на воздухе.

Твердость материала: НВ 170.

Свариваемость материала: трудносвариваемая.

Склонность к отпускной хрупкости: не склонна.

Технологический анализ конструкции детали.

1. Форма детали состоит из унифицированных элементов.

2. Все поверхности расположены удобно для обработки, труднодоступные места для обработки отсутствуют.

3. Канавки для выхода режущего инструмента отсутствуют.

4. Допуски точных размеров детали и шероховатость данных поверхностей соответствуют друг другу.

5. Все размеры могут быть измерены с помощью стандартных измерительных инструментов, таких как штангенциркуль, микрометр, калибр-скобы, калибр-пробки.

6. Цилиндрические поверхности детали могут быть использованы в качестве баз при выполнении токарных операций.

7. Требования к термической обработки детали отсутствуют.

8. Деталь высокой жесткости ($L/D_{ср}$ = 11,5/60 = 0,19).

Количественные показатели технологичности конструкции детали.

Определим коэффициент шероховатости $К_ш$, мкм по формуле:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{Ra_{ср}}, \qquad (1.1)$$

где $Ra_{ср}$ – среднее численное значение параметра шероховатости, мкм, определяем по формуле:

$$Ra_{ср} = \frac{\sum\left(m_j \cdot Ra_j\right)}{\sum \mathrm{m_j}}, \qquad (1.2)$$

где j – величина параметра Ra, мкм;

m_j –число поверхностей, имеющих j-тую шероховатость.

$$Ra_{ср} = \frac{2 \cdot 1,6 + 14 \cdot 3,2}{16} = 3;$$

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{3} = 0,67.$$

Вывод: по данному показателю деталь нетехнологична, т.к коэффициент шероховатости получился меньше, чем предельное его значение, $К_{ш} < 0,7$.

Определим коэффициент точности $К_Т$ поверхностей по формуле:

$$K_{т} = 1 - \frac{1}{IT_{ср}}, \qquad (1.3)$$

где $IT_{ср}$ – средняя точность изготовления детали, определяем по формуле:

$$IT_{ср} = \frac{\sum (n_i \cdot IT)_i}{\sum n_i}, \qquad (1.4)$$

где i – номер квалитета;

n_i –число размеров, выполняемых по i-тому квалитету.

$$IT_{ср} = \frac{1 \cdot 6 + 1 \cdot 7 + 1 \cdot 12 + 14 \cdot 14}{17} = 13;$$

$$K_{т} = 1 - \frac{1}{13} = 0,92.$$

Вывод: по данному показателю деталь технологична, т.к коэффициент точности получился больше, чем предельное его значение, $К_т > 0,8$.

Таким образом, деталь «Шайба поворотная» в целом технологична и не требует специализированных методов механической обработки.

1.4 Определение типа производства

Годовой объем выпуска деталей N = 10000 шт, масса детали составляет q = 0,12 кг.

По таблице 2 принимаем среднесерийное производство.

Таблица 2 – Зависимость типа производства от объема выпуска (шт.) и массы детали

Масса детали, кг	Тип производства				
	Единичное	Мелко-серийное	Средне-серийное	Крупно-серийное	Массовое
< 1,0	< 10	10 – 2000	1500 – 100000	75000 – 200000	200000
1,0 – 2,5	< 10	10 – 1000	1000 – 50000	50000 – 100000	100000
2,5 – 5,0	< 10	10 – 500	500 – 35000	35000 – 75000	75000
5,0 – 10	< 10	10 – 300	300 – 25000	25000 – 50000	50000
> 10	< 10	10 – 200	200 – 10000	10000 – 25000	25000

Среднесерийное производство характеризуется изготовлением деталей повторяющимися партиями.

В среднесерийном производстве технологический процесс преимущественно дифференцирован, т.е. расчленен на предельные операции, которые закреплены за определенными станками. Здесь применяется разнообразное оборудование:

- станки с ЧПУ всех видов;
- токарные станки с гидросуппортом;
- токарно-револьверные универсальные станки;
- продольно-фрезерные станки;
- агрегатные станки;
- обрабатывающие центры.

Оборудование располагается в последовательности технологических операций, установленной для деталей, обрабатываемых на данной станочной линии.

В среднесерийном производстве широко применяются специализированные и специальные приспособления, специализированный и специальный режущий инструмент, измерительный инструмент в виде предельных калибров, шаблонов, обеспечивающих взаимозаменяемость обрабатываемых деталей.

Такт запуска деталей предметно-замкнутым участком цеха, мин/шт. определяется по формуле [1, стр. 21]:

$$t = \frac{60 \cdot F_д}{N}, \qquad (1.5)$$

где $F_д$ – действительный фонд времени работы оборудования в течение планируемого периода, $F_д$ = 1860 ч (для односменной работы);

$$t = \frac{60 \cdot 1860}{10000} = 11{,}16 \text{ мин.}$$

В серийном производстве такт выпуска значительно превышает величину штучного времени выполнения отдельных операций обработки заготовок. Поэтому заготовки здесь запускают в обработку партиями, а сборку ведут сериями однотипных изделий.

Определение размера производственной партии обработки заготовок определяется по формуле [1, стр. 22]:

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \qquad (1.6)$$

где a – периодичность запуска партий в обработку, a = 3 дня;

F – число рабочих дней в году, при пятидневной рабочей неделе F = 252 дня;

$$n = \frac{10000 \cdot 3}{252} = 119 \text{ шт.}$$

1.5 Выбор заготовки

Для данной детали заготовку наиболее оптимально получать следующими способами:

1) штамповка на молотах и прессах;

2) штамповка на горизонтально-ковочных машинах;

3) свободная ковка;

4) прокат.

Выбираем для сравнения два вида заготовки: прокат и штамповка на горизонтально-ковочных машинах.

Прокат.

Принимаем диаметр заготовки D = 70 мм, длина заготовки L = 16 мм.

Рассчитываем объем заготовки:

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}07^2}{4} \cdot 0{,}016 = 0{,}0000615 \text{ м}^3.$$

Определяем массу заготовки:

$$Q = \rho \cdot V, \qquad (1.7)$$

где ρ – плотности материала, ρ = 7800 кг/м^3;

$$Q = 7800 \cdot 0{,}0000615 = 0{,}48 \text{ кг}.$$

Определяем коэффициент использования материала:

$$K_{им} = \frac{q}{Q} = \frac{0{,}12}{0{,}48} = 0{,}25.$$

Определяем стоимость заготовки по формуле[1, стр. 31]:

$$S_{пр} = Q \cdot S - (Q - q) \cdot S_{отх}/1000, \qquad (1.8)$$

где S – стоимость 1 кг заготовки, S = 100 руб.;

$S_{отх}$ – стоимость 1 т отходов, $S_{отх}$ = 20000 руб.;

$$S_{пр} = 0{,}48 \cdot 100 - (0{,}48 - 0{,}12) \cdot 20000/1000 = 40{,}8 \text{ руб.}$$

Поковка.

Определяем ориентировочную массу поковки:

$$G_{\text{п.р}} = (1{,}5\ldots1{,}8)\cdot q. \qquad (1.9)$$

$$G_{\text{п.р}} = 1{,}8\cdot 0{,}12 = 0{,}22 \text{ кг}.$$

Определяем группу стали.

Сталь 45 – сталь с содержание углерода от 0,35 до 0,65 %. Выбираем группу М2.

Определяем степень сложности.

Определяем массу геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки. Для этого наибольший диаметр детали и общую длину принимаем увеличенными в 1,05 раза:

$$D_{\text{ф}} = 1{,}05\cdot 64 = 67{,}2 \text{ мм};$$

$$L_{\text{ф}} = 1{,}05\cdot 11{,}5 = 12{,}1 \text{ мм}.$$

Определяем объем фигуры:

$$V_{\text{ф}} = \frac{3{,}14\cdot 0{,}0672^2}{4}\cdot 0{,}0121 = 0{,}000043 \text{ м}^3.$$

Определяем массу фигуры:

$$G_{\text{ф}} = 7800\cdot 0{,}000043 = 0{,}33 \text{ кг}.$$

Определяем отношение массы поковки к массе описывающей ее фигуры:

$$\text{С} = \frac{G_{\text{п.р}}}{G_{\text{ф}}} = \frac{0{,}22}{0{,}33} = 0{,}67.$$

Принимаем степень сложности С1.

Определяем класс точности поковок.

В зависимости от выбранного вида оборудования – горизонтально-ковочной машины – принимаем класс точности Т4.

Определяем исходный индекс по ГОСТ 7505-89: 8.

Определяем массу заготовки (3D-моделирование): Q = 0,32 кг.

Определяем коэффициент использования материала:

$$K_{им} = \frac{0,12}{0,32} = 0,375.$$

Определяем стоимость заготовки по формуле [1, стр. 33]:

$$S_{пок} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_т \cdot k_с \cdot k_в \cdot k_м \cdot k_п \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{отх}}{1000}, \quad (1.20)$$

где C_i – базовая стоимость 1 т заготовок, C_i = 120000 руб;

$k_т$ – коэффициент, зависящий от класса точности, $k_т$ = 1,0;

$k_с$ – коэффициент, зависящий от группы сложности, $k_с$ = 0,75;

$k_в$ – коэффициент, зависящий от массы, $k_в$ = 1,85;

$k_м$ – коэффициент, зависящий от марки материала, $k_м$ = 1,0;

$k_п$ – коэффициент, зависящий от объема производства, $k_п$ = 1,0;

$$S_{пок} = \left(\frac{120000}{1000} \cdot 0,32 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,85 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (0,32 - 0,12) \cdot \frac{20000}{1000} = 49,3 \text{ руб.}$$

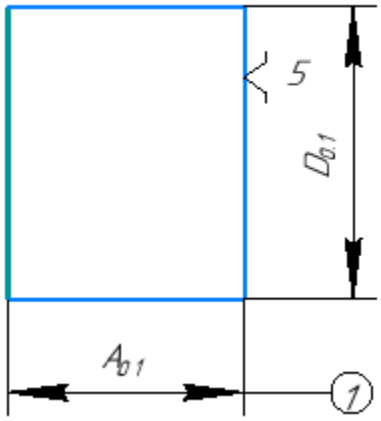
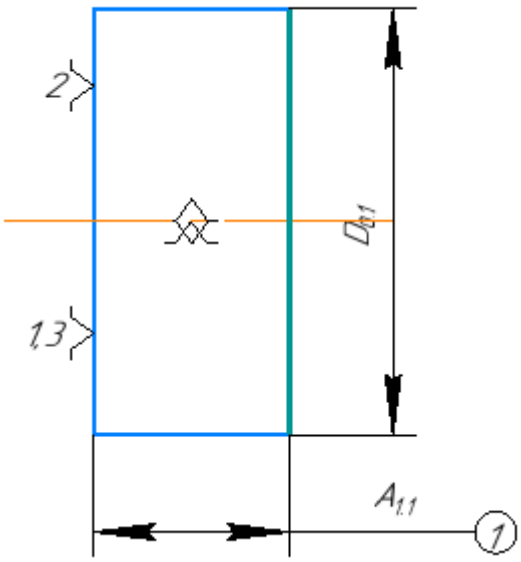
Таким образом, применение проката в качестве заготовки более выгодно. Экономический эффект составит:

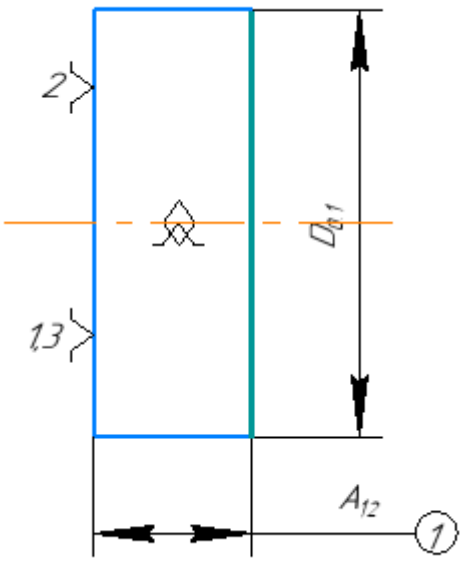
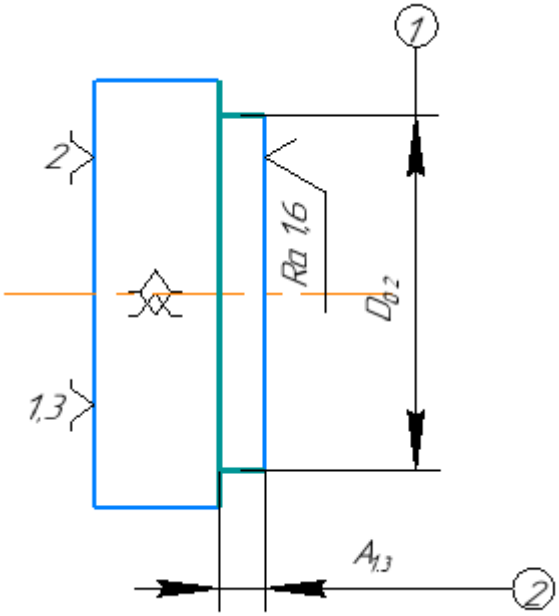
$$Э = (S_{пок} - S_{пр}) \cdot N = (49,3 - 40,8) \cdot 10000 = 85000 \text{ руб.}$$

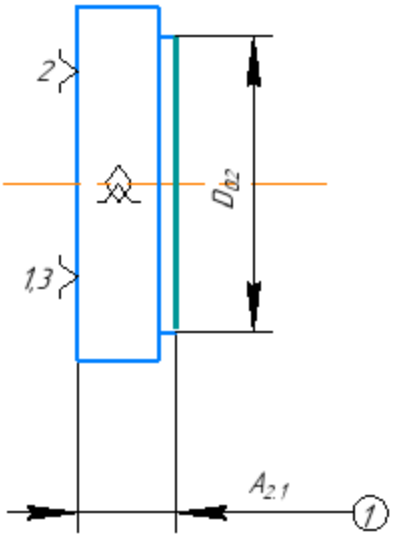
1.6 Маршрут изготовления детали

Маршрутно-операционный технологический процесс представим в виде таблицы 3.

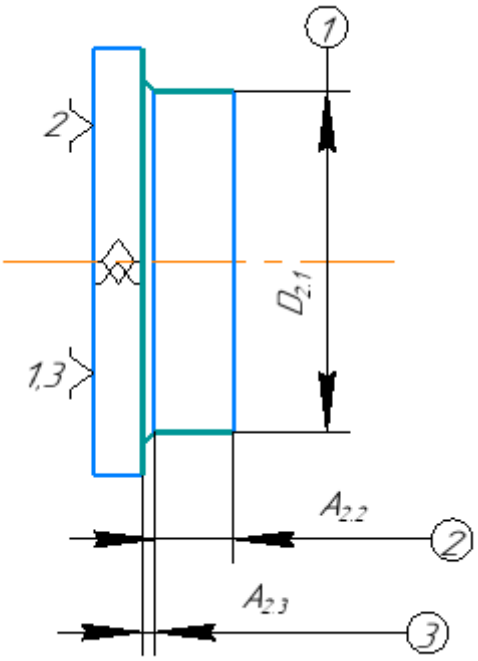
Таблица 3 – Маршрутно-операционный технологический процесс

Номер и наименование операции	Содержание операции
1	2
005 Заготовительная	Отрезать заготовку от прутка $D_{0.1}$, выдерживая размер $A_{0.1}$. 
010 Токарная с ЧПУ	1. Подрезать торец начерно, выдерживая размер $A_{1.1}$.  2. Подрезать торец начисто, выдерживая размер $A_{1.2}$.

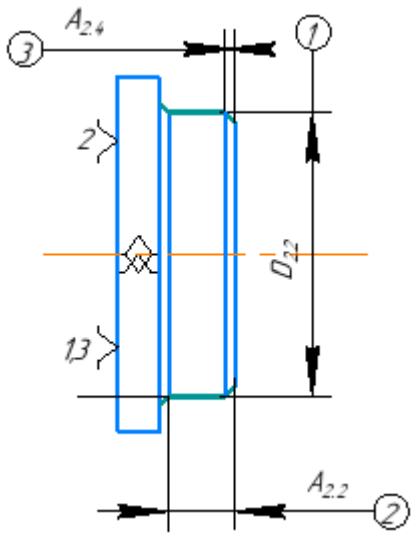
	 3. Точить поверхность, выдерживая размеры $D_{0.2}$; $A_{1.3}$. 
015 Токарная с ЧПУ	1. Подрезать торец, выдерживая размер $A_{2.1.}$



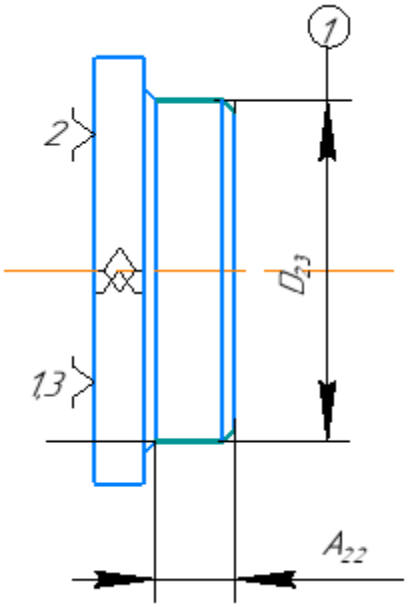
2. Точить поверхности, выдерживая размеры $D_{2.1}$; $A_{2.2}$; $A_{2.3}$.



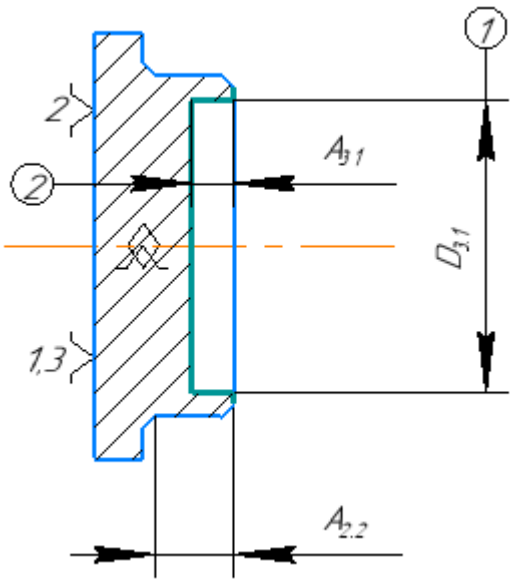
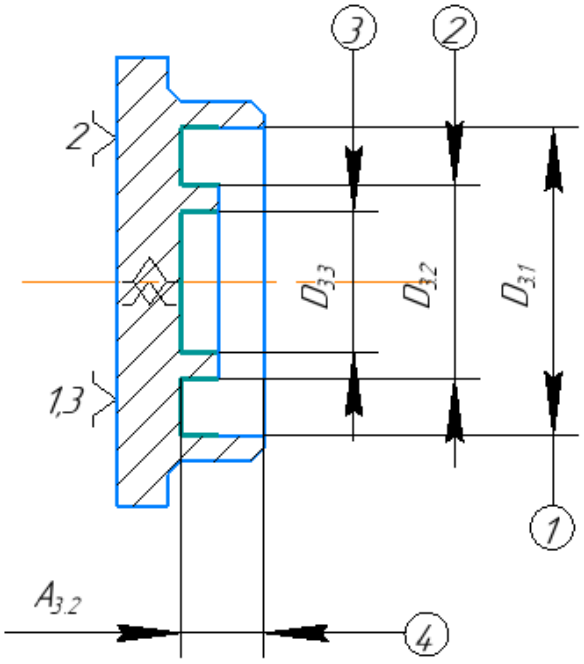
3. Точить поверхность начисто, выдерживая размеры $D_{2.2}$; $A_{2.2}$; $A_{2.4}$.

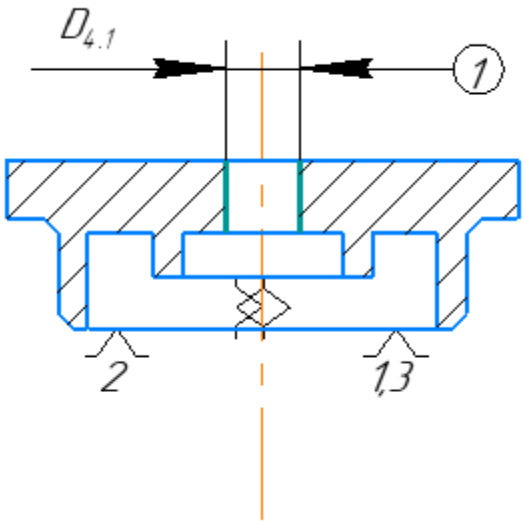


4. Точить поверхность тонко, выдерживая размеры $D_{2.3}$.

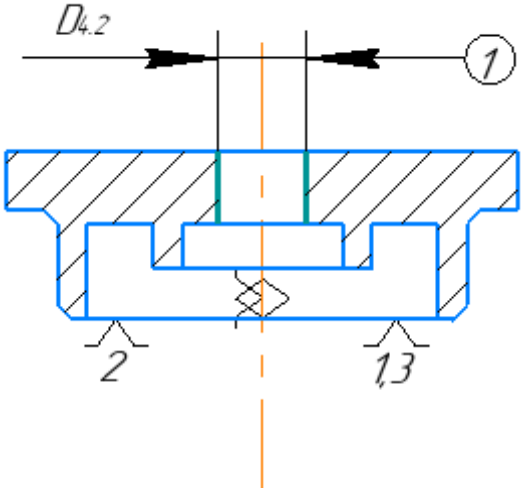


5. Расточить отверстие, выдерживая размеры $D_{3.1}$; $A_{3.1}$.

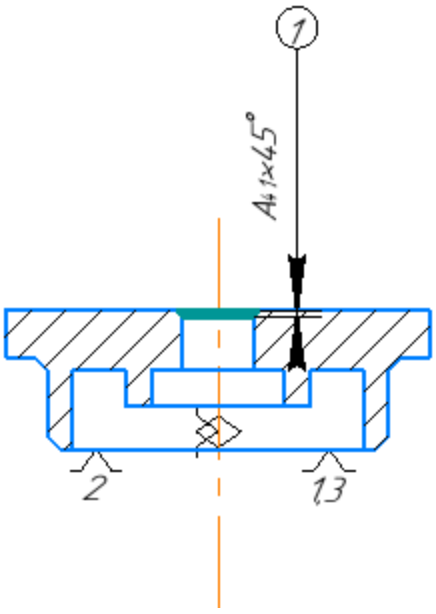
	 6. Расточить отверстия, выдерживая размеры $D_{3.1}$; $D_{3.2}$; $D_{3.3}$; $A_{3.2}$. 
020 Вертикально-сверлильная	1. Сверлить отверстие, выдерживая размер $D_{4.1}$.



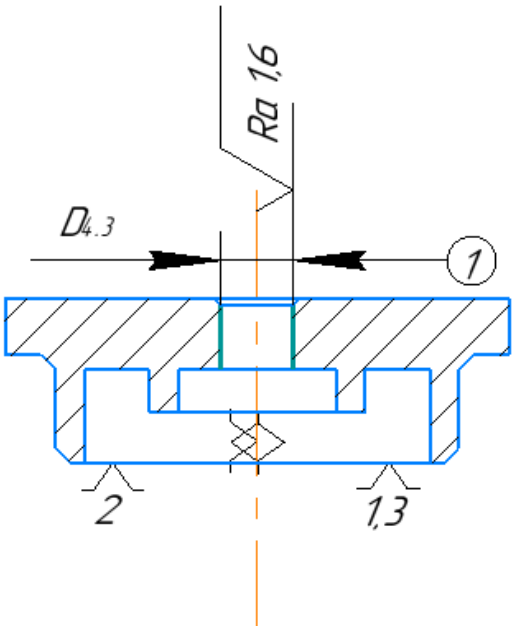
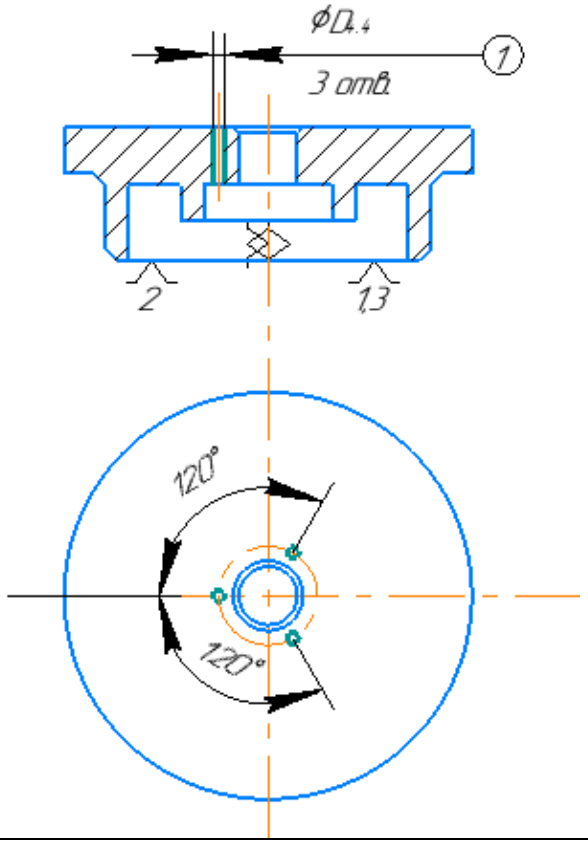
2. Рассверлить отверстие, выдерживая размер $D_{4.2}$.

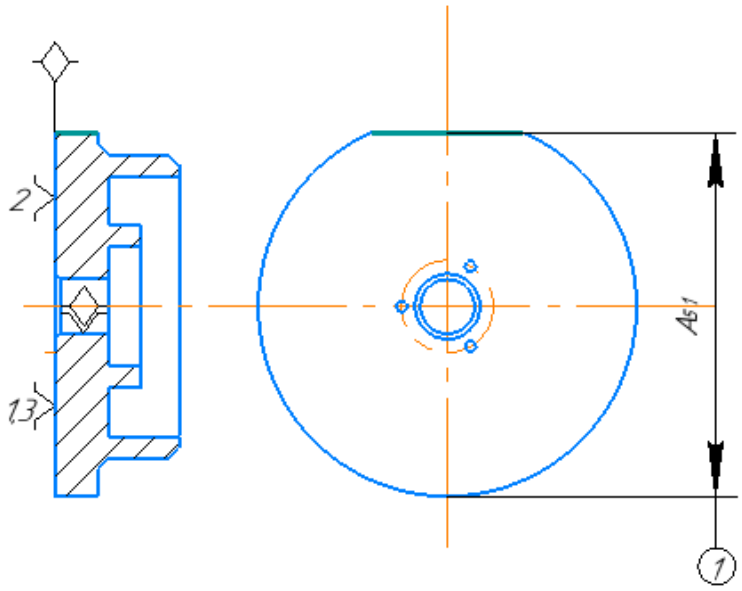


3. Зенковать фаску, выдерживая размер $A_{4.1}$×45º.

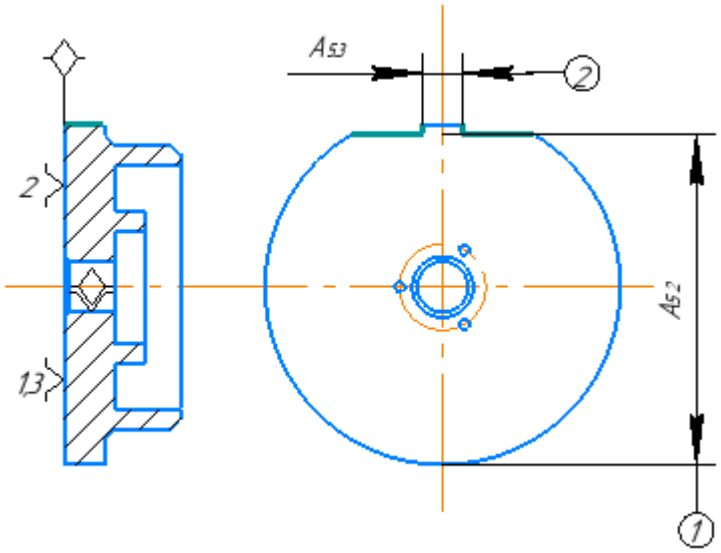


4. Развернуть отверстие, выдерживая размер $D_{4.3}$.

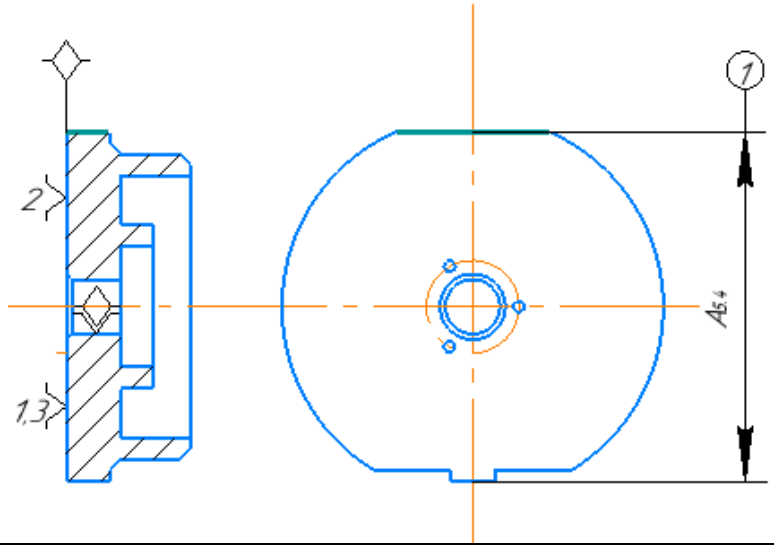
	 5. Сверлить три отверстия, выдерживая размеры $D_{4.4}$; 120º. 
025 Вертикально-фрезерная	1. Фрезеровать лыску, выдерживая размер $A_{5.1}$.

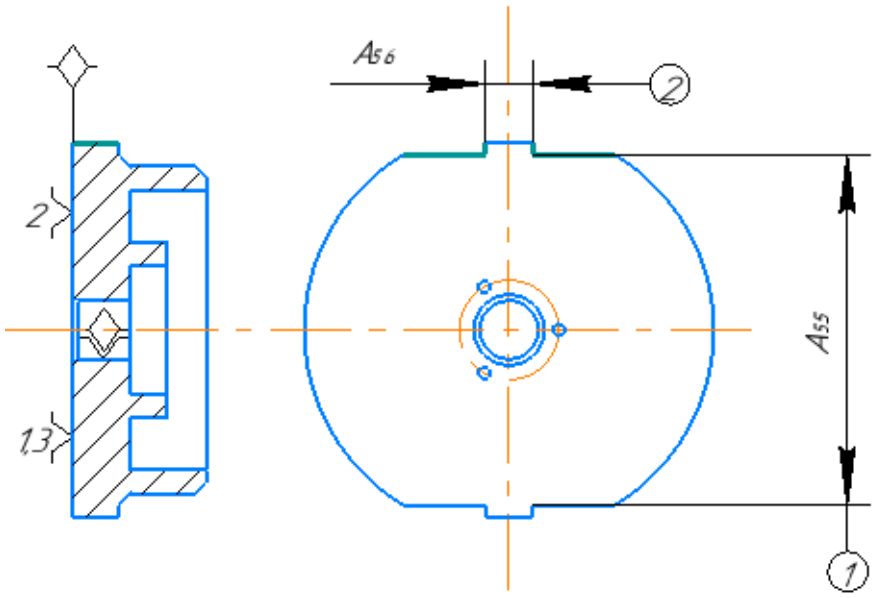
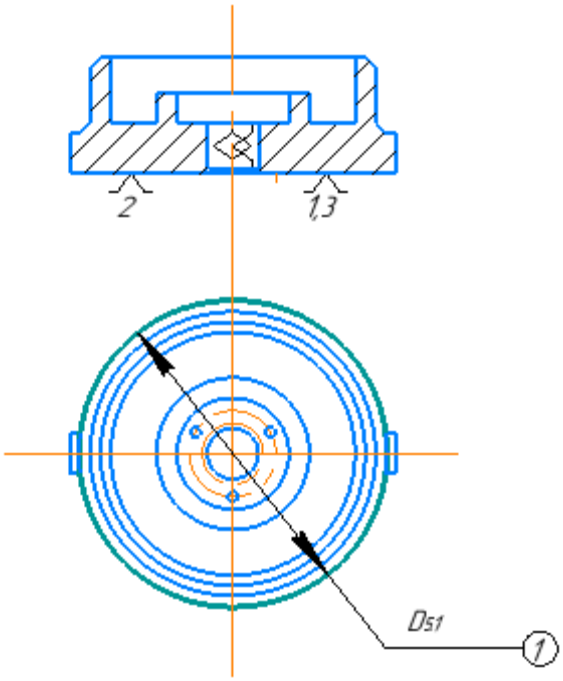


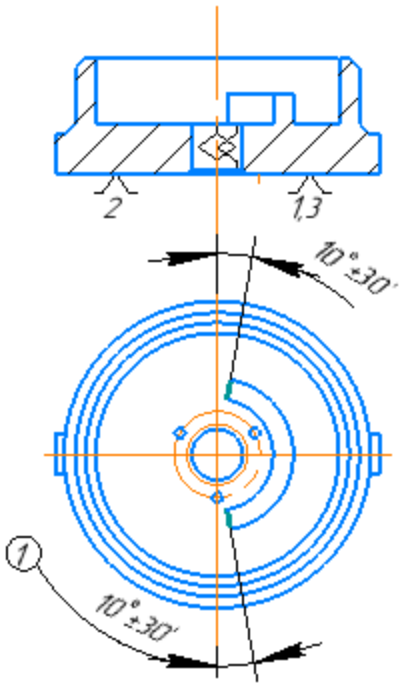
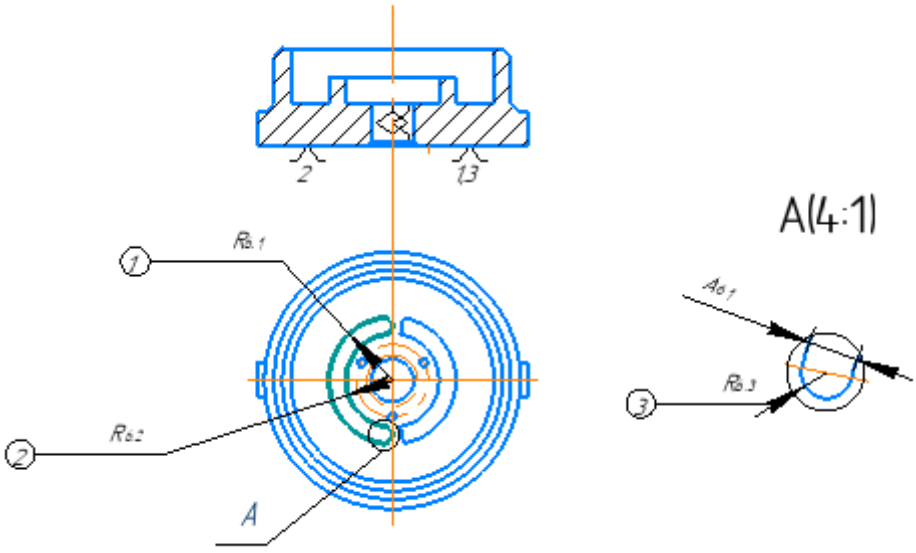
2. Фрезеровать две лыски, выдерживая размеры $A_{5.2}$; $A_{5.3}$. Развернуть заготовку на 180º.



3. Фрезеровать лыску, выдерживая размер $A_{5.4}$.



	4. Фрезеровать две лыски, выдерживая размеры $A_{5.5}$; $A_{5.6}$. 
030 Фрезерная с ЧПУ	1. Фрезеровать контур, выдерживая размер $D_{5.1}$.  2. Фрезеровать выступ, выдерживая углы 10º±30'.

	 3. Фрезеровать контур, выдерживая размеры $R_{6.1}$; $R_{6.2}$; $R_{6.3}$. 
035 Слесарная	Притупить острые кромки, зачистить заусенцы.
040 Моечная	Промыть деталь, просушить.
050 Контрольная	Контролировать размеры и шероховатость поверхностей согласно чертежу.

1.7 Размерный анализ технологического процесса

Расчётная схема изготовления изделия представляет собой совокупность технологических размерных цепей. Замыкающими звеньями в операционных технологических цепях являются припуски на обработку поверхностей и конструкторские размеры, непосредственно взятые с чертежа. Помимо замыкающих звеньев в технологической цепи есть составляющие звенья, которыми являются технологические размеры, получаемые на всех операциях (переходах) обработки изделия.

На основании маршрута изготовления Шайбы поворотной, составляется размерная схема, которая представлена на рисунках 1 и 2, и содержит все осевые технологические размеры, припуски на обработку и конструкторские размеры, проверка которых будет осуществляться по ходу данной работы.

С целью облегчения составления размерных цепей в дальнейшем, на базе расчётной схемы строится граф технологических размерных цепей (рисунок 3).

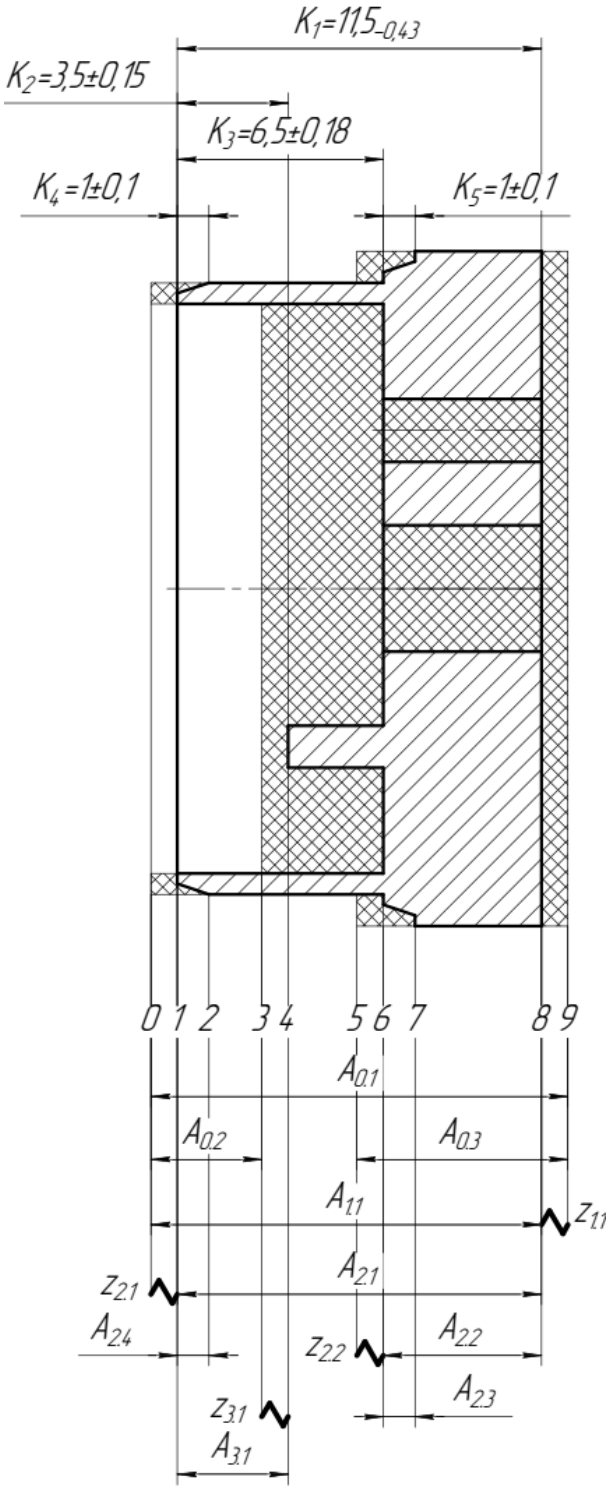


Рисунок 1.2 - Размерная схема технологического процесса изготовления Шайбы поворотной (продольное направление)

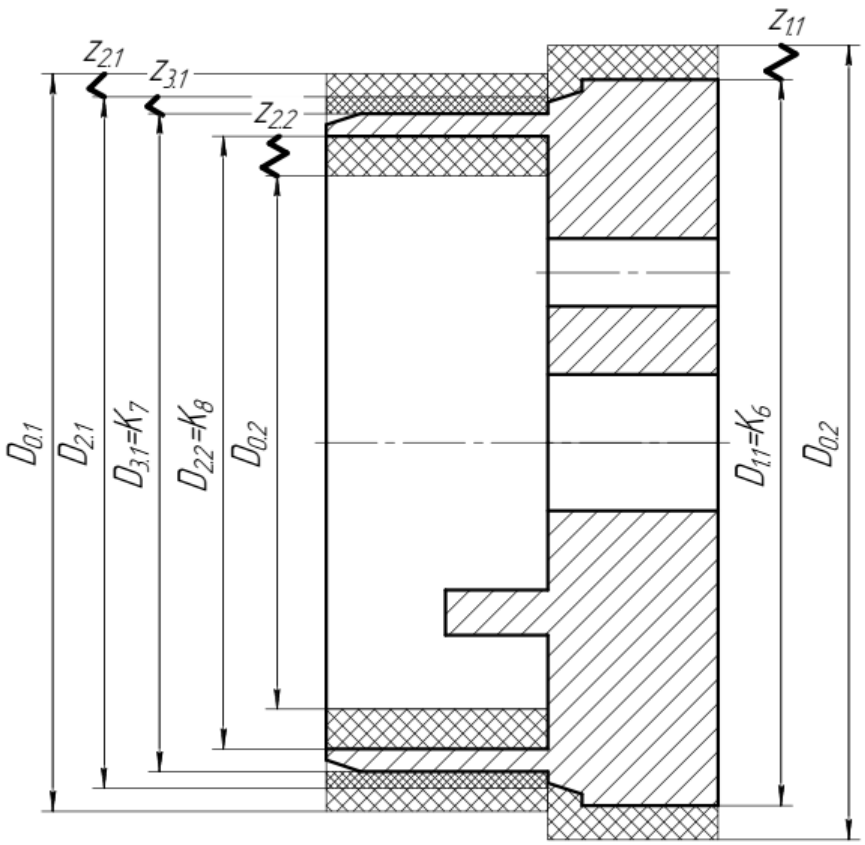


Рисунок 1.3 - Размерная схема технологического процесса изготовления Шайбы поворотной (диаметральное направление)

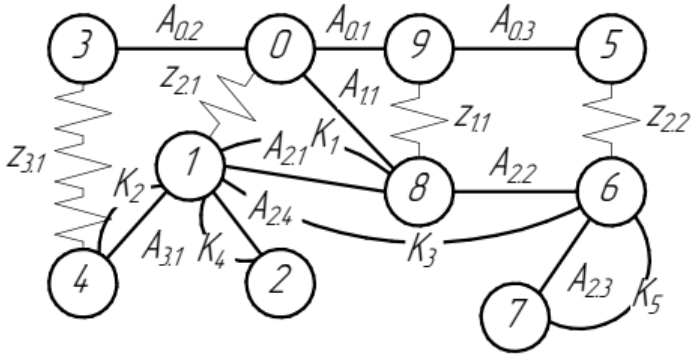


Рисунок 1.4 - Граф технологических размерных цепей

Рассчитаем минимальный припуск на обработку. Как известно минимальный припуск на обработку должен быть таким, чтобы его удаления

было достаточно для обеспечения требуемой точности детали и её заданного качества поверхностного слоя. Таким образом, минимальный припуск на обрабатываемый диаметр определяется по формуле[1, стр. 65]:

$$z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}), \qquad (1.21)$$

где $z_{i\min}$ - минимальный припуск на обработку поверхности вращения, мкм;

Rz_{i-1} - шероховатость с предыдущего перехода, мкм;

h_{i-1} - толщина дефектного поверхностного слоя, сформированного с предыдущего перехода, мкм;

ρ_{i-1} - суммарная погрешность формы, полученная на предшествующем переходе, мкм;

ε_{yi} - погрешность установки заготовки на текущем переходе, мкм.

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{Pi-1}^2 + \rho_{\Phi i-1}^2}, \qquad (1.22)$$

где ρ_{Pi-1}^2 - погрешность расположения обрабатываемой поверхности, возникшая на предыдущем переходе, мкм;

$\rho_{\Phi i-1}^2$ - погрешность формы обрабатываемой поверхности с предыдущего перехода.

Расчёт припуска на обработку плоскости, определяется по формуле[1, стр. 65]:

$$z_{i\min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}, \qquad (1.23)$$

где $\rho_{i-1} = \rho_{Pi-1} + \rho_{\Phi i-1}$.

Расчет припусков на обработку производим по вышеуказанным формулам и сводим их в таблицы 4,5.

Таблица 4 - Расчет продольных припусков на обработку, мкм

	R_z	h	ρ	ε	Z_{min}
$Z_{1.1}$	160	250	200	110	720

$Z_{2.1}$	160	250	200	40	650
$Z_{2.2}$	160	250	200	40	650
$Z_{3.1}$	160	250	200	40	650

Таблица 5 - Расчет радиальных припусков на обработку, мкм

	R_z	h	ρ	ε	Z_{min}
$Z_{1.1}$	160	250	200	110	1440
$Z_{2.1}$	160	250	200	40	1300
$Z_{2.2}$	160	250	200	40	1300

Таблица 6 - Расчет диаметральных припусков на обработку и технологических размеров

Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2z_{min}$, мкм	Рассчитанный размер d_p, мм	Допуск T, мкм	Предельный размер, мм	
	R_Z	h	ρ	ε				d_{min}	d_{max}
Поверхность Ø $62h14_{-0,74}$мм									
1. Прокат	160	250	311	-	-	$64,8_{-1,6}$	1600	63,5	65,1
2. Точение	50	60	100	110	1442($Z_{1.1}$)	$62_{-0,74}$	740	61,26	62
Поверхность Ø $58_{-0,02}$мм									
1. Прокат	160	250	311	-	-	$62,2_{-1,6}$	1600	60,8	62,4
2. Точение	50	60	100	110	1442($Z_{2.1}$)	$59,4_{-0,74}$	740	58,7	59,44
3. Чист. точение	20	30	50	80	640($Z_{3.1}$)	$58_{-0,02}$	20	57,98	58
Поверхность Ø 54H$14^{+0,74}$мм									
1. Прокат	160	250	311	-	-	$51,1^{+1,6}$	1600	50,9	52,5
2. Точение	50	60	100	110	1442($Z_{2.2}$)	$54^{+0,74}$	740	54	54,74

Рассчитаем технологические размеры в продольном направлении.

Допуски размеров исходной заготовки находятся по соответствующим стандартам и справочным материалам: $TA = 1{,}6$ мм.

Допуски размеров, получаемые на операциях механической обработки, определяются с использованием таблиц точности. Допуски на диаметральные размеры могут быть приняты равными статистической погрешности: $TD_i = \omega_{c_i}$

Для черновых операций это соответствует 11 квалитету, для чистовых 10 квалитету. Для размеров, выдерживаемых непосредственно приравниваем допуск к допуску конструкторского размера.

Перечислим конструкторские размеры, которые выдерживаются непосредственно:

$$A_{2.1} = К_1 = 11{,}5_{-0{,}43}$$

$$A_{3.1} = К_2 = 3{,}5 \pm 0{,}15$$

$$A_{2.4} = К_4 = 1 \pm 0{,}1$$

$$A_{2.3} = К_5 = 1 \pm 0{,}1$$

Определим технологический размер $A_{2.2}$:

$$К_1 = К_3 + A_{2.2}$$

$$A_{2.2} = 11{,}5_{-0{,}43} - 6{,}5 \pm 0{,}18 = 5^{+0{,}18}_{-0{,}61}$$

Определим технологический размер $A_{1.1}$:

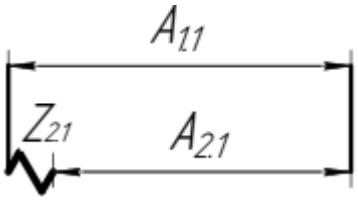


Рисунок 1.5

$$A_{1.1}^{c} = A_{2.1}^{c} + Z_{2.1}^{c}$$

$$Z_{2.1}^{c} = Z_{2.1}^{min} + \frac{TA_{1.1} + TA_{2.1}}{2} = 0{,}65 + \frac{0{,}3 + 0{,}43}{2} = 1{,}01$$

$$A_{1.1}^{c} = 11{,}28 + 1{,}01 = 12{,}29$$

$$A_{1.1} = 12{,}44_{-0{,}3}$$

Определим технологический размер $A_{0.1}$:

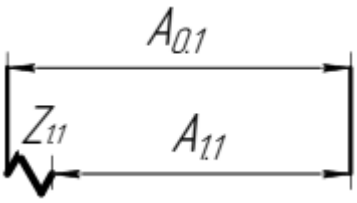


Рисунок 1.6

$$A_{0.1}^{c} = A_{1.1}^{c} + Z_{1.1}^{c}$$

$$Z_{1.1}^{c} = Z_{1.1}^{min} + \frac{TA_{0.1} + TA_{1.1}}{2} = 0{,}72 + \frac{1{,}6 + 0{,}3}{2} = 1{,}67$$

$$A_{0.1}^{c} = 12{,}15 + 1{,}67 = 13{,}82$$

$$A_{0.1} = 14{,}6_{-1{,}6}$$

Определим технологический размер $A_{0.2}$:

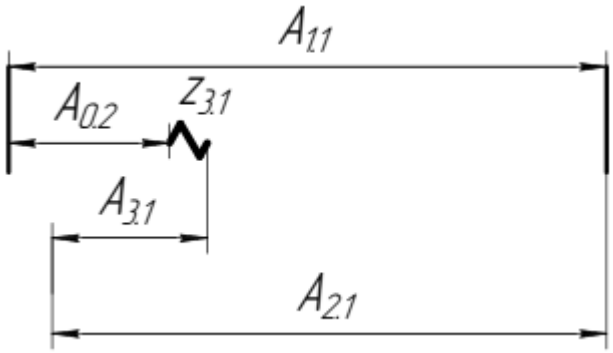


Рисунок 1.7

$$A_{0.2}^{c} = A_{1.1}^{c} + A_{3.1}^{c} - A_{2.1}^{c} - Z_{3.1}^{c}$$

$$Z_{3.1}^{c} = Z_{3.1}^{min} + \frac{TA_{1.1} + TA_{0.2} + TA_{3.1} + TA_{2.1}}{2} = 0{,}65 + \frac{0{,}3 + 1{,}6 + 0{,}3 + 0{,}43}{2} = 1{,}96$$

$$A_{0.2}^{c} = 12{,}15 + 3{,}5 - 11{,}28 - 1{,}96 = 2{,}4$$

$$A_{0.2} = 2{,}4 \pm 0{,}8$$

Определим технологический размер $A_{0.3}$:

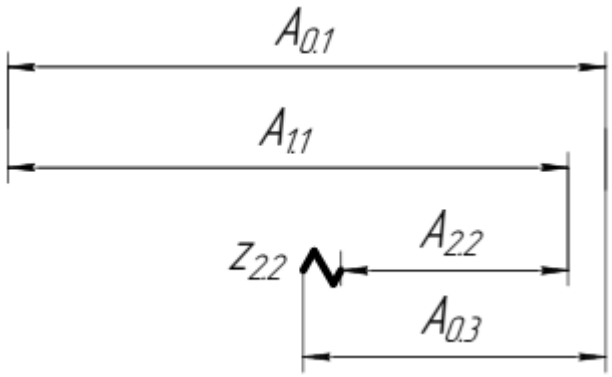


Рисунок 1.8

$$A_{0.3}^{c} = A_{0.1}^{c} + A_{2.2}^{c} + Z_{2.2}^{c} - A_{1.1}^{c}$$

$$Z_{2.2}^{c} = Z_{2.1}^{min} + \frac{TA_{1.1} + TA_{0.1} + TA_{0.3} + TA_{2.2}}{2} = 0{,}65 + \frac{0{,}3 + 1{,}6 + 1{,}6 + 0{,}79}{2} = 2{,}79$$

$$A_{0.3}^{c} = 13{,}7 + 4{,}6 + 2{,}79 - 12{,}15 = 8{,}94$$

$$A_{0.3} = 9{,}74_{-1{,}6}$$

1.8 Выбор средств технологического оснащения

Выбор оборудования (станка) зависит от типа производства среднесерийное и объёма выпуска 10000 шт/год и диаметр детали.

Для заготовительной операции принимаем круглопильный отрезной автомат 8Г663-100. Его характеристики приведены в таблице 6. Общий вид станка показан на рисунке 1.8.

Таблица 6 – Характеристики станка 8Г663-100

Диаметр пилы, мм	800
Диаметр отрезаемой заготовки, мм	80…285
Способ регулирования подачи бабки пильного диска	бесступ
Наибольшая подача бабки пильного диска, мм/мин	800
Скорость отвода бабки пильного диска, м/мин	3,5
Наибольшее перемещение бабки пильного диска, мм	320
Предельные размеры длин отрезаемых заготовок, мм	20…1500
Предельная длина устанавливаемых заготовок, мм	6000
Габаритные размеры станка, мм	2640×2400×1690
Масса, кг	3760

Рисунок 1.9 – Станок 8Г663-100

Для выполнения токарных операций выбираем токарно-револьверный станок с ЧПУ Haas ST-10. Характеристики станка приведены в таблице 7. Общий вид станка показан на рисунке 1.9.

Рисунок 1.9 – Токарно-револьверный станок с ЧПУ Haas ST-10

Таблица 7 – Характеристики станка Haas ST-10

Макс. устанавливаемый диаметр над станиной, мм	419
Макс. устанавливаемый диаметр над кареткой, мм	419
Макс. обрабатываемый диаметра, мм	228
Макс. длина обработки (без патрона), мм	406
Диаметр 3-х кулачкового патрона, мм	165
Макс. диаметр обрабатываемого прутка, мм	44
Диаметр отверстия в шпинделе, мм	58,7
Макс. частота вращения шпинделя, об/мин	6000
Максимальный крутящий момент, Н·м	102
Максимальная мощность шпинделя, кВт	11,2
Макс. осевое усилие, кН	14,7
Макс. скорость холостых подач, м/мин	30,5
Исполнение посадочного гнезда револьвера	VDI40
Количество инструментальных гнезд в револьвере, шт.	12
Макс. количество приводных станций, шт.	6
Макс. скорость вращения приводного инструмента, об/мин	4000
Конус пиноли задней бабки, №	3
Ориентировочная масса станка, кг	3585

Для сверлильной операции выбираем вертикально-сверлильный станок 2Н125. Общий вид станка приведен на рисунке 1.10, его характеристики – в таблице 8.

Таблица 8 – Характеристики станка 2Н125

Наибольший диаметр сверления в стали 45, мм	25
Расстояние от торца шпинделя до стола, мм	60…700
Расстояние от торца шпинделя до плиты, мм	690…1060
Размеры рабочей поверхности стола, мм	400×450
Число Т-образных пазов	3
Наибольшее вертикальное перемещение стола (ось Z), мм	270
Частота вращения шпинделя, об/мин	45…2000
Количество скоростей шпинделя	12
Наибольший допустимый крутящий момент, Н·м	250
Число ступеней рабочих подач	9
Пределы вертикальных рабочих подач, мм/об	0,1…1,6
Наибольшая допустимая сила подачи, кН	9
Электродвигатель привода главного движения, кВт	2,2
Масса станка, кг	880

Рисунок 1.10 – Общий вид станка 2Н125

Для вертикально-фрезерной операции выбираем вертикально-фрезерный станок 6Р12. Общий вид станка приведен на рисунке 1.11, его характеристики – в таблице 9.

Таблица 9 – Характеристики станка 6Р12

Размеры поверхности стола, мм	1250×320
Наибольшая масса обрабатываемой детали, кг	250
Расстояние от торца шпинделя до стола, мм	30…450
Пределы продольных подач стола (X), мм/мин	12,5…1600
Пределы поперечных подач стола (Y), мм/мин	12,5…1600
Пределы вертикальных подач стола (Z), мм/мин	4,1…530
Количество подач продольных/ поперечных/ вертикальных	22
Частота вращения шпинделя, об/мин	40…2000
Количество скоростей шпинделя	18
Электродвигатель привода главного движения, кВт	7,5
Масса станка, кг	3120

Рисунок 1.11 – Общий вид станка 6Р13

Для фрезерной обработки с ЧПУ выбираем вертикально-фрезерный центр Haas CM-1. Общий вид станка приведен на рисунке 1.12, его характеристики – в таблице 10.

Рисунок 1.12 – Вертикально-фрезерный центр Haas CM-1

Таблица 10 – Характеристики станка Haas CM-1

Макс. перемещение по оси X, мм	305
Макс. перемещение по оси Y, мм	254
Макс. перемещение по оси Z, мм	305
Максимальное расстояние от стола до торца шпинделя, мм	387,4
Минимальное расстояние от стола до торца шпинделя, мм	82,6
Длина стола, мм	508
Ширина стола, мм	254
Макс. нагрузка на стол (равном. распределенная), кг	68
Ширина Т-образных пазов, мм	11,13
Расстояние между Т-образными пазами, мм	85,73
Максимальная частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$	30000
Макс. мощность шпинделя, кВт	3,7
Макс. крутящий момент, Н·м	10,8
Макс. осевое усилие, кН	5,1
Кол-во позиций в автоматическом сменщике инструмента, шт	20
Макс. диаметр инструмента (при занятых соседних позициях), мм	58
Масса, кг	955

1.9 Расчет режимов резания

Приведённые ниже данные по назначению режимов резания разработаны с использованием официальных изданий по режиму резания инструмента из быстрорежущей стали и из твердого сплава.

1. Глубина резания;
2. Подача;
3. Скорость резания;
4. Число оборотов;
5. Главная составляющая силы резания;
6. Мощность резания;
7. Проверка по мощности;

Произведем расчет режимов резания для операции 010.

Операция 010. Токарная с ЧПУ(переход 1)

Оборудование: Токарно-револьверный станок с ЧПУ Haas ST-10.

Приспособление: Трехкулачковый гидравлический самоцентрирующийся патрон.

Режущий инструмент: Резец подрезной ГОСТ 18880-73, пл. Т15К6.

Обрабатываемый материал: Сталь 45 ГОСТ 1050-2013.

Содержание операции: Подрезать торец начерно, выдерживая размер $14_{-0,18}$.

1.Глубина резания: t = 2 мм.

2.Подача S = 0,6 мм/об [2, стр. 266, табл. 11].

3.Скорость резания:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V,$$

где C_V = 350; x = 0,15; y = 0,35; m = 0,2 [2, стр. 269, табл. 17];

T – стойкость резца, принимаем $T = 45$ мин;

K_V – поправочный коэффициент,

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания,

$$K_{MV} = K_г \cdot \left(\frac{750}{\sigma_в} \right)^{n_V},$$

где $K_г$ – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости, $K_г = 1{,}0$;

n_V – показатель степени, $n_V = 1{,}0$ [2, стр. 262, табл. 2];

$\sigma_в$ – предел прочности стали 45, $\sigma_в = 600$ МПа;

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1{,}25;$$

$K_{ПV}$ – коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания, $K_{ПV} = 0{,}9$ [2, стр. 263, табл. 5];

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания, $K_{ИV} = 1{,}0$ [2, стр. 263, табл. 6];

$$K_V = 1{,}25 \cdot 0{,}9 \cdot 1 = 1{,}125;$$

$$V = \frac{350}{45^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0{,}6^{0,35}} \cdot 1{,}125 = 198 \text{ м/мин}.$$

4.Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 198}{3{,}14 \cdot 70} = 900 \text{ мин}^{-1}.$$

5.Главная составляющая силы резания:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

где $C_p = 300$, $x = 1{,}0$, $y = 0{,}75$, $n = -0{,}15$ [2, стр. 274, табл. 22].

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp},$$

где $$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_в}{750} \right)^n ,$$

где n – показатель степени, $n = 0,75$ [2, стр. 264, табл. 9];

$$K_{Mp} = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85;$$

Значения коэффициентов [2, стр. 275, табл. 23]:

$$K_{\varphi p} = 1,08; \quad K_{\gamma p} = 1,0; \quad K_{\lambda p} = 1,0; \quad K_{rp} = 0,93.$$

$$K_p = 0,85 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,85.$$

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 198^{-0,15} \cdot 0,85 = 1565,2 \text{ Н}.$$

6.Мощность резания:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1565,2 \cdot 198}{1020 \cdot 60} = 5,06 \text{ кВт}.$$

7.Мощность привода главного движения:

$$N = \frac{N}{\eta} = \frac{5,06}{0,75} = 6,75 \text{ кВт}.$$

Операция 010. Токарная с ЧПУ(переход 2)

Оборудование: Токарно-револьверный станок с ЧПУ Haas ST-10.

Приспособление: Трехкулачковый гидравлический самоцентрирующийся патрон.

Режущий инструмент: Резец подрезной ГОСТ 18880-73, пл. Т15К6.

Обрабатываемый материал: Сталь 45 ГОСТ 1050-2013

Содержание операции: Подрезать торец начисто, выдерживая размер $13,5_{-0,18}$.

1. Глубина резания: $t = 0,5$ мм.

2.Подача $S = 0,08$ мм/об [2, стр. 268, табл. 14].

3.Скорость резания:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V,$$

где $C_V = 420$; $x = 0{,}15$; $y = 0{,}2$; $m = 0{,}2$ [2, стр. 269, табл. 17];

T – стойкость резца, принимаем $T = 60$ мин;

K_V – поправочный коэффициент,

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания

$$K_{MV} = K_г \cdot \left(\frac{750}{\sigma_в} \right)^{n_V},$$

где $K_г$ – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости, $K_г = 1{,}0$;

n_V – показатель степени, $n_V = 1{,}0$ [2, стр. 262, табл. 2];

$\sigma_в$ – предел прочности стали 45, $\sigma_в = 600$ МПа;

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1{,}25;$$

$K_{ПV}$ – коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания, $K_{ПV} = 1{,}0$ [2, стр. 263, табл. 5];

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания, $K_{ИV} = 1{,}0$ [2, стр. 263, табл. 6];

$$K_V = 1{,}25 \cdot 1 \cdot 1 = 1{,}25;$$

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0{,}5^{0,15} \cdot 0{,}08^{0,2}} \cdot 1{,}25 = 425 \text{ м/мин}.$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 425}{3{,}14 \cdot 70} = 1940 \text{ мин}^{-1}.$$

5.Главная составляющая силы резания:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

где $C_p = 300$, $x = 1{,}0$, $y = 0{,}75$, $n = -0{,}15$ [2, стр. 274, табл. 22].

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp},$$

где $$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_в}{750} \right)^n,$$

где n – показатель степени, $n = 0{,}75$ [2, стр. 264, табл. 9];

$$K_{Mp} = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0{,}85;$$

Значения коэффициентов [2, стр. 275, табл. 23]:

$K_{\varphi p} = 1{,}08; \quad K_{\gamma p} = 1{,}0; \quad K_{\lambda p} = 1{,}0; \quad K_{rp} = 0{,}93.$

$$K_p = 0{,}85 \cdot 1{,}08 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}93 = 0{,}85.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0{,}5^1 \cdot 0{,}08^{0,75} \cdot 425^{-0,15} \cdot 0{,}85 = 76{,}5 \text{ Н}.$$

6.Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{76{,}5 \cdot 425}{1020 \cdot 60} = 0{,}53 \text{ кВт}$$

7.Мощность привода главного движения:

$$N = \frac{N}{\eta} = \frac{0{,}53}{0{,}75} = 0{,}7 \text{ кВт}.$$

Операция 010. Токарная с ЧПУ(переход 3)

Оборудование: Токарно-револьверный станок с ЧПУ Haas ST-10.

Приспособление: Трехкулачковый гидравлический самоцентрирующийся патрон.

Режущий инструмент: Резец проходной ГОСТ 18879-73, пл. Т15К6.

Обрабатываемый материал: Сталь 45 ГОСТ 1050-2013.

Содержание операции: Точить поверхность, выдерживая размеры $Ø65_{-0,74}$; $5{,}5^{+0,5}$.

1.Глубина резания:

$$t = \frac{D_0 - D}{2},$$

где D_0 – диаметр заготовки, D_0 = 70 мм;

D – диаметр обрабатываемой поверхности, D = 65 мм;

$$t = \frac{70 - 65}{2} = 2{,}5 \text{ мм}.$$

2.Подача S = 0,6 мм/об [2, стр. 266, табл. 11].

3.Скорость резания:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V,$$

где C_V = 350; x = 0,15; y = 0,35; m = 0,2 [2, стр. 269, табл. 17];

T – стойкость резца, принимаем T = 45 мин;

K_V – поправочный коэффициент, K_V = 1,125;

$$V = \frac{350}{45^{0,2} \cdot 2{,}5^{0,15} \cdot 0{,}6^{0,35}} \cdot 1{,}125 = 192 \text{ м/мин}.$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 192}{3{,}14 \cdot 65} = 940 \text{ мин}^{-1}.$$

5.Главная составляющая силы резания:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

где C_p = 300, x = 1,0, y = 0,75, n = -0,15 [2, стр. 274, табл. 22].

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp},$$

где

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_в}{750} \right)^n,$$

где n – показатель степени, n = 0,75 [2, стр. 264, табл. 9];

$$K_{Mp} = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0{,}85;$$

Значения коэффициентов [2, стр. 275, табл. 23]:

$$K_{\varphi p} = 1{,}08; \quad K_{\gamma p} = 1{,}0; \quad K_{\lambda p} = 1{,}0; \quad K_{rp} = 0{,}93.$$

$$K_p = 0,85 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,85.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,5^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 192^{-0,15} \cdot 0,85 = 1950,75 \text{ Н}.$$

6.Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1950,75 \cdot 192}{1020 \cdot 60} = 6,12 \text{ кВт}.$$

7.Мощность привода главного движения:

$$N = \frac{N}{\eta} = \frac{6,12}{0,75} = 8,16 \text{ кВт}.$$

Произведем расчет режимов резания для операции 015.

Операция 015. Токарная с ЧПУ(переход 1)

Оборудование: Токарно-револьверный станок с ЧПУ Haas ST-10.

Приспособление: Трехкулачковый гидравлический самоцентрирующийся патрон.

Режущий инструмент: Резец подрезной ГОСТ 18880-73, пл. Т15К6.

Обрабатываемый материал: Сталь 45 ГОСТ 1050-2013.

Содержание операции: Подрезать торец, выдерживая размер $11,5_{-0,43}$.

1. Глубина резания: t = 2 мм.

2.Подача S = 0,6 мм/об [2, стр. 268, табл. 14].

3.Скорость резания:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V,$$

где C_V = 350; x = 0,15; y = 0,35; m = 0,2 [2, стр. 269, табл. 17];

T – стойкость резца, принимаем T = 45 мин;

K_V – поправочный коэффициент,

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{\text{П}V} \cdot K_{\text{И}V},$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания,

$$K_{MV} = K_{\text{г}} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_{\text{в}}} \right)^{n_V},$$

где $K_{\text{г}}$ – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости, $K_{\text{г}} = 1{,}0$;

n_V – показатель степени, $n_V = 1{,}0$ [2, стр. 262, табл. 2];

$\sigma_{\text{в}}$ – предел прочности стали 45, $\sigma_{\text{в}} = 600$ МПа;

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^{1} = 1{,}25;$$

$K_{\text{ПV}}$ – коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания, $K_{\text{ПV}} = 0{,}9$ [2, стр. 263, табл. 5];

$K_{\text{ИV}}$ – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания, $K_{\text{ИV}} = 1{,}0$ [2, стр. 263, табл. 6];

$$K_V = 1{,}25 \cdot 0{,}9 \cdot 1 = 1{,}125;$$

$$V = \frac{350}{45^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0{,}6^{0,35}} \cdot 1{,}125 = 198 \text{ м/мин}.$$

4.Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 198}{3{,}14 \cdot 70} = 900 \text{ мин}^{-1}.$$

5.Главная составляющая силы резания:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

где $C_p = 300$, $x = 1{,}0$, $y = 0{,}75$, $n = -0{,}15$ [2, стр. 274, табл. 22].

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp},$$

где $$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_{\text{в}}}{750} \right)^{n},$$

где n – показатель степени, $n = 0{,}75$ [2, стр. 264, табл. 9];

$$K_{Mp} = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0{,}85;$$

Значения коэффициентов [2, стр. 275, табл. 23]:

$$K_{\varphi p} = 1,08; \quad K_{\gamma p} = 1,0; \quad K_{\lambda p} = 1,0; \quad K_{rp} = 0,93.$$

$$K_p = 0,85 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,85.$$

$$\mathrm{P_z} = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 198^{-0,15} \cdot 0,85 = 1573 \text{ Н}.$$

6.Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1573 \cdot 198}{1020 \cdot 60} = 5,09 \text{ кВт}.$$

7.Мощность привода главного движения:

$$N = \frac{N}{\eta} = \frac{5,09}{0,75} = 6,78 \text{ кВт}.$$

Операция 015. Токарная с ЧПУ(переход 2)

Оборудование: Токарно-револьверный станок с ЧПУ Haas ST-10.

Приспособление: Трехкулачковый гидравлический самоцентрирующийся патрон.

Режущий инструмент: Резец проходной ГОСТ 18879-73, пл. Т15К6;.

Обрабатываемый материал: Сталь 45 ГОСТ 1050-2013.

Содержание операции: Точить поверхности, выдерживая размеры $Ø60_{-0,74}$; 6,5±0,18; 7,5±0,18; 45º.

1.Глубина резания:

$$t = \frac{D_0 - D}{2},$$

где D_0 – диаметр заготовки, D_0 = 65 мм;

D – диаметр обрабатываемой поверхности, D = 60 мм;

$$\mathrm{t} = \frac{65 - 60}{2} = 2,5 \text{ мм}.$$

2.Подача S = 0,6 мм/об [2, стр. 268, табл. 14].

3.Скорость резания:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V,$$

где $C_V = 350$; $x = 0{,}15$; $y = 0{,}35$; $m = 0{,}2$ [2, стр. 269, табл. 17];

T – стойкость резца, принимаем $T = 45$ мин;

K_V – поправочный коэффициент,

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания,

$$K_{MV} = K_г \cdot \left(\frac{750}{\sigma_в}\right)^{n_V},$$

где $K_г$ – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости, $K_г = 1{,}0$;

n_V – показатель степени, $n_V = 1{,}0$ [2, стр. 262, табл. 2];

$\sigma_в$ – предел прочности стали 45, $\sigma_в = 600$ МПа;

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600}\right)^1 = 1{,}25;$$

$K_{ПV}$ – коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания, $K_{ПV} = 0{,}9$ [2, стр. 263, табл. 5];

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания, $K_{ИV} = 1{,}0$ [2, стр. 263, табл. 6];

$$K_V = 1{,}25 \cdot 0{,}9 \cdot 1 = 1{,}125;$$

$$V = \frac{350}{45^{0,2} \cdot 2{,}5^{0,15} \cdot 0{,}6^{0,35}} \cdot 1{,}25 = 192 \text{ м/мин}.$$

4.Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 192}{3{,}14 \cdot 70} = 874 \text{ мин}^{-1}.$$

5.Главная составляющая силы резания:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

где $C_p = 300$, $x = 1{,}0$, $y = 0{,}75$, $n = -0{,}15$ [2, стр. 274, табл. 22].

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp},$$

где $$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_в}{750} \right)^n,$$

где n – показатель степени, $n = 0{,}75$ [2, стр. 264, табл. 9];

$$K_{Mp} = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0{,}85;$$

Значения коэффициентов [2, стр. 275, табл. 23]:

$K_{\varphi p} = 1{,}08; \quad K_{\gamma p} = 1{,}0; \quad K_{\lambda p} = 1{,}0; \quad K_{rp} = 0{,}93.$

$$K_p = 0{,}85 \cdot 1{,}08 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}93 = 0{,}85.$$

$$\mathrm{P_z} = 10 \cdot 300 \cdot 2{,}5^1 \cdot 0{,}6^{0,75} \cdot 192^{-0,15} \cdot 0{,}85 = 1975 \text{ Н}.$$

6.Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1975 \cdot 192}{1020 \cdot 60} = 6{,}2 \text{ кВт}$$

7.Мощность привода главного движения:

$$N = \frac{N}{\eta} = \frac{6{,}2}{0{,}75} = 8{,}16 \text{ кВт}.$$

Операция 015. Токарная с ЧПУ(переход 3)

Оборудование: Токарно-револьверный станок с ЧПУ Haas ST-10.

Приспособление: Трехкулачковый гидравлический самоцентрирующийся патрон.

Режущий инструмент: Резец проходной ГОСТ 18879-73, пл. Т15К6.

Обрабатываемый материал: Сталь 45 ГОСТ 1050-2013.

Содержание операции: Точить поверхность начисто, выдерживая размеры Ø58,2$_{-0,074}$; 6,5±0,18; 1,15×45º.

1. Глубина резания: t = 0,9 мм.

$$t = \frac{D_0 - D}{2},$$

где D_0 – диаметр заготовки, D_0 = 65 мм;

D – диаметр обрабатываемой поверхности, D = 60 мм;

$$t = \frac{60 - 58{,}2}{2} = 0{,}9 \text{ мм}$$

2.Подача S = 0,2 мм/об [2, стр. 268, табл. 14].

3.Скорость резания:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V,$$

где C_V = 420; x = 0,15; y = 0,2; m = 0,2 [2, стр. 269, табл. 17];

T – стойкость резца, принимаем T = 60 мин;

K_V – поправочный коэффициент,

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания,

$$K_{MV} = K_г \cdot \left(\frac{750}{\sigma_в}\right)^{n_V},$$

где $K_г$ – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости, $K_г$ = 1,0;

n_V – показатель степени, n_V = 1,0 [2, стр. 262, табл. 2];

$\sigma_в$ – предел прочности стали 45, $\sigma_в$ = 600 МПа;

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600}\right)^1 = 1{,}25;$$

$K_{ПV}$ – коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания, $K_{ПV}$ = 0,9 [2, стр. 263, табл. 5];

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания, $K_{ИV}$ = 1,0 [2, стр. 263, табл. 6];

$$K_V = 1{,}25 \cdot 0{,}9 \cdot 1 = 1{,}125;$$

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0{,}9^{0,15} \cdot 0{,}2^{0,2}} \cdot 1{,}25 = 324 \text{ м/мин}.$$

4.Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 324}{3{,}14 \cdot 60} = 1720 \text{ мин}^{-1}.$$

5.Главная составляющая силы резания:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

где C_p = 300, x = 1,0, y = 0,75, n = -0,15 [2, стр. 274, табл. 22].

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp},$$

где $$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_в}{750} \right)^n,$$

где n – показатель степени, n = 0,75 [2, стр. 264, табл. 9];

$$K_{Mp} = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0{,}85;$$

Значения коэффициентов [2, стр. 275, табл. 23]:

$K_{фр}$ = 0,89; $K_{ур}$ = 1,0; $K_{\lambda p}$ = 1,0; K_{rp} = 0,93.

$$K_p = 0{,}85 \cdot 1{,}08 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}93 = 0{,}85.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0{,}9^1 \cdot 0{,}2^{0,75} \cdot 324^{-0,15} \cdot 0{,}95 = 288 \text{ Н}.$$

6.Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{288 \cdot 324}{1020 \cdot 60} = 1{,}52 \text{ кВт}.$$

7.Мощность привода главного движения:

$$N = \frac{N}{\eta} = \frac{1{,}52}{0{,}75} = 2{,}02 \text{ кВт}.$$

Операция 015. Токарная с ЧПУ(переход 4)

Оборудование: Токарно-револьверный станок с ЧПУ Haas ST-10.

Приспособление: Трехкулачковый гидравлический самоцентрирующийся патрон.

Режущий инструмент: Резец проходной ГОСТ 18879-73, пл. Т15К6.

Обрабатываемый материал: Сталь 45 ГОСТ 1050-2013.

Содержание операции: Точить поверхность тонко, выдерживая размеры $Ø58_{-0,02}$; 6,5±0,18.

1.Глубина резания:

$$t = \frac{D_0 - D}{2},$$

где D_0 – диаметр заготовки, D_0 = 58,2 мм;

D – диаметр обрабатываемой поверхности, D = 58 мм;

$$\mathrm{t} = \frac{58{,}2 - 58}{2} = 0{,}1 \text{ мм}.$$

2.Подача S = 0,1 мм/об [2, стр. 268, табл. 14].

3.Скорость резания:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V,$$

где C_V = 420; x = 0,15; y = 0,2; m = 0,2 [2, стр. 269, табл. 17];

T – стойкость резца, принимаем T = 60 мин;

K_V – поправочный коэффициент,

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{\text{ПV}} \cdot K_{\text{ИV}},$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания,

$$K_{MV} = K_{\text{г}} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_{\text{в}}} \right)^{n_V},$$

где $K_{\text{г}}$ – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости, $K_{\text{г}}$ = 1,0;

n_V – показатель степени, n_V = 1,0 [2, стр. 262, табл. 2];

$\sigma_в$ – предел прочности стали 45, $\sigma_в$ = 600 МПа;

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600}\right)^1 = 1,25;$$

$K_{ПV}$ – коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания, $K_{ПV}$ = 0,9 [2, стр. 263, табл. 5];

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания, $K_{ИV}$ = 1,0 [2, стр. 263, табл. 6];

$$K_V = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,125;$$

$$V = \frac{450}{60^{0,20} \cdot 0,1^{0,15} \cdot 0,1^{0,20}} \cdot 1,25 = 518 \text{ м/мин.}$$

4.Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 518}{3,14 \cdot 58,2} = 2835 \text{ мин}^{-1}.$$

5.Главная составляющая силы резания:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

где C_p = 300, x = 1,0, y = 0,75, n = -0,15 [2, стр. 274, табл. 22].

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp},$$

где $$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_в}{750}\right)^n,$$

где n – показатель степени, n = 0,75 [2, стр. 264, табл. 9];

$$K_{Mp} = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,85;$$

Значения коэффициентов [2, стр. 275, табл. 23]:

$K_{\varphi p}$ = 0,89; $K_{\gamma p}$ = 1,0; $K_{\lambda p}$ = 1,0; K_{rp} = 0,93.

$$K_p = 0,85 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,85.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,1^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 518^{-0,15} \cdot 0,85 = 18 \text{ Н.}$$

6.Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{18 \cdot 518}{1020 \cdot 60} = 0{,}15 \text{ кВт}$$

7.Мощность привода главного движения:

$$N = \frac{N}{\eta} = \frac{0{,}15}{0{,}75} = 0{,}2 \text{ кВт.}$$

Операция 015. Токарная с ЧПУ(переход 5)

Оборудование: Токарно-револьверный станок с ЧПУ Haas ST-10.

Приспособление: Трехкулачковый гидравлический самоцентрирующийся патрон.

Режущий инструмент: Резец расточной ГОСТ 18883-73, пл. Т15К6.

Обрабатываемый материал: Сталь 45 ГОСТ 1050-2013.

Содержание операции: Расточить отверстие, выдерживая размеры $Ø54^{+0,74}$; 3,5±0,15

1.Глубина резания:

$$t = \frac{D_0 - D}{2},$$

где D_0 – диаметр заготовки, D_0 = 58 мм;

D – диаметр обрабатываемой поверхности, D = 54 мм;

$$\text{t} = \frac{58 - 54}{2} = 2 \text{ мм.}$$

2.Подача S = 0,2 мм/об [2, стр. 267, табл. 12].

3.Скорость резания:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot 0{,}9 \cdot K_V,$$

где C_V = 420; x = 0,15; y = 0,2; m = 0,2 [2, стр. 269, табл. 17];

T – стойкость резца, принимаем T = 60 мин;

K_V – поправочный коэффициент,

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания,

$$K_{MV} = K_г \cdot \left(\frac{750}{\sigma_в} \right)^{n_V},$$

где $K_г$ – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости, $K_г = 1{,}0$;

n_V – показатель степени, $n_V = 1{,}0$ [2, стр. 262, табл. 2];

$\sigma_в$ – предел прочности стали 45, $\sigma_в = 600$ МПа;

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1{,}25;$$

$K_{ПV}$ – коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания, $K_{ПV} = 0{,}9$ [2, стр. 263, табл. 5];

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания, $K_{ИV} = 1{,}0$ [2, стр. 263, табл. 6];

$$K_V = 1{,}25 \cdot 0{,}9 \cdot 1 = 1{,}125;$$

$$V = \frac{450}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0{,}2^{0,2}} \cdot 0{,}9 \cdot 1{,}125 = 259 \text{ м/мин}.$$

4.Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 259}{3{,}14 \cdot 58} = 1422 \text{ мин}^{-1}.$$

5.Главная составляющая силы резания:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

где $C_p = 300$, $x = 1{,}0$, $y = 0{,}75$, $n = -0{,}15$ [2, стр. 274, табл. 22].

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp},$$

где

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_в}{750} \right)^n,$$

где n – показатель степени, $n = 0{,}75$ [2, стр. 264, табл. 9];

$$K_{Mp} = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,85;$$

Значения коэффициентов [2, стр. 275, табл. 23]:

$K_{\phi p} = 0,89$; $K_{yp} = 1,1$; $K_{\lambda p} = 1,0$; $K_{rp} = 0,93$.

$$K_p = 0,85 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,85.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 259^{-0,15} \cdot 0,85 = 663 \text{ Н}.$$

6.Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{663 \cdot 259}{1020 \cdot 60} = 2,81 \text{ кВт}$$

7.Мощность привода главного движения:

$$N = \frac{N}{\eta} = \frac{2,81}{0,75} = 3,8 \text{ кВт}.$$

Операция 015. Токарная с ЧПУ(переход 6)

Оборудование: Токарно-револьверный станок с ЧПУ Haas ST-10.

Приспособление: Трехкулачковый гидравлический самоцентрирующийся патрон.

Режущий инструмент: Резец расточной ГОСТ 18883-73, пл. Т15К6.

Обрабатываемый материал: Сталь 45 ГОСТ 1050-2013.

Содержание операции: Расточить отверстия, выдерживая размеры $Ø54^{+0,74}$; $Ø34_{-0,25}$; $Ø26^{+0,21}$; 6,5±0,18.

1.Глубина резания: $t = 3,5$ мм.

2.Подача $S = 0,1$ мм/об [2, стр. 271, табл. 19].

3.Скорость резания:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot 0,9 \cdot K_V,$$

где $C_V = 420$; $x = 0,15$; $y = 0,20$; $m = 0,20$ [2, стр. 269, табл. 17];

T – стойкость резца, принимаем $T = 60$ мин;

K_V – поправочный коэффициент,

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания,

$$K_{MV} = K_г \cdot \left(\frac{750}{\sigma_в} \right)^{n_V},$$

где $K_г$ – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости, $K_г = 1{,}0$;

n_V – показатель степени, $n_V = 1{,}0$ [2, стр. 262, табл. 2];

$\sigma_в$ – предел прочности стали 45, $\sigma_в = 600$ МПа;

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1{,}25;$$

$K_{ПV}$ – коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания, $K_{ПV} = 1{,}0$ [2, стр. 263, табл. 5];

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания, $K_{ИV} = 1{,}0$ [2, стр. 263, табл. 6];

$$K_V = 1{,}25 \cdot 0{,}9 \cdot 1 = 1{,}125;$$

$$V = \frac{450}{60^{0,2} \cdot 3{,}5^{0,15} \cdot 0{,}1^{0,2}} \cdot 0{,}9 \cdot 1{,}125 = 274 \text{ м/мин}.$$

4.Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 274}{3{,}14 \cdot 61} = 1431 \text{ мин}^{-1}.$$

5.Главная составляющая силы резания:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

где $C_p = 300$, $x = 1{,}0$, $y = 0{,}75$, $n = -0{,}15$ [2, стр. 274, табл. 22].

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp},$$

где

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_в}{750} \right)^n,$$

где n – показатель степени, n = 0,75 [2, стр. 264, табл. 9];

$$K_{Mp} = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,85;$$

Значения коэффициентов [2, стр. 275, табл. 23]:

$K_{\phi p}$ = 1,0; K_{yp} = 1,0; $K_{\lambda p}$ = 1,0; K_{rp} = 0,93.

$$K_p = 0,85 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,85.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3,5^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 274^{-0,15} \cdot 0,85 = 684 \text{ Н}.$$

6.Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{684 \cdot 274}{1020 \cdot 60} = 3,06 \text{ кВт}$$

7.Мощность привода главного движения:

$$N = \frac{N}{\eta} = \frac{3,06}{0,75} = 4,08 \text{ кВт}.$$

Произведем расчет режимов резания для операции 020.

Операция 020. Вертикально-сверлильная(переход 1)

Оборудование: Вертикально-сверлильный станок 2Н125

Приспособление: Трехкулачковый самоцентрирующийся патрон.

Режущий инструмент: Сверло ГОСТ 10903-77.

Обрабатываемый материал: Сталь 45 ГОСТ 1050-2013.

Содержание операции: Сверлить отверстие, выдерживая размер $Ø10^{+0,15}$.

1. Глубина резания: t = 5 мм.

$$t = \frac{D}{2},$$

где D – диаметр обрабатываемой поверхности, D = 10 мм;

$$t = \frac{10}{2} = 5 \text{ мм}.$$

2.Подача S = 0,2 мм/об [2, стр. 277, табл. 25].

3.Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} \cdot K_v,$$

где C_V = 7,0; q = 0,4; y = 0,7; m = 0,2 [2, стр. 278, табл. 27];

T – стойкость сверла, принимаем T = 25 мин;

K_V – поправочный коэффициент,

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ИV} \cdot K_{lv},$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания,

$$K_{MV} = K_г \cdot \left(\frac{750}{\sigma_в} \right)^{n_V},$$

где $K_г$ – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости, $K_г$ = 1,0;

n_V – показатель степени, n_V = 1,0 [2, стр. 262, табл. 2];

$\sigma_в$ – предел прочности стали 45, $\sigma_в$ = 600 МПа;

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25;$$

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания, $K_{ИV}$ = 1,0 [2, стр. 263, табл. 5];

K_{lv} – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания, K_{lv} = 1,0 [2, стр. 280, табл. 31];

$$K_V = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,125;$$

$$V = \frac{7 \cdot 10^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,2^{0,7}} \cdot 1,125 = 32 \text{ м/мин}.$$

4.Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 32}{3,14 \cdot 10} = 1019 \text{ мин}^{-1}.$$

5.Определение крутящего момента:

$$\mathrm{M_{кр}} = 10\mathrm{C_M}D^q S^y K_p,$$

где C_M = 0,0345; q = 2,0; y = 0,8 [2, стр. 281, табл. 32].

Коэффициент $\mathrm{K_р}$:

$$\mathrm{K_р} = \mathrm{K_{мр}},$$

где $$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_в}{750}\right)^n,$$

где n – показатель степени, n = 0,75 [2, стр. 264, табл. 9];

$$K_{Mp} = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,85;$$

Крутящий момент:

$$\mathrm{M_{кр}} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 10^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 0,85 = 8 \text{ Н}.$$

6.Мощность резания:

$$N_e = \frac{M_{мр} \cdot n}{9750} = \frac{8 \cdot 1092}{9750} = 0,84 \text{ кВт}.$$

7.Мощность привода главного движения:

$$N = \frac{N}{\eta} = \frac{0,84}{0,75} = 1,2 \text{ кВт}.$$

Операция 020. Вертикально-сверлильная(переход 2)

Оборудование: Вертикально-сверлильный станок 2Н125

Приспособление: Трехкулачковый самоцентрирующийся патрон.

Режущий инструмент: Сверло ГОСТ 10903-77.

Обрабатываемый материал: Сталь 45 ГОСТ 1050-2013.

Содержание операции: Рассверлить отверстие, выдерживая размер Ø$11,9^{+0,027}$.

1. Глубина резания: t = 0,95 мм.

2.Подача S = 0,5 мм/об [2, стр. 277, табл. 25].

3.Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v,$$

где $C_V = 16{,}2$; $q = 0{,}4$; $y = 0{,}5$; $m = 0{,}2$; $x = 0{,}2$ [2, стр. 279, табл. 29];

T – стойкость сверла, принимаем $T = 45$ мин;

K_V – поправочный коэффициент,

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ИV} \cdot K_{lv},$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания,

$$K_{MV} = K_г \cdot \left(\frac{750}{\sigma_в}\right)^{n_V},$$

где $K_г$ – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости, $K_г = 1{,}0$;

n_V – показатель степени, $n_V = 1{,}0$ [2, стр. 262, табл. 2];

$\sigma_в$ – предел прочности стали 45, $\sigma_в = 600$ МПа;

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600}\right)^1 = 1{,}25;$$

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания, $K_{ИV} = 0{,}9$ [2, стр. 263, табл. 5];

K_{lv} – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания, $K_{lv} = 1{,}0$ [2, стр. 280, табл. 31];

$$K_V = 1{,}25 \cdot 0{,}9 \cdot 1 = 1{,}125;$$

$$V = \frac{16{,}2 \cdot 11{,}9^{0{,}4}}{45^{0{,}2} \cdot 0{,}95^{0{,}2} \cdot 0{,}5^{0{,}5}} \cdot 1{,}125 = 33 \text{ м/мин}.$$

4.Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 33}{3{,}14 \cdot 11{,}9} = 883 \text{ мин}^{-1}.$$

5.Определение крутящего момента:

$$\text{М}_{кр} = 10 \text{C}_\text{М} D^q t^x S^y K_p,$$

где $C_M = 0{,}09$; $q = 1{,}0$; $y = 0{,}8$; $x = 0{,}9$ [2, стр. 281, табл. 32].

Коэффициент $K_р$:

$$K_р = K_{мр},$$

где $$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_в}{750}\right)^n,$$

где n – показатель степени, n = 0,75 [2, стр. 264, табл. 9];

$$K_{Mp} = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,85;$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,09 \cdot 10^1 \cdot 0,95^{0,9} \cdot 0,5^{0,8} \cdot 0,85 = 5 \text{ Н}.$$

6.Мощность резания:

$$N_e = \frac{M_{мр} \cdot n}{9750} = \frac{5 \cdot 883}{9750} = 0,45 \text{ кВт}.$$

7.Мощность привода главного движения:

$$N = \frac{N}{\eta} = \frac{0,45}{0,75} = 0,6 \text{ кВт}.$$

Операция 020. Вертикально-сверлильная(переход 3)

Оборудование: Вертикально-сверлильный станок 2Н125

Приспособление: Трехкулачковый самоцентрирующийся патрон.

Режущий инструмент: Зенковка ГОСТ 14953-80.

Обрабатываемый материал: Сталь 45 ГОСТ 1050-2013.

Содержание операции: Зенковать фаску, выдерживая размер $0,5^{+0,1} \times 45^{o}$.

1. Глубина резания: t = 0,5 мм.

2.Подача S = 0,28 мм/об [2, стр. 277, табл. 26].

3.Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v,$$

где C_V = 18,0; q = 0,6; y = 0,3; m = 0,25; x = 0,2 [2, стр. 279, табл. 29];

T – стойкость зенкера, принимаем T = 30 мин;

K_V – поправочный коэффициент,

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ИV} \cdot K_{lv},$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания,

$$K_{MV} = K_г \cdot \left(\frac{750}{\sigma_в} \right)^{n_V},$$

где $K_г$ – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости, $K_г$ = 1,0;

n_V – показатель степени, n_V = 1,0 [2, стр. 262, табл. 2];

$\sigma_в$ – предел прочности стали 45, $\sigma_в$ = 600 МПа;

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25;$$

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания, $K_{ИV}$ =0,9 [2, стр. 263, табл. 5];

K_{lv} – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания, K_{lv} = 1,00 [2, стр. 280, табл. 31];

$$K_V = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,125;$$

$$V = 20,2 \text{ м/мин}.$$

4.Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 20,2}{3,14 \cdot 12} = 500 \text{ мин}^{-1}.$$

5.Определение крутящего момента:

$$М_{кр} = 10 С_М D^q t^x S^y K_p,$$

где C_M = 0,09; q = 1,0; y = 0,8; x = 0,9 [2, стр. 281, табл. 32].

Коэффициент $К_р$:

$$К_р = К_{мр},$$

где

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_в}{750} \right)^n,$$

где n – показатель степени, n = 0,75 [2, стр. 264, табл. 9];

$$K_{Mp} = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,85;$$

Крутящий момент:

$$\text{М}_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,09 \cdot 12^{1} \cdot 0,5^{0,9} \cdot 0,28^{0,8} \cdot 0,85 = 1,6 \text{ Н}.$$

6.Мощность резания:

$$N_e = \frac{M_{\text{мр}} \cdot n}{9750} = \frac{1,6 \cdot 500}{9750} = 0,08 \text{ кВт}.$$

7.Мощность привода главного движения:

$$N = \frac{N}{\eta} = \frac{0,08}{0,75} = 0,1 \text{ кВт}.$$

Операция 020. Вертикально-сверлильная(переход 4)

Оборудование: Вертикально-сверлильный станок 2Н125

Приспособление: Трехкулачковый самоцентрирующийся патрон.

Режущий инструмент: Развертка ГОСТ 1672-80;.

Обрабатываемый материал: Сталь 45 ГОСТ 1050-2013.

Содержание операции: Развернуть отверстие, выдерживая размер $Ø12^{+0,018}$.

1. Глубина резания: t = 0,05 мм.

2.Подача S = 0,4 мм/об [2, стр. 277, табл. 26].

3.Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v,$$

где C_V = 10,5; q = 0,3; y = 0,65; m = 0,4; x = 0,2 [2, стр. 279, табл. 29];

T – стойкость зенкера, принимаем T = 40 мин;

K_V – поправочный коэффициент,

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{\text{ИV}} \cdot K_{\text{lv}},$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания,

$$K_{MV} = K_{\text{г}} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_{\text{в}}} \right)^{n_V},$$

где $K_{\text{г}}$ – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости, $K_{\text{г}} = 1{,}0$;

n_V – показатель степени, $n_V = 1{,}0$ [2, стр. 262, табл. 2];

$\sigma_{\text{в}}$ – предел прочности стали 45, $\sigma_{\text{в}} = 600$ МПа;

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^{1} = 1{,}25;$$

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания, $K_{ИV} = 0{,}9$ [2, стр. 263, табл. 5];

K_{lv} – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания, $K_{\text{lv}} = 1{,}0$ [2, стр. 280, табл. 31];

$$K_V = 1{,}25 \cdot 1{,}08 \cdot 1 = 1{,}125;$$

$$V = \frac{10{,}5 \cdot 12^{0,3}}{40^{0,4} \cdot 0{,}05^{0,2} \cdot 0{,}4^{0,5}} \cdot 1{,}125 = 19 \text{ м/мин}.$$

4.Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 19}{3{,}14 \cdot 12} = 504 \text{ мин}^{-1}.$$

5.Определение крутящего момента:

$$\text{М}_{\text{кр}} = \frac{\text{C}_{\text{p}} t^{x} S_z^{y} Dz}{2 \cdot 100},$$

где $C_P = 300$; $n = -0{,}15$; $y = 0{,}75$; $x = 1$ [2, стр. 273, табл. 22].

Коэффициент $\text{К}_{\text{р}}$:

$$\text{К}_{\text{р}} = \text{К}_{\text{мр}},$$

где

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_{\text{в}}}{750} \right)^{n},$$

где n – показатель степени, $n = 0{,}75$ [2, стр. 264, табл. 9];

$$K_{Mp} = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,85;$$

Крутящий момент:

$$\mathrm{M_{кр}} = \frac{300 \cdot 0,05^{1} \cdot 0,06^{0,75} \cdot 12 \cdot 6}{2 \cdot 100} = 4\ H.$$

6.Мощность резания:

$$N_e = \frac{M_{\text{мр}} \cdot n}{9750} = \frac{4 \cdot 504}{9750} = 0,21\text{кВт}.$$

7.Мощность привода главного движения:

$$N = \frac{N}{\eta} = \frac{0,21}{0,75} = 0,28\ \text{кВт}.$$

Операция 020. Вертикально-сверлильная(переход 5)

Оборудование: Вертикально-сверлильный станок 2Н125

Приспособление: Трехкулачковый самоцентрирующийся патрон.

Режущий инструмент: Сверло ГОСТ 10903-77.

Обрабатываемый материал: Сталь 45 ГОСТ 1050-2013.

Содержание операции: Сверлить три отверстия, выдерживая размеры Ø$3,2^{+0,3}$; Ø17±0,1; 120º.

1. Глубина резания: t = 1,6 мм.

2.Подача S = 0,1 мм/об [2, стр. 277, табл. 25].

3.Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} \cdot K_v,$$

где C_V = 7,0; q = 0,4; y = 0,7; m = 0,2 [2, стр. 278, табл. 27];

T – стойкость сверла, принимаем T = 25 мин;

K_V – поправочный коэффициент,

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{\text{И}V} \cdot K_{\text{lv}},$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания,

$$K_{MV} = K_{\text{г}} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_{\text{в}}} \right)^{n_V},$$

где $K_{\text{г}}$ – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости, $K_{\text{г}} = 1{,}0$;

n_V – показатель степени, $n_V = 1{,}0$ [2, стр. 262, табл. 2];

$\sigma_{\text{в}}$ – предел прочности стали 45, $\sigma_{\text{в}} = 600$ МПа;

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^{1} = 1{,}25;$$

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания, $K_{ИV} = 0{,}9$ [2, стр. 263, табл. 5];

K_{lv} – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания, $K_{\text{lv}} = 1{,}0$ [2, стр. 280, табл. 31];

$$K_V = 1{,}25 \cdot 1{,}08 \cdot 1{,}0 = 1{,}125;$$

$$V = \frac{7 \cdot 3{,}2^{0{,}4}}{25^{0{,}2} \cdot 0{,}1^{0{,}7}} \cdot 1{,}125 = 33 \text{ м/мин}.$$

4.Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 33}{3{,}14 \cdot 3{,}2} = 3284 \text{ мин}^{-1}.$$

5.Определение крутящего момента:

$$\text{М}_{\text{кр}} = 10 \text{С}_{\text{М}} D^{q} S^{y} K_{p},$$

где $C_M = 0{,}0345$; $q = 2{,}0$; $y = 0{,}8$ [2, стр. 281, табл. 32].

Коэффициент $\text{К}_{\text{р}}$:

$$\text{К}_{\text{р}} = \text{К}_{\text{мр}},$$

где

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_{\text{в}}}{750} \right)^{n},$$

где n – показатель степени, $n = 0{,}75$ [2, стр. 264, табл. 9];

$$K_{Mp} = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,85;$$

Крутящий момент:

$$\mathrm{M_{кр}} = 10 \cdot 0{,}0345 \cdot 3{,}2^2 \cdot 0{,}1^{0,8} \cdot 0{,}85 = 0{,}5 \text{ Н}.$$

6.Мощность резания:

$$N_e = \frac{M_{\text{мр}} \cdot n}{9750} = \frac{0{,}5 \cdot 3284}{9750} = 0{,}17 \text{ кВт}.$$

7.Мощность привода главного движения:

$$N = \frac{N}{\eta} = \frac{0{,}17}{0{,}75} = 0{,}22 \text{ кВт}.$$

Произведем расчет режимов резания для операции 025.

Операция 025. Вертикально-фрезерная(переход 1)

Оборудование: Вертикально-фрезерный станок 6Р12.

Приспособление: Специальное приспособление.

Режущий инструмент: Фреза R217.53-2020.3S-09-2A.

Обрабатываемый материал: Сталь 45 ГОСТ 1050-2013.

Содержание операции: Фрезеровать лыску, выдерживая размер $67_{-0,25}$.

1. Глубина резания: t = 0,5 мм.

2.Подача S = 0,4 мм/об [2, стр. 283, табл. 34].

3.Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v,$$

где B – ширина фрезерования, принимаем B = 7,5 мм;

z – число зубьев фрезы, для торцевой фрезы принимаем z = 5;

D – диаметр фрезы, принимаем D = 20 мм;

C_V = 234; q = 0,44; x = 0,24; y = 0,26; u = 0,1; p = 0,13; m = 0,37 [2, стр. 287, табл. 39];

T – стойкость сверла, принимаем T = 90 мин;

K_V – поправочный коэффициент,

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ИV} \cdot K_{ПV},$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания,

$$K_{MV} = K_г \cdot \left(\frac{750}{\sigma_в} \right)^{n_V},$$

где $K_г$ – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости, $K_г$ = 1,0;

n_V – показатель степени, n_V = 1,0 [2, стр. 262, табл. 2];

$\sigma_в$ – предел прочности стали 45, $\sigma_в$ = 600 МПа;

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25;$$

$K_{ПV}$ – коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания, $K_{ПV}$ = 0,9 [2, стр. 263, табл. 5];

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания, $K_{ИV}$ = 1,0 [2, стр. 280, табл. 31];

$$K_V = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,125;$$

Скорость резания:

$$V = \frac{234 \cdot 20^{0,4}}{90^{0,37} \cdot 0,5^{0,24} \cdot 0,08^{0,26} \cdot 7,5^{0,1} \cdot 5^{0,13}} \cdot 1,125 = 31,4 \text{ м/мин}.$$

4.Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 31,4}{3,14 \cdot 20} = 500 \text{ мин}^{-1}.$$

5. Главная составляющая силы резания:

$$P_z = \frac{10\mathrm{C_p} t^x S_z^y B^n z}{D^q n^w} K_{\text{мр}},$$

где C_p = 68,2; x = 0,86; y = 0,72; u = 1,0; q = 0,86; w = 0 [2, стр. 291, табл. 41].

Коэффициент $\mathrm{K_p}$:

$$\mathrm{K_p} = \mathrm{K_{мр}},$$

где $$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_{\text{в}}}{750}\right)^n,$$

где n – показатель степени, n = 0,3 [2, стр. 264, табл. 9];

$$\mathrm{K_{Mp}} = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,3} = 0,935;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 0,5^{0,86} \cdot 0,08^{0,72} \cdot 7,5^1 \cdot 5}{20^{0,86} \cdot 500^{0,2}} \cdot 0,935 = 162,6 \text{ Н}.$$

6.Определение крутящего момента:

$$\mathrm{M_{кр}} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100},$$

Крутящий момент:

$$\mathrm{M_{кр}} = \frac{162,6 \cdot 20}{2 \cdot 100} = 16,26 \text{ Н}.$$

7.Мощность резания:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{162,6 \cdot 31,4}{1020 \cdot 60} = 0,03 \text{ кВт}.$$

Операция 025. Вертикально-фрезерная(переход 2)

Оборудование: Вертикально-фрезерный станок 6Р12.

Приспособление: Специальное приспособление.

Режущий инструмент: Фреза R217.53-2020.3S-09-2A.

Обрабатываемый материал: Сталь 45 ГОСТ 1050-2013.

Содержание операции: Фрезеровать две лыски, выдерживая размеры $66_{-0,25}$; $4_{-0,3}$. Развернуть заготовку на 180º.

1. Глубина резания: t = 1,1 мм.

2.Подача S = 0,4 мм/об [2, стр. 283, табл. 34].

3.Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v,$$

где B – ширина фрезерования, принимаем B = 7,5 мм;

z – число зубьев фрезы, для торцевой фрезы принимаем z = 5;

D – диаметр фрезы, принимаем D = 20 мм;

C_V = 234; q = 0,44; x = 0,24; y = 0,26; u = 0,1; p = 0,13; m = 0,37 [2, стр. 287, табл. 39];

T – стойкость сверла, принимаем T = 90 мин;

K_V – поправочный коэффициент,

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ИV} \cdot K_{ПV},$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания,

$$K_{MV} = K_г \cdot \left(\frac{750}{\sigma_в} \right)^{n_V},$$

где $K_г$ – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости, $K_г$ = 1,0;

n_V – показатель степени, n_V = 1,0 [2, стр. 262, табл. 2];

$\sigma_в$ – предел прочности стали 45, $\sigma_в$ = 600 МПа;

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25;$$

$K_{ПV}$ – коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания, $K_{ПV}$ = 0,9 [2, стр. 263, табл. 5];

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания, $K_{ИV}$ = 1,0 [2, стр. 280, табл. 31];

$$K_V = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,125;$$

Скорость резания:

$$V = \frac{234 \cdot 20^{0,4}}{90^{0,37} \cdot 1,1^{0,24} \cdot 0,15^{0,26} \cdot 7,5^{0,1} \cdot 5^{0,13}} \cdot 1,125 = 31,4 \text{ м/мин.}$$

4.Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 31,4}{3,14 \cdot 20} = 500 \text{ мин}^{-1}.$$

5. Главная составляющая силы резания:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^n z}{D^q n^w} K_{мр},$$

где $C_p = 68,2$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $u = 1,0$; $q = 0,86$; $w = 0$ [2, стр. 291, табл. 41].

Коэффициент $К_р$:

$$К_р = К_{мр},$$

где

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_в}{750} \right)^n,$$

где n – показатель степени, $n = 0,3$ [2, стр. 264, табл. 9];

$$К_{Мр} = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,3} = 0,935;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 1,1^{0,86} \cdot 0,08^{0,72} \cdot 7,5^1 \cdot 5}{20^{0,86} \cdot 500^{0,2}} \cdot 0,935 = 162,6 \text{ Н.}$$

6.Определение крутящего момента:

$$М_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100},$$

Крутящий момент:

$$М_{кр} = \frac{162,6 \cdot 20}{2 \cdot 100} = 16,26 \text{ Н.}$$

7.Мощность резания:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{162,6 \cdot 31,4}{1020 \cdot 60} = 0,03 \text{ кВт.}$$

Операция 025. Вертикально-фрезерная(переход 3)

Оборудование: Вертикально-фрезерный станок 6Р12.

Приспособление: Специальное приспособление.

Режущий инструмент: Фреза R217.53-2020.3S-09-2A.

Обрабатываемый материал: Сталь 45 ГОСТ 1050-2013.

Содержание операции: Фрезеровать лыску, выдерживая размер 64.

1. Глубина резания: t = 0,5 мм.

2.Подача S = 0,4 мм/об [2, стр. 283, табл. 34].

3.Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v,$$

где B – ширина фрезерования, принимаем B = 7,5 мм;

z – число зубьев фрезы, для торцевой фрезы принимаем z = 5;

D – диаметр фрезы, принимаем D = 20 мм;

C_V = 234; q = 0,44; x = 0,24; y = 0,26; u = 0,1; p = 0,13; m = 0,37 [2, стр. 287, табл. 39];

T – стойкость сверла, принимаем T = 90 мин;

K_V – поправочный коэффициент,

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ИV} \cdot K_{ПV},$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания,

$$K_{MV} = K_г \cdot \left(\frac{750}{\sigma_в} \right)^{n_V},$$

где $K_г$ – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости, $K_г$ = 1,0;

n_V – показатель степени, n_V = 1,0 [2, стр. 262, табл. 2];

$\sigma_в$ – предел прочности стали 45, $\sigma_в$ = 600 МПа;

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25;$$

$K_{ПV}$ – коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания, $K_{ПV} = 0,9$ [2, стр. 263, табл. 5];

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания, $K_{ИV} = 1,0$ [2, стр. 280, табл. 31];

$$K_V = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,125;$$

Скорость резания:

$$V = \frac{234 \cdot 20^{0,4}}{90^{0,37} \cdot 0,5^{0,24} \cdot 0,08^{0,26} \cdot 7,5^{0,1} \cdot 5^{0,13}} \cdot 1,125 = 31,4 \text{ м/мин.}$$

4.Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 31,4}{3,14 \cdot 20} = 500 \text{ мин}^{-1}.$$

5. Главная составляющая силы резания:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^n z}{D^q n^w} K_{мр},$$

где $C_p = 68,2$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $u = 1,0$; $q = 0,86$; $w = 0$ [2, стр. 291, табл. 41].

Коэффициент $К_р$:

$$К_р = К_{мр},$$

где

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_в}{750} \right)^n,$$

где n – показатель степени, $n = 0,3$ [2, стр. 264, табл. 9];

$$К_{Мр} = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,3} = 0,935;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 0,5^{0,86} \cdot 0,08^{0,72} \cdot 7,5^1 \cdot 5}{20^{0,86} \cdot 500^{0,2}} \cdot 0,935 = 162,6 \text{ Н.}$$

6.Определение крутящего момента:

$$М_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100},$$

Крутящий момент:

$$\text{М}_{\text{кр}} = \frac{162{,}6 \cdot 20}{2 \cdot 100} = 16{,}26 \text{ Н}.$$

7.Мощность резания:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{162{,}6 \cdot 31{,}4}{1020 \cdot 60} = 0{,}03 \text{ кВт}.$$

Операция 025. Вертикально-фрезерная(переход 4)

Оборудование: Вертикально-фрезерный станок 6Р12.

Приспособление: Специальное приспособление.

Режущий инструмент: Фреза R217.53-2020.3S-09-2A.

Обрабатываемый материал: Сталь 45 ГОСТ 1050-2013.

Содержание операции: Фрезеровать две лыски, выдерживая размеры $62_{-0,25}$; $4_{-0,3}$.

1. Глубина резания: t = 1,1 мм.

2.Подача S = 0,4 мм/об [2, стр. 283, табл. 34].

3.Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v,$$

где B – ширина фрезерования, принимаем B = 7,5 мм;

z – число зубьев фрезы, для торцевой фрезы принимаем z = 5;

D – диаметр фрезы, принимаем D = 20 мм;

C_V = 234; q = 0,44; x = 0,24; y = 0,26; u = 0,1; p = 0,13; m = 0,37 [2, стр. 287, табл. 39];

T – стойкость сверла, принимаем T = 90 мин;

K_V – поправочный коэффициент,

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ИV} \cdot K_{ПV},$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания,

$$K_{MV} = K_{\text{г}} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_{\text{в}}} \right)^{n_V},$$

где $K_{\text{г}}$ – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости, $K_{\text{г}} = 1{,}0$;

n_V – показатель степени, $n_V = 1{,}0$ [2, стр. 262, табл. 2];

$\sigma_{\text{в}}$ – предел прочности стали 45, $\sigma_{\text{в}} = 600$ МПа;

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^{1} = 1{,}25;$$

$K_{\text{ПV}}$ – коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания, $K_{\text{ПV}} = 0{,}9$ [2, стр. 263, табл. 5];

$K_{\text{ИV}}$ – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания, $K_{\text{ИV}} = 1{,}0$ [2, стр. 280, табл. 31];

$$K_V = 1{,}25 \cdot 0{,}9 \cdot 1 = 1{,}125;$$

Скорость резания:

$$V = \frac{234 \cdot 20^{0,4}}{90^{0,37} \cdot 1{,}1^{0,24} \cdot 0{,}15^{0,26} \cdot 7{,}5^{0,1} \cdot 5^{0,13}} \cdot 1{,}125 = 31{,}4 \text{ м/мин}.$$

4.Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 31{,}4}{3{,}14 \cdot 20} = 500 \text{ мин}^{-1}.$$

5. Главная составляющая силы резания:

$$P_z = \frac{10 C_{\text{p}} t^x S_z^y B^n z}{D^q n^w} K_{\text{мр}},$$

где $C_p = 68{,}2$; $x = 0{,}86$; $y = 0{,}72$; $u = 1{,}0$; $q = 0{,}86$; $w = 0$ [2, стр. 291, табл. 41].

Коэффициент $K_{\text{р}}$:

$$K_{\text{р}} = K_{\text{мр}},$$

где

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_{\text{в}}}{750} \right)^{n},$$

где n – показатель степени, $n = 0{,}3$ [2, стр. 264, табл. 9];

$$К_{Мр} = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,3} = 0,935;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 1,1^{0,86} \cdot 0,08^{0,72} \cdot 7,5^{1} \cdot 5}{20^{0,86} \cdot 500^{0,2}} \cdot 0,935 = 162,6 \text{ Н.}$$

6.Определение крутящего момента:

$$М_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100},$$

Крутящий момент:

$$М_{кр} = \frac{162,6 \cdot 20}{2 \cdot 100} = 16,26 \text{ Н.}$$

7.Мощность резания:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{162,6 \cdot 31,4}{1020 \cdot 60} = 0,03 \text{ кВт.}$$

Произведем расчет режимов резания для операции 030.

Операция 030. Фрезерная с ЧПУ(переход 1)

Оборудование: Вертикально-фрезерный центр Haas CM-1

Приспособление: Приспособление фрезерное.

Режущий инструмент: Фреза концевая ГОСТ 18372-73.

Обрабатываемый материал: Сталь 45 ГОСТ 1050-2013.

Содержание операции: Фрезеровать контур, выдерживая размер Ø$62_{-0,74}$.

1. Глубина резания: t = 1,5 мм.

2.Подача S = 0,3 мм/об [2, стр. 283, табл. 34].

3.Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v,$$

где B – ширина фрезерования, принимаем B = 1;

z – число зубьев фрезы, для торцевой фрезы принимаем z = 4;

D – диаметр фрезы, принимаем D = 12 мм;

C_V = 234; q = 0,44; x = 0,24; y = 0,26; u = 0,1; p = 0,13; m = 0,37 [2, стр. 286, табл. 38];

T – стойкость сверла, принимаем T = 90 мин;

K_V – поправочный коэффициент,

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ИV} \cdot K_{ПV},$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания,

$$K_{MV} = K_г \cdot \left(\frac{750}{\sigma_в} \right)^{n_V},$$

где $K_г$ – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости, $K_г$ = 1,0;

n_V – показатель степени, n_V = 1,0 [2, стр. 262, табл. 2];

$\sigma_в$ – предел прочности стали 45, $\sigma_в$ = 600 МПа;

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25;$$

$K_{ПV}$ – коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания, $K_{ПV}$ = 0,9 [2, стр. 263, табл. 5];

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания, $K_{ИV}$ = 1,0 [2, стр. 280, табл. 31];

$$K_V = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,125;$$

Скорость резания:

$$V = \frac{234 \cdot 12^{0,4}}{90^{0,37} \cdot 1,5^{0,24} \cdot 0,3^{0,26} \cdot 1^{0,1} \cdot 4^{0,13}} \cdot 1,125 = 154 \text{ м/мин}.$$

4.Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 154}{3,14 \cdot 12} = 4087 \text{ мин}^{-1}.$$

5. Главная составляющая силы резания:

$$P_z = \frac{10\mathrm{C_p} t^x S_z^y B^n z}{D^q n^w} K_{\text{мр}},$$

где C_p = 68,2; x = 0,86; y = 0,72; u = 1; q = 0,86; w = 0 [2, стр. 291, табл. 41].

Коэффициент $\mathrm{K_p}$:

$$\mathrm{K_p} = \mathrm{K_{мр}},$$

где $$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_{\text{в}}}{750}\right)^n,$$

где n – показатель степени, n = 0,75 [2, стр. 264, табл. 9];

$$K_{Mp} = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,85;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 1,5^{0,24} \cdot 0,15^{0,72} \cdot 1^1 \cdot 4}{12^{0,86} \cdot 4087^0} \cdot 0,85 = 192 \text{ Н}$$

6.Определение крутящего момента:

$$\mathrm{M_{кр}} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100},$$

Крутящий момент:

$$\mathrm{M_{кр}} = \frac{192 \cdot 12}{2 \cdot 100} = 11,52 \text{ Н}.$$

7.Мощность резания:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{192 \cdot 154}{1020 \cdot 60} = 0,48 \text{ кВт}.$$

Операция 030. Фрезерная с ЧПУ(переход 2)

Оборудование: Вертикально-фрезерный центр Haas CM-1

Приспособление: Приспособление фрезерное.

Режущий инструмент: Фреза концевая ГОСТ 18372-73.

Обрабатываемый материал: Сталь 45 ГОСТ 1050-2013.

Содержание операции: Фрезеровать выступ, выдерживая углы 10º±30'.

1. Глубина резания: t = 4 мм.

2.Подача S = 0,12 мм/об [2, стр. 283, табл. 34].

3.Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v,$$

где B – ширина фрезерования, принимаем B = 1;

z – число зубьев фрезы, для торцевой фрезы принимаем z = 4;

D – диаметр фрезы, принимаем D = 12 мм;

C_V = 234; q = 0,44; x = 0,24; y = 0,26; u = 0,1; p = 0,13; m = 0,37 [2, стр. 286, табл. 38];

T – стойкость сверла, принимаем T = 90 мин;

K_V – поправочный коэффициент,

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ИV} \cdot K_{ПV},$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания,

$$K_{MV} = K_г \cdot \left(\frac{750}{\sigma_в}\right)^{n_V},$$

где $K_г$ – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости, $K_г$ = 1,0;

n_V – показатель степени, n_V = 1,0 [2, стр. 262, табл. 2];

$\sigma_в$ – предел прочности стали 45, $\sigma_в$ = 600 МПа;

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600}\right)^1 = 1,25;$$

$K_{ПV}$ – коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания, $K_{ПV}$ = 0,9 [2, стр. 263, табл. 5];

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания, $K_{ИV}$ = 1,0 [2, стр. 280, табл. 31];

$$K_V = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,125;$$

Скорость резания:

$$V = \frac{234 \cdot 12^{0,4}}{90^{0,37} \cdot 4^{0,24} \cdot 0,12^{0,26} \cdot 1^{0,1} \cdot 4^{0,13}} \cdot 1,125 = 154 \text{ м/мин.}$$

4.Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 154}{3{,}14 \cdot 12} = 4087 \text{ мин}^{-1}.$$

5. Главная составляющая силы резания:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^n z}{D^q n^w} K_{мр},$$

где $C_p = 68{,}2$; $x = 0{,}86$; $y = 0{,}72$; $u = 1$; $q = 0{,}86$; $w = 0$ [2, стр. 291, табл. 41].

Коэффициент $K_р$:

$$K_р = K_{мр},$$

где

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_в}{750}\right)^n,$$

где n – показатель степени, $n = 0{,}75$ [2, стр. 264, табл. 9];

$$K_{Mp} = \left(\frac{600}{750}\right)^{0{,}75} = 0{,}85;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68{,}2 \cdot 4^{0{,}24} \cdot 0{,}12^{0{,}72} \cdot 1^1 \cdot 4}{12^{0{,}86} \cdot 4087^0} \cdot 0{,}85 = 230 \text{ Н}$$

6.Определение крутящего момента:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100},$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{230 \cdot 12}{2 \cdot 100} = 13{,}8 \text{ Н}.$$

7.Мощность резания:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{230 \cdot 154}{1020 \cdot 60} = 0{,}58 \text{ кВт}.$$

Операция 030. Фрезерная с ЧПУ(переход 3)

Оборудование: Вертикально-фрезерный центр Haas CM-1

Приспособление: Приспособление фрезерное.

Режущий инструмент: Фреза концевая ГОСТ 18372-73.

Обрабатываемый материал: Сталь 45 ГОСТ 1050-2013.

Содержание операции: Фрезеровать контур, выдерживая размеры $R18^{+0,2}$; $R12_{-0,2}$; R3.

1. Глубина резания: t = 6 мм.

2.Подача S = 0,12 мм/об [2, стр. 283, табл. 34].

3.Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v,$$

где B – ширина фрезерования, принимаем B = 1;

z – число зубьев фрезы, для торцевой фрезы принимаем z = 4;

D – диаметр фрезы, принимаем D = 12 мм;

C_V = 234; q = 0,44; x = 0,24; y = 0,26; u = 0,1; p = 0,13; m = 0,37 [2, стр. 286, табл. 38];

T – стойкость сверла, принимаем T = 90 мин;

K_V – поправочный коэффициент,

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ИV} \cdot K_{ПV},$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания,

$$K_{MV} = K_г \cdot \left(\frac{750}{\sigma_в} \right)^{n_V},$$

где $K_г$ – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости, $K_г$ = 1,0;

n_V – показатель степени, n_V = 1,0 [2, стр. 262, табл. 2];

$\sigma_в$ – предел прочности стали 45, $\sigma_в$ = 600 МПа;

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25;$$

$K_{ПV}$ – коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания, $K_{ПV}$ = 0,9 [2, стр. 263, табл. 5];

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания, $K_{ИV}$ = 1,0 [2, стр. 280, табл. 31];

$$K_V = 1{,}25 \cdot 0{,}9 \cdot 1 = 1{,}125;$$

Скорость резания:

$$V = \frac{234 \cdot 12^{0,4}}{90^{0,37} \cdot 6^{0,24} \cdot 0{,}12^{0,26} \cdot 1^{0,1} \cdot 4^{0,13}} \cdot 1{,}125 = 140 \text{ м/мин.}$$

4.Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 140}{3{,}14 \cdot 12} = 3715 \text{ мин}^{-1}.$$

5. Главная составляющая силы резания:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^n z}{D^q n^w} K_{мр},$$

где C_p = 68,2; x = 0,86; y = 0,72; u = 1; q = 0,86; w = 0 [2, стр. 291, табл. 41].

Коэффициент $К_р$:

$$К_р = К_{мр},$$

где

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_в}{750} \right)^n,$$

где n – показатель степени, n = 0,75 [2, стр. 264, табл. 9];

$$K_{Mp} = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0{,}85;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68{,}2 \cdot 6^{0,24} \cdot 0{,}12^{0,72} \cdot 1^1 \cdot 4}{12^{0,86} \cdot 3715^0} \cdot 0{,}85 = 327 \text{ Н}$$

6.Определение крутящего момента:

$$М_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100},$$

Крутящий момент:

$$М_{кр} = \frac{327 \cdot 12}{2 \cdot 100} = 19{,}62 \text{ Н.}$$

7.Мощность резания:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{327 \cdot 140}{1020 \cdot 60} = 0{,}74 \text{ кВт.}$$

1.10 Расчет основного время

Основное время затрачивается на изменение и последующее определение Состояния предмета труда определяется по формуле [6, стр. 22]:

$$T_0 = \frac{Li}{S_M}, \quad (1.24)$$

где L – расчётная длина обработки, мм;

i – число рабочих ходов;

S_M – подача инструмента;

$$S_{\text{М}} = nS, \quad (1.25)$$

n – частота вращения шпинделя, об/мин;

S – подача, мм/об;

для фрезерования определяется по формуле [8, стр. 12]

$$S_{\text{М}} = S_z nZ, \quad (1.26)$$

где n – частота вращения фрезы;

Z – число зубьев фрезы;

S_Z – подача на один зуб фрезы;

Расчетная длина обработки при автоматическом цикле процесса:

$$L = l + l_{\text{в}} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}, \quad (1.27)$$

где l – размер детали на данном переходе, мм;

$l_в$ – длина врезания инструмента, мм;

$l_{сх}$ – длина схода инструмента , мм;

$l_{пд}$ – длина подвода инструмента, мм.

Принимаем: длину подвода и схода равной 1 мм; $l_{сх} = l_{пд} = 1$ мм;

1. Длина врезания инструмента при точение подреза торцов, отрезки [6, стр. 22]:

$$l_{\text{в}} = tctg\varphi, \quad (1.28)$$

где t - глубина резания, мм;

φ – угол в плане.

Определение основного времени:

$$T_0 = \frac{(l+tctg\varphi+l_{\text{сх}}+l_{\text{пд}})\cdot i}{n\cdot S}, \quad (1.29)$$

2. Длина врезания инструмента при сверление [6, стр. 22]:

$$l_{\text{в}} \approx 0{,}3d_c, \quad (1.30)$$

где d_c – диаметр сверла.

Определение основного времени:

$$T_0 = \frac{(l+0{,}3d_c+l_{\text{сх}}+l_{\text{пд}})\cdot i}{n\cdot S}, \quad (1.31)$$

3. Длина врезания инструмента при фрезеровании [6, стр. 22]:

$$l_{\text{в}} \approx 0{,}3d_c, \quad (1.32)$$

где D – диаметр фрезы.

Определение основного времени:

$$T_0 = \frac{(l+\sqrt{t(D-t)}+l_{\text{сх}}+l_{\text{пд}})\cdot i}{S_z n Z}, \quad (1.33)$$

Произведем расчет режимов резания для операции 05

Операция 05. Заготовительная

$$T_0 = \frac{(l + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{S_{\text{М}}} = \frac{(70 + 1 + 1) \cdot 1}{50} = 1{,}44 \text{ мим.}$$

Произведем расчет режимов резания для операции 010

Операция 010. Токарная с ЧПУ(переход 1)

$$T_0 = \frac{(l + tctg\varphi + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(35 + 2 \cdot ctg30 + 1 + 1) \cdot 1}{900 \cdot 0{,}6} = 0{,}07 \text{ мин.}$$

Операция 010. Токарная с ЧПУ(переход 2)

$$T_0 = \frac{(l + tctg\varphi + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(35 + 0{,}5 \cdot ctg30 + 1 + 1) \cdot 1}{1940 \cdot 0{,}08} = 0{,}25 \text{ мин.}$$

Операция 010. Токарная с ЧПУ(переход 3)

$$T_0 = \frac{(l + tctg\varphi + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(5{,}5 + 2{,}5 \cdot ctg30 + 1 + 1) \cdot 1}{940 \cdot 0{,}6} = 0{,}02 \text{ мин.}$$

Произведем расчет режимов резания для операции 015

Операция 015. Токарная с ЧПУ(переход 1)

$$T_0 = \frac{(l + tctg\varphi + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(32{,}5 + 2{,}5 \cdot ctg30 + 1 + 1) \cdot 1}{940 \cdot 0{,}6} = 0{,}07 \text{ мин.}$$

Операция 015. Токарная с ЧПУ(переход 2)

$$T_0 = \frac{(l + tctg\varphi + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(7{,}5 + 2{,}5 \cdot ctg30 + 1 + 1) \cdot 1}{1020 \cdot 0{,}6} = 0{,}25 \text{ мин.}$$

Операция 015. Токарная с ЧПУ(переход 3)

$$T_0 = \frac{(l + tctg\varphi + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(6{,}5 + 0{,}4 \cdot ctg30 + 1 + 1) \cdot 1}{2460 \cdot 0{,}2} = 0{,}02 \text{ мин.}$$

Операция 015. Токарная с ЧПУ(переход 4)

$$T_0 = \frac{(l + tctg\varphi + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(6{,}5 + 0{,}1 \cdot ctg30 + 1 + 1) \cdot 1}{3000 \cdot 0{,}1} = 0{,}25 \text{ мин.}$$

Операция 015. Токарная с ЧПУ(переход 5)

$$T_0 = \frac{(l + tctg\varphi + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(3{,}5 + 2 \cdot ctg30 + 1 + 1) \cdot 1}{1940 \cdot 0{,}2} = 0{,}02 \text{ мин.}$$

Операция 015. Токарная с ЧПУ(переход 6)

$$T_0 = \frac{(l + tctg\varphi + l_{сх} + l_{пд}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(6{,}5 + 3{,}5 \cdot ctg30 + 1 + 1) \cdot 1}{1180 \cdot 0{,}1} = 0{,}02 \text{ мин.}$$

Произведем расчет режимов резания для операции 020

Операция 020. Вертикально-сверлильная (переход 1)

$$T_0 = \frac{\left(l + 0{,}3d_c + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}\right) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(5 + 0{,}3 \cdot 10 + 1 + 1) \cdot 1}{1019 \cdot 0{,}2} = 0{,}05 \text{ мин.}$$

Операция 020. Вертикально-сверлильная (переход 2)

$$T_0 = \frac{(l + 0{,}3d_c + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(5 + 0{,}3 \cdot 11{,}9 + 1 + 1) \cdot 1}{883 \cdot 0{,}5} = 0{,}02 \text{ мин.}$$

Операция 020. Вертикально-сверлильная (переход 3)

$$T_0 = \frac{(l + 0{,}3d_c + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(0{,}5 + 0{,}3 \cdot 14 + 1 + 1) \cdot 1}{500 \cdot 0{,}28} = 0{,}04 \text{ мин.}$$

Операция 020. Вертикально-сверлильная (переход 4)

$$T_0 = \frac{(l + 0{,}3d_c + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(5 + 0{,}3 \cdot 12 + 1 + 1) \cdot 1}{504 \cdot 0{,}4} = 0{,}05 \text{ мин.}$$

Операция 020. Вертикально-сверлильная (переход 5)

$$T_0 = \frac{(l + 0{,}3d_c + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(5 + 0{,}3 \cdot 3{,}2 + 1 + 1) \cdot 1}{3284 \cdot 0{,}1} = 0{,}02 \text{ мин.}$$

Произведем расчет режимов резания для операции 025

Операция 025. Вертикально-фрезерная(переход 1)

$$T_0 = \frac{(l + \sqrt{t(D-t)} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{S_z n Z} = \frac{(4 + \sqrt{0{,}5(20 - 0{,}5)} + 1 + 1) \cdot 1}{0{,}08 \cdot 500 \cdot 5}$$

$$= 0{,}04 \text{ мин.}$$

Операция 025. Вертикально-фрезерная(переход 2)

$$T_0 = \frac{(l + \sqrt{t(D-t)} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{S_z n Z} = \frac{(16 + \sqrt{1{,}1(20 - 1{,}1)} + 1 + 1) \cdot 1}{0{,}08 \cdot 500 \cdot 5}$$

$$= 0{,}11 \text{ мин.}$$

Операция 025. Вертикально-фрезерная(переход 3)

$$T_0 = \frac{(l + \sqrt{t(D-t)} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{S_z n Z} = \frac{(4 + \sqrt{0{,}5(20-0{,}5)} + 1 + 1) \cdot 1}{0{,}08 \cdot 500 \cdot 5}$$

$= 0{,}04$ мин.

Операция 025. Вертикально-фрезерная(переход 4)

$$T_0 = \frac{(l + \sqrt{t(D-t)} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{S_z n Z} = \frac{(16 + \sqrt{1{,}1(20-1{,}1)} + 1 + 1) \cdot 1}{0{,}08 \cdot 500 \cdot 5}$$

$= 0{,}11$ мин.

Произведем расчет режимов резания для операции 030

Операция 030. Фрезерная с ЧПУ(переход 1)

$$T_0 = \frac{(l + \sqrt{t(D-t)} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{S_z n Z} = \frac{(190 + \sqrt{1{,}5(12-1{,}5)} + 1 + 1) \cdot 1}{0{,}075 \cdot 4087 \cdot 4}$$

$= 0{,}15$ мин.

Операция 030. Фрезерная с ЧПУ(переход 2)

$$T_0 = \frac{(+\sqrt{t(D-t)} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{S_z n Z} = \frac{(52 + \sqrt{4(12-4)} + 1 + 1) \cdot 1}{0{,}03 \cdot 4087 \cdot 4} = 0{,}12 \text{ мин.}$$

Операция 030. Фрезерная с ЧПУ(переход 3)

$$T_0 = \frac{(l + \sqrt{t(D-t)} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{S_z n Z} = \frac{(47 + \sqrt{6(12-6)} + 1 + 1) \cdot 1}{0{,}03 \cdot 3715 \cdot 4} = 0{,}12 \text{ мин.}$$

1.11 Определение штучно-калькуляционного времени

Норма штучно-калькуляционного времени определяется по формуле [4, стр. 18]:

$$T_{\text{шт.к}} = \frac{T_{\text{п-з}}}{n} + T_{\text{шт}}, \qquad (1.34)$$

где n – количество деталей в настроечной партии

$T_{\text{п-з}}$ – подготовительно-заключительное время;

$$T_{\text{п-з}} = T_{\text{нал}} + T_{\text{доп}} + T_{\text{ин}}, \qquad (1.35)$$

где $T_{\text{нал}}$ – время на наладку станка, инструментов, приспособлений[4];

$T_{\text{доп}}$ – время на дополнительные приемы [4];

$T_{\text{ин}}$ – время на получение и сдачу инструмента и приспособлений[4];

n – количество деталей в настроечной партии;

$T_{\text{шт}}$ – норма штучного времени на операцию, определяется по формуле [4, стр. 18]:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{о}} + T_{\text{в}} + T_{\text{об}} + T_{\text{от}}, \qquad (1.36)$$

где $T_{\text{в}}$ – вспомогательное время, определяется по формуле [4, стр. 18]:

$$T_{\text{в}} = T_{\text{ус}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{из}}, \qquad (1.37)$$

где $T_{\text{ус}}$ – время на установку и снятие детали[4];

$T_{\text{уп}}$ – время на приемы управления;

$T_{\text{из}}$ – время на измерение детали в процессе обработки;

$T_{\text{от}}$ – время перерывов на отдых и личные надобности,

$$T_{\text{от}} = \frac{(T_{\text{о}} + T_{\text{в}}) \cdot 7}{100}, \qquad (1.38)$$

$T_{\text{об}}$ – время обслуживания рабочего места,

$$T_{\text{об}} = T_{\text{тех}} + T_{\text{орг}}, \qquad (1.39)$$

где $T_{\text{тех}}$ – время на техническое обслуживание рабочего места,

$$T_{\text{тех}} = \frac{(T_{\text{о}} + T_{\text{в}}) \cdot 4{,}4}{100}, \qquad (1.40)$$

$T_{\text{орг}}$ – время на организационное обслуживание,

$$T_{\text{орг}} = \frac{(T_{\text{о}} + T_{\text{в}}) \cdot 5{,}5}{100}, \qquad (1.41)$$

Операция 10. Токарная с ЧПУ

$T_{\text{п-з}}$ – подготовительно-заключительное время;

$$T_{\text{п-з}} = T_{\text{нал}} + T_{\text{доп}} + T_{\text{ин}},$$

где $T_{\text{нал}} = 12$ мин;

$T_{\text{доп}} = 3$ мин;

$T_{\text{ин}} = 7$ мин;

$$T_{\text{п-з}} = 12 + 3 + 7 = 22 \text{ мин};$$

n – количество деталей в настроечной партии, $n = 119$;

$T_{\text{в}}$ – вспомогательное время,

$$T_{\text{в}} = T_{\text{ус}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{из}},$$

где $T_{\text{ус}} = 0{,}12$ мин [3];

$T_{\text{уп}} = 0{,}06$ мин;

$T_{\text{из}} = 0{,}2$ мин;

$$T_{\text{в}} = 0{,}12 + 0{,}06 + 0{,}2 = 0{,}38 \text{ мин};$$

$T_{\text{от}}$ – время перерывов на отдых и личные надобности,

$$T_{\text{от}} = \frac{(T_{\text{о}} + T_{\text{в}}) \cdot 7}{100} = \frac{(0{,}34 + 0{,}38) \cdot 7}{100} = 0{,}05 \text{ мин};$$

$T_{\text{об}}$ – время обслуживания рабочего места,

$$T_{\text{об}} = T_{\text{тех}} + T_{\text{орг}},$$

где $T_{\text{тех}}$ – время на техническое обслуживание рабочего места,

$$T_{\text{тех}} = \frac{(T_{\text{о}} + T_{\text{в}}) \cdot 4,4}{100} = \frac{(0,34 + 0,38) \cdot 4,4}{100} = 0,032 \text{ мин};$$

$T_{\text{орг}}$ – время на организационное обслуживание,

$$T_{\text{орг}} = \frac{(T_{\text{о}} + T_{\text{в}}) \cdot 5,5}{100} = \frac{(0,34 + 0,38) \cdot 5,5}{100} = 0,04 \text{ мин};$$

$$T_{\text{об}} = 0,032 + 0,04 = 0,072 \text{ мин};$$

$T_{\text{шт}}$ – норма штучного времени на операцию,

$$T_{\text{шт}} = 034 + 0,38 + 0,072 + 0,05 = 0,842 \text{ мин};$$

$$T_{\text{шт.к}} = \frac{22}{119} + 0,842 = 1,03 \text{ мин}.$$

Операция 15. Токарная с ЧПУ

$T_{\text{п-з}}$ – подготовительно-заключительное время;

$$T_{\text{п-з}} = T_{\text{нал}} + T_{\text{доп}} + T_{\text{ин}},$$

где $T_{\text{нал}} = 12$ мин;

$T_{\text{доп}} = 3$ мин;

$T_{\text{ин}} = 7$ мин;

$$T_{\text{п-з}} = 12 + 3 + 7 = 22 \text{ мин};$$

n – количество деталей в настроечной партии, $n = 119$;

где $T_{\text{в}}$ – вспомогательное время,

$$T_{\text{в}} = T_{\text{ус}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{из}},$$

где $T_{\text{ус}} = 0,12$ мин;

$T_{\text{уп}} = 0,06$ мин;

$T_{\text{из}} = 0,2$ мин;

$$T_{\text{в}} = 0,12 + 0,06 + 0,2 = 0,38 \text{ мин};$$

$T_{\text{от}}$ – время перерывов на отдых и личные надобности,

$$T_{\text{от}} = \frac{(T_{\text{о}} + T_{\text{в}}) \cdot 7}{100} = \frac{(0,64 + 0,38) \cdot 7}{100} = 0,071 \text{ мин};$$

$T_{\text{об}}$ – время обслуживания рабочего места,

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг},$$

где $T_{тех}$ – время на техническое обслуживание рабочего места,

$$T_{тех} = \frac{(T_о + T_в) \cdot 4{,}4}{100} = \frac{(0{,}64 + 0{,}38) \cdot 4{,}4}{100} = 0{,}044 \text{ мин};$$

$T_{орг}$ – время на организационное обслуживание,

$$T_{орг} = \frac{(T_о + T_в) \cdot 5{,}5}{100} = \frac{(0{,}64 + 0{,}38) \cdot 5{,}5}{100} = 0{,}056 \text{ мин};$$

$$T_{об} = 0{,}044 + 0{,}056 = 0{,}1 \text{ мин};$$

$T_{шт}$ – норма штучного времени на операцию,

$$T_{шт} = 0{,}64 + 0{,}38 + 0{,}1 + 0{,}071 = 1{,}19 \text{ мин};$$

$$T_{шт.к} = \frac{22}{119} + 1{,}19 = 1{,}37 \text{ мин}.$$

Операция 20. Вертикально-сверлильная

$T_{п\text{-}з}$ – подготовительно-заключительное время;

$$T_{п\text{-}з} = T_{нал} + T_{доп} + T_{ин},$$

где $T_{нал} = 10$ мин;

$T_{доп} = 1$ мин;

$T_{ин} = 5$ мин;

$$T_{п\text{-}з} = 10 + 1 + 5 = 16 \text{ мин};$$

n – количество деталей в настроечной партии, $n = 119$;

где $T_в$ – вспомогательное время,

$$T_в = T_{ус} + T_{уп} + T_{из},$$

где $T_{ус} = 0{,}13$ мин [3];

$T_{уп} = 0{,}03$ мин;

$T_{из} = 0{,}08$ мин;

$$T_в = 0{,}13 + 0{,}03 + 0{,}08 = 0{,}24 \text{ мин};$$

$T_{от}$ – время перерывов на отдых и личные надобности,

$$T_{от} = \frac{(T_о + T_в) \cdot 7}{100} = \frac{(0{,}21 + 0{,}24) \cdot 7}{100} = 0{,}03 \text{ мин};$$

$T_{об}$ – время обслуживания рабочего места,

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг},$$

где $T_{тех}$ – время на техническое обслуживание рабочего места,

$$T_{тех} = \frac{(T_о + T_в) \cdot 4{,}4}{100} = \frac{(0{,}21 + 0{,}24) \cdot 4{,}4}{100} = 0{,}02 \text{ мин};$$

$T_{орг}$ – время на организационное обслуживание,

$$T_{орг} = \frac{(T_о + T_в) \cdot 5{,}5}{100} = \frac{(0{,}21 + 0{,}24) \cdot 5{,}5}{100} = 0{,}02 \text{ мин};$$

$$T_{об} = 0{,}02 + 0{,}02 = 0{,}04 \text{ мин};$$

$T_{шт}$ – норма штучного времени на операцию,

$$T_{шт} = T_о + T_в + T_{об} + T_{от},$$

$$T_{шт} = 0{,}21 + 0{,}24 + 0{,}04 + 0{,}03 = 0{,}52 \text{ мин};$$

$$T_{шт.к} = \frac{16}{119} + 0{,}52 = 0{,}65 \text{ мин}.$$

Операция 25. Вертикально-фрезерная

$T_{п\text{-}з}$ – подготовительно-заключительное время;

$$T_{п\text{-}з} = T_{нал} + T_{доп} + T_{ин},$$

где $T_{нал} = 16$ мин;

$T_{доп} = 2$ мин;

$T_{ин} = 7$ мин;

$$T_{п\text{-}з} = 16 + 2 + 7 = 25 \text{ мин};$$

n – количество деталей в настроечной партии, $n = 119$;

где $T_в$ – вспомогательное время,

$$T_в = T_{ус} + T_{уп} + T_{из},$$

где $T_{ус} = 0{,}33$ мин [3];

$T_{уп} = 0{,}1$ мин;

$T_{из}$ = 0,16 мин;

$$T_{в} = 0{,}33 + 0{,}1 + 0{,}16 = 0{,}5 \text{ мин};$$

$T_{от}$ – время перерывов на отдых и личные надобности,

$$T_{от} = \frac{(T_{о} + T_{в}) \cdot 7}{100} = \frac{(0{,}3 + 0{,}5) \cdot 7}{100} = 0{,}056 \text{ мин};$$

$T_{об}$ – время обслуживания рабочего места,

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг},$$

где $T_{тех}$ – время на техническое обслуживание рабочего места,

$$T_{тех} = \frac{(T_{о} + T_{в}) \cdot 4{,}4}{100} = \frac{(0{,}3 + 0{,}5) \cdot 4{,}4}{100} = 0{,}03 \text{ мин};$$

$T_{орг}$ – время на организационное обслуживание,

$$T_{орг} = \frac{(T_{о} + T_{в}) \cdot 5{,}5}{100} = \frac{(0{,}3 + 0{,}5) \cdot 5{,}5}{100} = 0{,}04 \text{ мин};$$

$$T_{об} = 0{,}03 + 0{,}04 = 0{,}07 \text{ мин};$$

$T_{шт}$ – норма штучного времени на операцию,

$$T_{шт} = T_{о} + T_{в} + T_{об} + T_{от},$$

$$T_{шт} = 0{,}3 + 0{,}5 + 0{,}07 + 0{,}056 = 0{,}92 \text{ мин};$$

$$T_{шт.к} = \frac{25}{119} + 0{,}92 = 1{,}13 \text{ мин}.$$

Операция 30. Фрезерная с ЧПУ

$T_{п\text{-}з}$ – подготовительно-заключительное время;

$$T_{п\text{-}з} = T_{нал} + T_{доп} + T_{ин},$$

где $T_{нал}$ = 13 мин;

$T_{доп}$ = 2 мин;

$T_{ин}$ = 5 мин;

$$T_{п\text{-}з} = 13 + 2 + 5 = 20 \text{ мин};$$

n – количество деталей в настроечной партии, n = 119;

где $T_{в}$ – вспомогательное время,

$$T_{в} = T_{ус} + T_{уп} + T_{из},$$

где $T_{ус}$ = 0,1 мин [3];

$T_{уп}$ = 0,05 мин;

$T_{из}$ = 0,07 мин;

$$T_{в} = 0,1 + 0,05 + 0,07 = 0,22 \text{ мин};$$

$T_{от}$ – время перерывов на отдых и личные надобности,

$$T_{от} = \frac{(T_{о} + T_{в}) \cdot 7}{100} = \frac{(0,39 + 0,22) \cdot 7}{100} = 0,04 \text{ мин};$$

$T_{об}$ – время обслуживания рабочего места,

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг},$$

где $T_{тех}$ – время на техническое обслуживание рабочего места,

$$T_{тех} = \frac{(T_{о} + T_{в}) \cdot 4,4}{100} = \frac{(0,39 + 0,22) \cdot 4,4}{100} = 0,02 \text{ мин};$$

$T_{орг}$ – время на организационное обслуживание,

$$T_{орг} = \frac{(T_{о} + T_{в}) \cdot 5,5}{100} = \frac{(0,39 + 0,22) \cdot 5,5}{100} = 0,03 \text{ мин};$$

$$T_{об} = 0,03 + 0,02 = 0,05 \text{ мин};$$

$T_{шт}$ – норма штучного времени на операцию,

$$T_{шт} = T_{о} + T_{в} + T_{об} + T_{от},$$

$$T_{шт} = 0,39 + 0,22 + 0,05 + 0,04 = 0,7 \text{ мин};$$

$$T_{шт.к} = \frac{20}{119} + 0,7 = 0,86 \text{ мин}.$$

2. Конструкторская часть

Для выполнения работы, используется специальное фрезеровочное приспособление.

2.1 Анализ исходных данных и разработка технического задания

Требуется разработать приспособление для вертикально-фрезерной операции, обеспечивающее поворот заготовки на 180º для обработки противоположных сторон детали.

Размеры пазов стола станка 6Р12 показаны на рисунке 1.13.

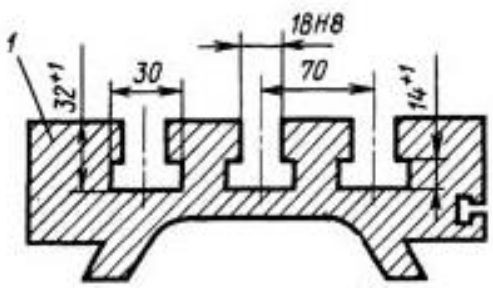


Рисунок 1.13 – Пазы стола станка 6Р12

2.2 Разработка принципиальной схемы и компоновки приспособления

Приспособление предназначено для базирования заготовки (рисунок 1.14) плоскостью (установочная база; опорные точки 1, 2, 3), внутренней цилиндрической поверхностью (двойная опорная база; опорные точки 4 и 5), опорной скрытой базе (опорная база; опорная точка 6) и для закрепления заготовок силой $P_з$, направленной по нормали к установочной базе.

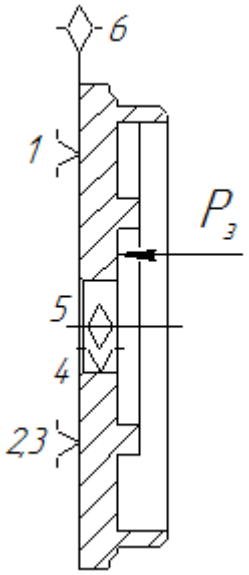


Рисунок 1.14 – Схема базирования заготовки

2.3 Разработка схемы для расчета и определения сил закрепления

Схема действия сил резания на заготовку показана на рисунке 1.15.

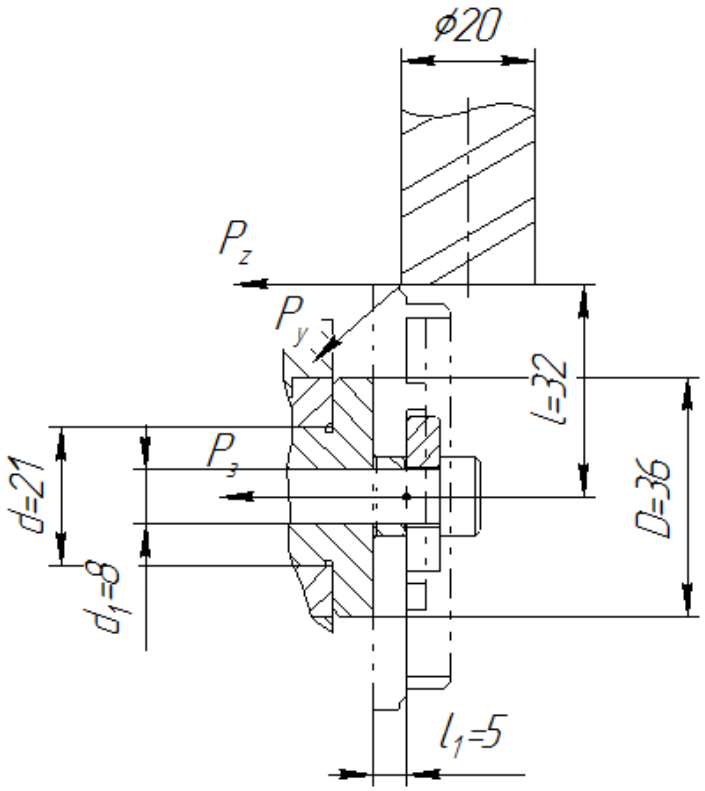


Рисунок 1.15 – Схема действия сил резания

На заготовку в приспособлении действуют силы обработки, объемные силы (вес заготовки) и силы зажима и реакции элементов приспособления. Все силы – величины векторные, имеющие свое направление и значение. Поэтому необходим силовой расчет приспособления путем решения задач пространственного характера. Однако с целью ускорения и упрощения расчета можно рассматривать условие равновесия в наиболее опасных направлениях в одной или нескольких плоскостях.

Условие пространственного равновесия заготовки в приспособлении можно описать уравнением статики:

$$K \cdot \Sigma M_{\text{акт}.z} = \Sigma M_{\text{прот}.z}, \qquad (2.1)$$

где K – коэффициент запаса;

$\Sigma M_{акт}$ – суммы активных сил и моментов, стремящихся сдвинуть заготовку в соответствующих плоскости и повернуть ее относительно соответствующих осей координат приспособления;

$\Sigma M_{прот}$ – сумма моментов, противодействующих сдвигу и повороту заготовки.

Коэффициент запаса K необходим для обеспечения надежности зажимных устройств, так как вырыв и смещение заготовки при обработке не допустимы. В зависимости от конкретных условий обработки значение k выбирают дифференцированно, как произведение первичных коэффициентов $k_0, k_1,..., k_6$, отражающих поправки на различных этапах расчета:

$$K = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \qquad (2.2)$$

Коэффициент k_0 учитывает неточность расчетов сил резания, сил закрепления и внезапные факторы

Таким образом, $k_0 = k_0' \cdot k_0'' \cdot k_0''' = 1{,}5 \div 2$. Принимаем $k_0 = 1{,}7$.

Коэффициент k_1 учитывает наличие случайных неровностей на поверхности заготовки, что вызывает увеличение сил резания. Для черновой

обработки k_1 = 1,2; для чистовой и отделочной обработки k_1 = 1,0. Принимаем k_1=1,2.

Коэффициент k_2 учитывает увеличение сил резания от прогрессирующего затупления режущего инструмента (k_2 = 1,0…1,7). Принимаем k_2 = 1,2.

Коэффициент k_3 учитывает увеличение силы резания при прерывистом резании и, например, при точении и торцевом фрезеровании достигает значения 1,2. Принимаем k_3 = 1,0.

Коэффициент k_4 учитывает непостоянство сил, развиваемых зажимным устройством. Для ручных устройств k_4 = 1,3, так как силы закрепления не постоянны. При наличии пневматических и гидравлических зажимных устройств прямого действия k_4 = 1,0. Для пневмокамер, пневморычажных систем, мембранных патронов и других устройств, в которых допуск на размер заготовки влияет на силу закрепления, k_4 = 1,2. Принимаем k_4 = 1,3.

Коэффициент k_5 характеризует удобство расположения рукояток в ручных зажимных устройствах. При удобном положении и малом угле поворота рукоятки k_5 =1,0; при большом угле поворота (более 90º) k_5 = 1,2. Принимаем k_5 = 1,2.

$К_6$ учитывается только при наличии моментов, стремящихся повернуть заготовку; k_6 = 1,0, когда заготовка установлена базовой плоскостью на опоры с ограниченной поверхностью контакта, и k_6 = 1,5, когда заготовка установлена на планки или другие элементы с большой поверхностью контакта. Принимаем k_6 = 1,5.

$$K = 1{,}7 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}2 \cdot 1 \cdot 1{,}3 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}5 = 5{,}73.$$

Для рассматриваемой схемы закрепления, пренебрегая весом заготовки, можно записать условие равновесия, как сумму моментов относительно точки *О*:

$$K \cdot P_y \cdot l = M_{\text{тр.у}} + M_{\text{тр.з}}, \qquad (2.3)$$

где f – коэффициент трения между заготовкой и соприкасающейся поверхностью приспособления, $f = 0{,}16$;

P_y – радиальная составляющая силы резания при фрезеровании;

$M_{тр.у}$ – момент сил трения между установочным элементом и заготовкой;

$M_{тр.з}$ – момент сил трения между зажимным элементом и заготовкой.

Главная составляющая силы резания определяется по формуле:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{Mp},$$

где C_p, x, y, u, q, w – коэффициент и показатели степени, $C_p = 68{,}2$; $x = 0{,}86$; $y = 0{,}72$; $u = 1{,}0$; $q = 0{,}86$; $w = 0$ [2, стр. 291, табл. 41];

t – глубина резания, $t = 0{,}5$;

S_z – подача на зуб, $S_z = 0{,}08$ мм/зуб [2, стр. 284, табл. 35];

D – диаметр фрезы, $D = 20$ мм;

B – ширина фрезерования, $B = 7{,}5$ мм;

n – частота вращения фрезы, $n = 500$ об/мин;

z – число зубьев фрезы, $z = 5$;

K_{Mp} – поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала,

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_в}{750}\right)^{0,3} = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,3} = 0{,}935;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68{,}2 \cdot 0{,}5^{0,86} \cdot 0{,}08^{0,72} \cdot 7{,}5^1 \cdot 5}{20^{0,86} \cdot 500^0} \cdot 0{,}935 = 162{,}6 \text{ Н}.$$

Радиальная составляющая силы резания:

$$P_y = 0{,}3 \cdot P_z = 0{,}3 \cdot 162{,}6 = 48{,}8 \text{ Н}.$$

$$M_{тр.у} = \frac{1}{3} \cdot f \cdot P_з \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}; \qquad (2.4)$$

$$M_{тр.з} = \frac{1}{3} \cdot f \cdot P_з \cdot \frac{d^3 - d_1^3}{d^2 - d_1^2}; \qquad (2.5)$$

$$K \cdot P_y \cdot l = \frac{1}{3} \cdot f \cdot P_з \cdot \left(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} + \frac{d^3 - d_1^3}{d^2 - d_1^2} \right). \qquad (2.6)$$

Тогда сила закрепления равна:

$$P_з = \frac{3 \cdot K \cdot P_y \cdot l}{f \cdot \left(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} + \frac{d^3 - d_1^3}{d^2 - d_1^2} \right)} = \frac{3 \cdot 5,73 \cdot 48,8 \cdot 32}{0,16 \cdot \left(\frac{36^3 - 21^3}{36^2 - 21^2} + \frac{21^3 - 8^3}{21^2 - 8^2} \right)} = 2506,2 \text{ Н}.$$

Сила, приложенная на конце рукоятки с винтовым зажимом:

$$Q = \frac{P_з \cdot \left(r_{ср} \cdot \text{tg}\left(\alpha + \varphi_{пр} \right) + 0,67 \cdot f \cdot r \right)}{l}, \qquad (2.7)$$

где l – расстояние от оси винта до точки приложения силы, l = 120 мм;

$r_{ср}$ – средний радиус резьбы винта, $r_{ср}$ = 2,675 мм;

α – угол подъема резьбы винта, α = 3,4º;

$\varphi_{пр}$ – приведенный угол трения в резьбовой паре, $\varphi_{пр}$ = 6,67º;

r – радиус цилиндрической части нижнего конца винта, r = 4 мм;

$$Q = \frac{2506,2 \cdot \left(2,675 \cdot \text{tg}\left(3,4° + 6,67° \right) + 0,67 \cdot 0,16 \cdot 4 \right)}{120} = 18,9 \text{ Н}.$$

2.4 Конструирование и расчет функциональных элементов приспособления и исполнительных размеров

Самым нагруженным из деталей является шток. Он воспринимает повышенные нагрузки, связанные с зажимом обрабатываемой заготовки. Шток работает на растяжение. Поэтому для обеспечения работоспособности должно выполняться следующее условие:

$$\sigma_р = \frac{4 \cdot P_з}{\pi \cdot d_1^2} \le \left[\sigma_р \right], \qquad (2.8)$$

где $\sigma_р$ – фактическое напряжение растяжения;

d_1 – наименьший диаметр штока, d_1 = 4,92 мм;

$[\sigma_р]$ – допускаемое напряжение растяжения, $[\sigma_р]$ = 160 МПа;

$$\sigma_{\text{р}} = \frac{4 \cdot 2506,2}{3,14 \cdot 4,92^2} = 131,9 \text{ МПа} < \left[\sigma_{\text{р}}\right] = 160 \text{ МПа}.$$

Условие прочности выполняется.

2.5 Описание конструкции и принципа работы приспособления

Приспособление представляет собой корпус поз. 1, в который запрессованы втулки поз. 13 и установлена оправка поз. 3. На оправку поз. 3 установлена шпонка поз. 25 и диск поз. 9 с рукоятками поз. 10 и втулками поз. 11. Диск поз. 9 фиксируется в осевом направлении двумя гайками поз. 21. В отверстие в корпусе поз. 1 запрессована втулка 12, в которую установлены крышка поз. 16, пружина поз. 22 и стопор поз. 8. Также в корпус поз. 1 установлен вал поз. 15 и зафиксирован рукояткой поз. 7.

В оправку поз. 3 вставлен шток поз. 4, пружина поз. 23, втулка поз. 14 и зафиксированы маховиком поз. 6. Для ориентации приспособления на столе станка предусмотрены сухари поз. 34, зафиксированные винтами поз. 20 с шайбами поз. 24.

Обрабатываемая заготовка устанавливается отверстием на оправку поз. 3, затем на шток поз. 4 устанавливается скоба поз. 5 и при помощи маховика поз. 6 происходит закрепление заготовки.

После обработки одной стороны детали при помощи рукоятки поз. 7 отводят стопор поз. 8 и поворачивают диск поз. 9 на 180º до вхождения стопора поз. 8 во втулку поз. 11.

После обработки второй стороны детали маховик поз. 6 отворачивают на несколько оборотов, отводя шток поз. 4, снимают скобу поз. 5 со штока и обработанную деталь с оправки поз. 3.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	**ФИО**		
З-4А7Б	Ванюхин Владислав Александрович		
Школа	**ИШНПТ**	**Отделение (НОЦ)**	**Отделение машиностроения**
Уровень образования	Бакалавриат	**Направление/специальность**	*15.03.01 Машиностроение*

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1.Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием организации
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	16% накладные расходы; 1,3 районный коэффициент.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 30,2 %.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ и оценка конкурентоспособности НИ; SWOT-анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки; Разработка графика Ганта; Формирование бюджета затрат на научное исследование.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение ресурсоэффективности проекта
Перечень графического материала*(с точным указанием обязательных чертежей):*	
1. Оценка конкурентоспособности НИ 2. Матрица SWOT *3.* Диаграмма Ганта	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	13.12.2021г

Задание выдал консультант:

Должность	**ФИО**	**Ученая степень, звание**	**Подпись**	**Дата**
Доцент	Клемашева Елена Игоревна	к.э.н.		13.12.2021г

Задание принял к исполнению студент:

Группа	**ФИО**	**Подпись**	**Дата**
З-4А7Б	Ванюхин Владислав Александрович		13.12.2021г

3. Экономическая часть

Введение

Целью данного раздела работы является оценка расчета и проектирование технологии изготовления детали «Шайба поворотная» с позиции ресурсоэффективности и конкурентоспособности.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

–проанализировать конкурентные технические решения проекта;

– провести SWOT-анализ;

– выполнить планирование и организацию научного исследования;

– создать диаграмму Гантта;

– определить бюджет научного проекта;

– определить ресурсоэффективность проекта.

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения внедрения технического решения с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В ходе работы проводилась технологическая подготовка производства изготовления детали «Шайба поворотная». Объем выпуска продукции составляет 10000 шт. в год. В следствии этого, потенциальными потребителями результатов исследования выступают машиностроительные предприятия, находящиеся в любой области Российской Федерации, оборудование которых позволяет производить обработку металлов. На территории Томской области

выделим такие предприятия, как: ООО «Промышленная механика» (конкурент №1), ООО НПО «СибМаш» (конкурент №2).

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Для достижения поставленной цели необходимо произвести анализ конкурентных технических решений. Для этого составим таблицу, на основе которой дадим оценку конкурентоспособности данной детали.

Таблица 11 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б$_{ф}$	Б$_{к1}$	Б$_{к2}$	К$_{ф}$	К$_{к1}$	К$_{к2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
2. Удобство в эксплуатации	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
3. Эргономичность	0,1	4	3	3	0,4	0,4	0,4
4. Надежность	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
5. Безопасность	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
6. Функциональная мощность	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
8. Простота эксплуатации	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	3	4	4	0,3	0,4	0,4
3.Цена	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
4.Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	4	2	0,4	0,4	0,2
Итого	1	39	34	31	3,9	3,4	3,1

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot \text{Б}_i$$

где $К$ – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$В_i$– вес показателя (в долях единицы);

$Б_i$– балл i-го показателя.

Анализ показывает, что деталь конкурентоспособна. Разработанная технология является удобной в эксплуатации и повышает производительность труда. Цена детали, изготовленной по разработанному техпроцессу в рамках допустимой нормы. Разработка выполнялась в соответствии со стандартами ЕСТПП.

3.1.3 SWOT-анализ

SWOT–анализ–представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешнейи внутренней среды проекта, и позволяет определить:

– Сильные стороны и преимущества микропроцессорного реле, его конкурентоспособная сторона;

– Слабые стороны микропроцессорного реле в конкурентной борьбе с другими типами реле;

– Возможности для развития и улучшения конкурентной позиции;

– Угрозы, наносящие ущерб проекту и наиболее эффективные действия для защиты от них.

Результаты SWOT-анализа представлены ниже.

Таблица 12 – Матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1: Высокий уровень заготовительной операции С2: Высокая точность расчетов расхода С3: Большой монтажный период С4: Высококвалифицированный персонал С5: Низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиям	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1: Низкий коэффициент использования материала Сл2: Высокая цена материала Сл3: Наличие вращающихся частей станков
Возможности: В1: Увеличение производительности продукции В2: Автоматизация технологического процесса В3: Снижение затрат на заготовки готовой продукции В4: Снижение затрат на себестоимость продукции	При использовании современного оборудования и УП обеспечивается автоматизация процесса, что приводит к уменьшению себестоимости продукции;	Автоматизация техпроцесса приводит к созданию новых конкурентных технологий
Угрозы: У1: Отсутствие спроса на технологии производства У2: Ограничения на экспорт материала У3: Введения дополнительных государственных требований к стандартизации и сертификации продукции У4: Угрозы выхода из строя	Использование современного оборудования побуждает введение дополнительных требований к сертификации продукции	Развитие технологий приводит к введению дополнительных государственных требований к сертификации продукции

При разработке технологического процесса изготовления детали «Шайба поворотная», технолог нацелен на проектирование с возможно большим внедрением сильных сторон. Это влияет, прежде всего, на качество и востребованность продукции.

Несмотря на то, что для данного анализа сильных сторон, не исключен случай, когда какая-либо одна из слабых сторон окажется наиболее сильным фактором, негативно влияющим на разработку технологического процесса изготовления детали, чем все вместе взятые сильные стороны. Для данного случая таким фактором может быть Сл2 - «Высокая цена материала». К примеру, при любом проектировании систем с использованием более простых универсальных электрических и конструктивных систем внутризаводской и внутрицеховой сети всегда будет присутствовать сложность в эксплуатации, ввиду наличия высокой ответственности и сложности технической системы для персонала и для потребителей. Но именно для этого разрабатываются и усовершенствуются разработки универсальных, простых и безопасных систем с использованием автоматизированного управления, что позволит минимизировать влияние слабых сторон.

3.2 Планирование научно–исследовательских работ

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Результат представлен в таблице 13.

Таблица 13 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка	1	Составление и утверждение	Руководитель

технического задания		технического задания	
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Исполнитель
	3	Сбор исходных данных (анализ разрабатываемого технологического процесса изготовления детали)	Исполнитель
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Расчет режимов и мощности резания переходов	Исполнитель
	5	Нормирование технологических операций	Исполнитель, Руководитель
	6	Выбор оборудования	Исполнитель
Разработка технической документации и проектирование	7	Проектирование оснастки для облегчения изготовления детали «Шайба поворотная»	Исполнитель, Руководитель
Оформление отчета по ВКР	8	Оформление пояснительной записки	Исполнитель, Руководитель
	9	Защита проекта	Исполнитель, Руководитель

3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения проекта

В данном разделе определим трудоемкость работы инженера и руководителя и построим диаграмму Ганта, которая характеризует даты начала и окончания выполнения работ.

В приведённой ниже таблице приведены расшифровки величин, которые используются в таблице 14.

Таблица 14 – Обозначение величин

Обозначение	Расшифровка	Единицы измерения
$t_{ожi}$	Ожидаемая трудоемкость выполнения *i*-ой работы	чел.-дни
t_{mini}	Минимально возможная трудоемкость выполнения заданной *i*-ой работы	чел.-дни
t_{maxi}	Максимально возможная трудоемкость выполнения заданной *i*-ой работы	чел.-дни
T_{ki}	Продолжительность выполнения *i*-й работы в календарных днях	дни
T_{pi}	Продолжительность выполнения *i*-й работы в рабочих днях	дни

Таблица 15 – Временные показатели проекта

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{рi}$		Длительность работ в календарных днях $T_{кi}$	
	t_{min},чел-дни		t_{max},чел-дни		$t_{ожi}$, чел-дни					
	Руководитель	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель
Составление и утверждение Технического задания	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
Подбор и изучение материалов по теме	-	6	-	10	-	8	-	8	-	10
Сбор исходных данных	-	6	-	10	-	8	-	8	-	10
Расчет режимов и мощности резания переходов	-	6	-	10	-	8	-	8	-	10
Нормирование технологических операций	1	12	1	14	1	13	0,5	6,5	1	8
Выбор оборудования	-	2	-	4	-	3	-	3	-	4
Проектирование оснастки	1	12	1	14	1	13	0,5	6,5	1	8
Оформление пояснительной записки	1	5	1	9	1	7	0,5	3,5	1	4
Защита проекта	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	1	1

Пример расчёта

Ожидаемое значение трудоемкости:

$$t_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1{,}4 \approx 2 \text{ чел} - \text{дней};$$

Продолжительность работы в рабочих днях:

$$T_{\text{р}} = \frac{t_{\text{ож}}}{\text{Ч}} = \frac{2}{1} = 2 \text{ дня};$$

Коэффициент календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{\text{Т}_{\text{кал}}}{\text{Т}_{\text{кал}} - \text{Т}_{\text{вых}} - \text{Т}_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 66} = 1{,}22;$$

Продолжительность работы в календарных днях:

$$T_k = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 2 \cdot 1{,}22 = 2{,}54 \approx 3 \text{ дня}.$$

На основании таблицы 15 строим календарный план-график.

Вид работ	Исполнители	Раб. дни	Продолжительность выполнения работ							
			Март	Апрель			Май			Июнь
			3	1	2	3	1	2	3	1
1. Составление и утверждение ТЗ	Руководитель	1	–							
2.Сбор и изучение литературы	Исполнитель	8	—							
3.Сбор исходных данных	Исполнитель	8		—						
4.Расчет режимов и мощности резания переходов	Исполнитель	8			—					
5. Нормирование технологических операций	Исполнитель	13				—				
	Руководитель	1				–				
6. Выбор оборудования	Исполнитель	3					—			
7. Проектирование оснастки	Исполнитель	13					—			
	Руководитель	1						–		
8. Оформление пояснительной записки	Исполнитель	7							—	
	Руководитель	2							–	
9. Защита Технического проекта	Исполнитель	1								–
	Руководитель	1								–

– - руководитель; — - Исполнитель

Рисунок 1.15 – График Ганта

Исходя из диаграммы продолжительности работ, определяется участие каждого специалиста рабочей группы в разработке проекта: Руководитель 6 дней, Исполнитель 61 день. Общая продолжительность выполнения ВКР составила 67 рабочих дней.

3.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ производится расчет:

- материальных затрат НТИ;
- затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основной заработной платы исполнителей темы;
- дополнительной заработной платы исполнителей темы;
- отчислений во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладных расходов.

3.3.1 Расчет амортизационных отчислений

Написание выпускной квалификационной работы по плану занимает 4 месяца. Для моделирования и проведения расчётов используется персональный компьютер первоначальной стоимостью 45000 рублей. Срок полезного использования для офисной техники составляет от 2 до 3 лет. Норма амортизации $Н_А$ рассчитывается как:

$$Н_А = \frac{1}{Т} \cdot 100\%$$

Где Т-срок полезного использования, лет.

Если принять срок полезного использования равным 3 годам, тогда норма амортизации:

$$Н_А = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33{,}3\%$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$А_{год} = 45000 * 0{,}33 = 14850 \text{ руб.}$$

Ежемесячные амортизационные отчисления:

$$А_{мес} = 14850/12 = 1238 \text{ руб}$$

Итоговая сумма амортизации основных средств:

$$А = 1238 * 4 = 4952 \text{ руб}$$

3.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп},$$

Где $З_{осн}$– основная заработная плата;

$З_{доп}$– дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата ($З_{осн}$):

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_р,$$

где$З_{осн}$– основная заработная плата;

$T_р$– продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 8);

$З_{дн}$– среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата:

Для руководителя

$$З_{дн} = \frac{З_{тс} \cdot З_{р.к}}{F_д}$$

где $З_{тс}$– заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$З_{доп}$ – доплаты и надбавки, руб.;

$З_{р.к.}$ – районная доплата, руб.;

$F_д$– действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 16.

Таблица 16 – Расчёт основной заработной платы

Исполнитель	Оклад	Зарплата месячная	Среднедневная заработная плата в день, руб	Продолжительность работ, раб. Дн	Основная заработная плата, руб
Руководитель	33 664	33 664	1 603	6	9 618
Инженер	12 664	12 664	603	61	36 783
Итого					46 401

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Руководитель:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0{,}15 \cdot 9\,618 = 1\,442 \text{ руб}$$

Инженер:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0{,}15 \cdot 36\,783 = 4\,414 \text{ руб}$$

где $k_{доп}$– коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Таким образом затраты на дополнительную заработную плату составили 5 856 рублей.

3.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые взносы)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величинаотчисленийвовнебюджетныефондыопределяетсяисходяизследую щейформулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп})$$

где $k_{внеб}$– коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). В 2022 году равен 30,2%.

Расчет отчислений во внебюджетные фонды представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата
Руководитель	9 618	1 442
Исполнитель	36 783	4 414
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды, %	30,2	30,2
Итого:	14 013	1 768

Накладные расходы принимаются в размере 10% от величины всех остальных расходов.

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 18.

Таблица 18 – Бюджет затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Амортизационные отчисления	4 952
Основная заработная плата	46 401
Дополнительная заработная плата	5 856
Страховые взносы	15 781
Накладные расходы	7 353
Итого	80 883

3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности произведено на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой и ресурсной эффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в ходе оценки бюджета затрат вариантов исполнения научного исследования.

Интегральный финансовый показатель разработки находится по формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{max}- максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Для определения интегрального показателя финансовой эффективности использована оценка бюджета затрат вариантов исполнения технологии изготовления детали «Шайба поворотная» (базового технологического процесса, применяемого на машиностроительных предприятиях и технологии изготовления, разработанного в рамках данного научного исследования). Экспертная оценка бюджета затрат исполнения технологии составляет 120 000 руб.

Интегральный финансовый показатель составил:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} = \frac{80\,883}{120\,000} = 0{,}67$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{120\,000}{120\,000} = 1$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает численное удешевление затрат разработки технологии изготовления детали «Шайба поворотная».

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования определен следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_{i,}$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент проекта;

b_i – балльная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 19 - Сравнительная оценка характеристик исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Разработанный тех. процесс	Базовый тех. процесс
1. Способствует росту производительности труда	0,1	5	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)ь	0,15	4	3
3. Безопасность	0,15	5	4
4. Энергосбережение	0,2	4	4
5. Надежность	0,25	4	3
6. Материалоёмкость	0,15	5	4
Итого:	1,00	4,4	3,6

$$I_{p-\text{исп1}} = 0{,}1 \cdot 5 + 0{,}15 \cdot 4 + 0{,}15 \cdot 5 + 0{,}2 \cdot 4 + 0{,}25 \cdot 4 + 5 \cdot 0{,}15 = 4{,}4$$

$$I_{p-\text{исп2}} = 0{,}1 \cdot 4 + 0{,}15 \cdot 3 + 0{,}15 \cdot 4 + 0{,}2 \cdot 4 + 0{,}25 \cdot 3 + 4 \cdot 0{,}15 = 3{,}6$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$.) определен на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{I_{\text{р}-\text{исп.1}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}}} = \frac{4{,}4}{0{,}67} = 6{,}6$$

$$I_{\text{исп.2}} = \frac{I_{\text{р}-\text{исп.2}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}}} = \frac{3{,}6}{1} = 3{,}6$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволило определить сравнительную эффективность проекта таблица 20.

Сравнительная эффективность проекта (Эср):

$$\text{Э}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}} = \frac{6{,}6}{3{,}6} = 1{,}8$$

Таблица 20 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработанный тех. процесс	Базовый тех. процесс
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,67	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,4	3,6
3	Интегральный показатель эффективности	6,6	3,6
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,8	

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволило выбрать более эффективный вариант исполнения научного исследования с позиции финансовой и ресурсной эффективности – разработанный в рамках ВКР по разработке технологии изготовления детали «Шайба поворотная».

Таким образом, в результате проведенных исследований, установлено, что разработанная технология изготовления детали «Шайба поворотная» требует меньших затрат разработки, энергоэффективна, показывает низкую

металлоемкостью и высокую производительностью труда. Это означает, что этот проект конкурентоспособен.

Вывод по разделу

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были оценены экономические аспекты разработки технологии изготовления детали «Шайба поворотная». Выявлены потенциальные потребители, конкуренты технических решений. В роли потребителей выступают машиностроительные предприятия, оборудование которых позволяет производить обработку металлов. В ходе SWOT-анализа выявлено, что основной угрозой можно обозначить: возможное ведение дополнительных государственных требований к сертификации продукции. Подсчёт затрат на разработку позволяет заключить, что основной статьёй расходов в научно-исследовательской работе является заработная плата исполнителей: основная – 46401 руб., дополнительная – 5856 руб. На втором месте страховые взносы – 15781 руб. Общий бюджет разработки составил 80883 руб. При этом запланированная продолжительность работы составляет 61 день. Так же оценена экономическая эффективность разработки. Разрабатываемая технология по сравнительному показателю эффективности превосходит аналогичные технологии за счёт меньшей стоимости.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО		
З-4А7Б	Ванюхин Владислав Александрович		
Школа	**ИШНПТ**	**Отделение (НОЦ)**	**Отделение машиностроения**
Уровень образования	Бакалавриат	**Направление/ специальность**	*15.03.01 Машиностроение*

Тема ВКР:

Проектирование технологии изготовления детали «Шайба поворотная»	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения	*Объект исследования: технологический процесс детали «Шайба поворотная»* *Область применения машиностроительное предприятие.* *Рабочая зона: аудитория 16 корпуса ТПУ.* *Размеры помещения 12x12x4 м* *Количество и наименование оборудования рабочей зоны ПК – 10 шт.* *Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне проектирование тех. процесса детали «Шайба поворотная».*
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	- ГОСТ 12.2.032-78 Рабочее место при выполнении работ сидя - СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи». - ТК РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ ФЗ (ред. от 25.02.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2022)
2. Производственная безопасность при разработке проектного решения: – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов	Вредные производственные факторы: - Отклонение показателей микроклимата - Превышение уровня шума - Повышенный уровень электромагнитного излучения - Недостаточная освещенность рабочей зоны - Психофизиологические факторы - Статические физические нагрузки Опасные факторы: - Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения:	*Воздействие на литосферу: бытовые отходы (отходы, образующиеся при поломке ПК).* *Воздействие на гидросферу: отсутствует* *Воздействие на атмосферу: отсутствует*
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	Возможные ЧС: разрушение зданий и сооружений учебного корпуса, аварии в системах жизнеобеспечения Наиболее типичная ЧС может быть пожар в здании
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	13.12.2021г

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич Ольга Алексеевна	к.б.н.		13.12.2021г

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-4А7Б	Ванюхин Владислав Александрович		13.12.2021г

4. Социальная часть

Введение

Целью выпускной квалификационной работы является проектирование технологии изготовления детали «Шайба поворотная».

В данной главе рассматриваются вредные и опасные производственные факторы, воздействующие на персонал в ходе выполнения проектных работ, а также безопасность в чрезвычайных ситуациях и экологическая безопасность.

Разработка проекта выполняется инженером-проектировщиком в исследовательской лаборатории на персональном компьютере (ПК). В процессе разработки инженер-проектировщик подвергается воздействию целого комплекса различных факторов среды, формирующих условия труда и оказывающие влияние на его здоровье.

Условия труда характеризуются вредными и опасными факторами, которые могут привести к ухудшению здоровья или к несчастному случаю. Основной целью улучшения условий труда является обеспечение безопасности труда, сохранение жизни и здоровья персонала, минимизация количества несчастных случаев и заболеваний.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"[9], при размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора) должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 1,2 м.

Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5 – 2,0 м.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600 – 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

Обязательное социальное страхование работников регламентируется[10]. Работодатели обязуются обеспечить своим подчиненным социальное страхование от возможных производственных несчастных случаев. Также представленный вид страхования может применяться в случае возникновения профессионального заболевания.

На основании Федерального закона №125 - ФЗ получать выплаты могут:

1. физические лица, выполняющие свои обязанности на основании заключенного контракта, трудового договора со страхователем;

2. лица, которые были осуждены к лишению свободы на определенный срок, привлеченные к труду страхователями;

3. физические лица, которые выполняют работу на основании гражданского или правового договора.

Именно они подлежат страхованию от полученных всевозможных несчастных случаев во время рабочего времени. Также сюда можно отнести профессиональные заболевания, которые указываются в соответствующих

договорах. При наступлении такого страхового случая страхователь обязуется полностью уплачивать страховщику все необходимые взносы.

Пособия и их размеры по временной нетрудоспособности и условия их выплаты устанавливаются ст. 236 ТК РФ.

Порядок исчисления пособия по временной нетрудоспособности:

1. Рассчитывается средний дневной (часовой) заработок;
2. Рассчитывается дневное (часовое) пособие исходя из среднего дневного (часового) заработка;
3. Рассчитывается максимально возможный размер дневного (часового) пособия исходя из установленных ограничений;
4. Рассчитывается пособие по временной нетрудоспособности.

Работники всех категорий подлежат обязательному социальному страхованию (ОСС) вне зависимости от их желания. Обязанность создания гарантий возложена на работодателей и производится за счет расходов предприятия.

Законодательство обеспечивает гражданам страхование в случае:

- необходимости получения медицинской помощи;
- возникновения нетрудоспособности;
- рождения ребенка и ухода за ним в раннем возрасте;
- получения травм и увечий при исполнении профессиональных обязанностей.

Законодательство обеспечивает виды страхования:

- пенсионные выплаты по старости или при получении инвалидности;
- пособия по нетрудоспособности и единовременные платежи в защиту материнства и детства;
- оплату медицинского обслуживания в государственных медицинских учреждениях[10].

4.2 Производственная безопасность

4.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Вредные производственные факторы – это такие факторы, воздействие которых на работника может привести к его заболеванию. Опасные производственные факторы – это такие факторы, воздействие которых на работника может привести к его травме.

В таблице 21 представлены вредные и опасные производственные факторы присущие работе инженера-проектировщика в исследовательской лаборатории.

Таблица 21 - Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте инженера-проектировщика

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Отклонение показателей микроклимата	СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" - СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи».
Превышение уровня шума	
Повышенный уровень электромагнитного излучения	
Недостаточная освещенность рабочей зоны	
Психофизиологические факторы	Приказ Минтруда России от 24.07.2013 N 328н (ред. от 15.11.2018) "Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок". - ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности - ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. - СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение.
Статические физические нагрузки	
Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	

4.2.2 Отклонение показателей микроклимата

Оптимальные микроклиматические условия – сочетание параметров климата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционирования и теплового состояния без напряжения реакций терморегуляции. Согласно СанПиН

1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"[11], все виды работ при различной степени их интенсивности разделяют на три категории: легкие, средней тяжести и тяжелые. Работа на ПК в офисном помещении относится к классу легких работ с энергозатратами 150 ккал/час, т.е. к классу работ I б. Для данного типа работ допустимые величины микроклиматы должны обеспечиваться при следующих условиях[12]:

− перепад температуры воздуха по высоте должен быть не более 3° С;

− перепад температуры воздуха по горизонтали, а также ее изменения в течение смены не должны превышать 4° С.

Согласно СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания[11], оптимальные параметры микроклимата должны соответствовать данным таблицы 22.

Таблица 22 - Оптимальные параметры микроклимата на рабочем месте

Период года	Температура, град. С°	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	Температура поверхностей, t С°
Холодное	21-23	60-40	< 0,1	20-24
Теплое	22-24	60-40	< 0,1	21-25

Одним из факторов влияющим на микроклимат в офисном помещении при работе с ПК являются источники тепла, к ним относится установленное в помещении оборудование и приборы освещения, а также солнечная радиация.

Для поддержания соответствующих микроклиматических параметров на рабочем месте используются системы вентиляции и отопления. Для обеспечения достаточного, постоянного и равномерного нагревания воздуха в помещении в холодный период года, а также пожаробезопасности используется система отопления. В помещении используется водяная система отопления. Достоинством данной системы является то, что она гигиенична, надежна в

эксплуатации, и обеспечивает возможность регулирования температуры в широких пределах.

Предлагается установка вентиляторов или системы кондиционирования. Система кондиционирования воздуха предназначена для поддержания постоянной влажности и температуры.

4.2.3 Повышенный уровень шума

Шум создается работающим оборудованием, преобразователями напряжения, работающими осветительными приборами дневного света, а также проникает извне. Особенно неблагоприятно шум действует на орган слуха. Шум с уровнем звукового давления до 30-35 дБ привычен для человека и не беспокоит его. Повышение этого уровня до 40-70 дБ в условиях производственной среды приводит к неблагоприятным для организма последствиям. Последствия шума – головная боль, быстрая утомляемость, бессонница или сонливость, ослабление памяти, снижение реакции и т.д.

Для снижения шума, на рабочем месте от внутренних и внешних источников, применяют следующие методы[12]:

− уменьшение шума в источнике;

− рациональное планирование помещения;

− звукоизоляция и звукопоглощение.

Наиболее эффективной из перечисленных мер является уменьшение шума в источнике. Однако это связано с наибольшими затратами, так как требует конструкторской переработки узла или механизма. Также возможно применение менее шумного оборудования, в частности, установку вентиляторов меньшей мощности, удовлетворяющих условиям работы оборудования.

Основным источником шума в комнате являются вентиляторы системы охлаждения ПК. Уровень шума колеблется от 20 до 30 дБА.

Согласно 5. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки [13] при выполнении основной работы на персональном компьютере уровень звука на рабочем месте не должен превышать 50 дБА, что так же представлено в таблице 23.

Таблица 23 – Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами									Уровни звука в дБА
31,5 Гц	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц	50
86 дБ	71 дБ	61 дБ	54 дБ	49 дБ	45 дБ	42 дБ	40 дБ	38 дБ	

4.2.4 Повышенный уровень электромагнитного излучения.

Контакт с электромагнитными излучениями представляет существенную опасность для человека, по сравнению с другими вредными факторами (повышенное зрительное напряжение, психологическая перегрузка, сохранение длительное время неизменной рабочей позы). В рассматриваемом случае источником электромагнитного излучения является компьютерная техника. Длительное воздействие интенсивных электромагнитных излучений промышленной частоты может вызывать повышенную утомляемость, появление сердечных болей, нарушение функций центральной нервной системы[14].

Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц 250 нТл, и 25 нТл в диапазоне от 2 до 400 кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500 В [14]. В ходе работы использовалась ПЭВМ со следующими характеристиками: напряженность электромагнитного поля 2,5 В/м; поверхностный потенциал составляет 450 В[15] .

Согласно ГОСТ 12.1.007-76.[16] , конструкция ПЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от корпуса не более 0,1 мбэр/ч (100мкР/ч). Предел дозы облучения для работников ВЦ (операторы, программисты) составляет 0,5 бэр/год.

Для снижения излучений необходимо выполнить следующее: сертифицировать ПЭВМ (ПК) и аттестовать рабочие места; применить экраны и фильтры; произвести организационно-технические мероприятия.

Нормы электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ приведены в табл. 4, в соответствии с СП 2.4.3648-20 [14].

Таблица 24 – Допустимые уровни ЭМП, создаваемые ПЭВМ на рабочих местах

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряжённость электрического поля	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

4.2.5 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Рациональное освещение помещений и рабочих мест – одно из важнейших условий создания благоприятных и безопасных условий труда.

По нормативу СанПиН 1.2.3685-21 [17] освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего оборудования должна быть 300 лк для.

Для всех рабочих мест внутри помещений и для рабочих мест вне помещений, на которых выполняется конкретная работа, основной нормируемой величиной является освещенность на рабочем месте. Величина нормируемой освещенности зависит, прежде всего, от характера выполняемой

работы. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк [17].

Яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90° с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более 200 кд/м, защитный угол светильников должен быть не менее 40°. Коэффициент запаса (Кз) для осветительных установок общего освещения должен приниматься равным 1,4. Коэффициент пульсации не должен превышать 5%.

Недостаточное освещение ослабляет внимание, а также способствует быстрой утомляемости. Чрезмерно яркое освещение приводит к ослеплению, раздраженности и рези в глазах. Все эти причины могут привести к ухудшению зрения [10].

4.2.6 Психофизиологические факторы

В процессе деятельности помимо состояния утомления возникает состояние монотонности, отрицательно действующее на работоспособность человека. Состояние монотонности отрицательно действует на организм работающих, приводя к преждевременному утомлению.

Эмоциональное напряжение может по-разному влиять на поведение человека. В соответствии с преобладанием у человека процесса возбуждения или торможения состояние эмоционального напряжения может являться причиной неправильных действий и ухудшения производственной обстановки [14].

1. При работе с ПК во избежание появления головных болей, мигреней и ухудшения самочувствия в соответствии с СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи» рекомендуется соблюдать следующий регламент:

− рекомендуемая полная продолжительность рабочего времени за экраном монитора взрослого пользователя, использующего обычный монитор с защитным фильтром − 4 часа за 8-ми часовой рабочий день.

− в конце каждого часа работы необходимо делать 5 - минутный перерыв, а через каждые 2 часа - 15 минутный, выключить монитор и покидать рабочее место.

4.2.7. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека

К опасным факторам можно отнести наличие в помещении большого количества аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50 Гц. По опасности электропоражения комната относится к помещениям без повышенной опасности [18].

Электрический ток имеет существенные особенности, отличающие его от других опасных и вредных производственных факторов. Первая особенность электрического тока в том, что человек его не может дистанционно ощущаться. Вторая особенность электрического тока состоит в том, что он, протекая через тело человека нарушает нормальную деятельность отдельных органов и систем организма человека (нервной, сердечно-сосудистой, дыхания и др.). Третьей особенностью электрического тока является риск получения электротравмы без непосредственного контакта с токоведущими частями.

Проходя через тело человека электрический ток, оказывает на него сложное воздействие, являющееся совокупностью термического, электролитического, биологического и механического воздействий, что приводит к различным нарушениям в организме, вызывая как местные повреждения тканей и органов, так и общее его поражение. Наиболее сложным является биологическое действие, которое свойственно только живым организмам.

Любое из указанных воздействий может привести к электрической травме, т.е. к повреждению организма, вызванному воздействием электрического тока или электрической дуги. Электрические травмы условно можно разделит на два вида: местные электротравмы и электрические удары.

Местные электротравмы – это четко выраженные местные нарушения целостности тканей организма. Обычно это поверхностные повреждения, т.е. поражения кожи, а иногда других мягких тканей, а также связок и костей.

Электрический удар является очень серьезным поражением организма человека, вызванным возбуждением живых тканей тела электрическим током, сопровождающимся судорожным сокращением мышц.

По опасности поражения электрическим током помещение относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствует влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения с имеющими соединение с землей металлическими предметами и металлическими корпусами оборудования.

В качестве дополнительной защиты электроприборов в комнате установлен сетевой фильтр, который предназначен для подавления высокочастотных помех, негативно сказывающихся на работе электрооборудования.

Поражение человека током может произойти в следующих случаях:

− при прикосновении к токоведущим частям во время сервиса ПК;

− при прикосновении к нетоковедущим частям, находящихся под напряжением, то есть в случае нарушения изоляции;

− при соприкосновении с полом и стенами, оказавшимися под напряжением;

− при возникновении короткого замыкания в электроприборе.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются[18]:

− изолирование токоведущих частей, исключающее возможное соприкосновение с ними;

− установки защитного заземления;

− наличие общего рубильника;

− своевременный осмотр технического оборудования, изоляции.

4.2.8 Статические физические нагрузки

При работе в позе сидя предусматривается режим труда и отдыха, включающие обеденный перерыв не менее 40 мин и перерывы по 5-10 мин через каждый час работы для профилактики застойных явлений в малом тазу. В перерывах в первую половину смены необходимо проводить физические упражнения для смены статической нагрузки динамической, а во вторую половину смены - дополнительно самомассаж спины, рук и ног для снятия статического напряжения и нормализации кровообращения [14].

4.3 Экологическая безопасность

Работа в лаборатории сопряжена с образованием и выделением газообразных, жидких и твердых отходов.

Газообразные отходы, загрязняющие воздух помещения: естественные выделения - углекислый газ, пары воды, летучие органические соединения и др. Перед выбросом воздух помещений подвергается обязательной очистке в фильтровентиляционных системах, что предотвращает атмосферу от загрязнения.

Отработанные люминесцентные лампы; офисная техника, комплектующие и запчасти, утратившие в результате износа потребительские свойства – надлежит руководствоваться Постановлением Администрации г. Томска от 11.11.2009 г. №1110 (с изменениями от 24.12.2014): бытовой мусор после предварительной сортировки складируют в специальные контейнеры для бытового мусора (затем специализированные службы вывозят мусор на городскую свалку); утратившее потребительские свойства офисное

оборудование передают специальным службам (предприятиям) для сортировки, вторичного использования или складирования на городских мусорных полигонах.

Отработанные люминесцентные лампы утилизируются в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 03.09.2010 №681. Люминесцентные лампы, применяемые для искусственного освещения, являются ртутьсодержащими и относятся к 1 классу опасности. Ртуть люминесцентных ламп способна к активной воздушной и водной миграции. Интоксикация возможна только в случае разгерметизации колбы, поэтому основным требованием экологической безопасности является сохранность целостности отработанных ртутьсодержащих ламп. Отработанные газоразрядные лампы помещают в защитную упаковку, предотвращающую повреждение стеклянной колбы, и передают специализированной организации для обезвреживания и переработки. В случае боя ртутьсодержащих ламп осколки собирают щеткой или скребком в герметичный металлический контейнер с плотно закрывающейся крышкой, заполненный раствором марганцево-кислого калия. Поверхности, загрязненные боем лампы, необходимо обработать раствором марганцево-кислого калия и смыть водой. Контейнер и его внутренняя поверхность должны быть изготовлены из не адсорбирующего ртуть материала (винипласта).

Несмотря на кажущуюся малость вклада в энергосбережение и в защиту атмосферного воздуха от загрязнения массовое движение в этом направлении, в том числе, в быту, принесет значимый эффект.

4.3.1 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Среди возможных чрезвычайных ситуаций возможны: обрушение конструкции здания, терроризм, возникновение пожара.

Наиболее возможными чрезвычайными ситуациями в рассматриваемом помещении являются возникновение пожара.

Основным нормативным документом, регламентирующим требования к пожарной безопасности, является Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [19].

Исходя из установленной номенклатуры обозначений зданий по степени пожароопасности, анализируемое в данной работе помещение относится к категории В.

Среди организационных и технических мероприятий, осуществляемых для устранения возможности пожара, выделяют следующие меры: использование только исправного оборудования; проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности; назначение ответственного за пожарную безопасность помещений; издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности; отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ; курение в строго отведенном месте; содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Необходимо предусмотреть ряд мер, направленных на обеспечение тушения пожара: обеспечить подъезды к зданию; обесточивание электрических кабелей; наличие пожарных щитов и ящиков с песком в коридорах; наличие гидрантов с пожарными рукавами; тепловая сигнализация; телефонная связь с пожарной охраной; огнетушители (более предпочтителен углекислотный ОУ-2).

Выводы по разделу

В результате выполнения раздела социальная ответственность можно сказать, что:

− был произведен анализ вредных и опасных производственных факторов, которые могут воздействовать на инженера-проектировщика в рабочей зоне (монотонность труда, акустический шум, микроклимат, освещение, поражение электрическим током);

− По опасности электропоражения помещение исследовательской лаборатории относится к помещениям без повышенной опасности;

− Инженер конструктор должен обладать II группой по электробезопасности согласно Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок;

− Согласно СанПиН 1.2.3685-21, рассматриваемый вид работ на ПК в офисном помещении относится к классу легких работ Iб;

− Аудитория, к которой работает инженер - проектировщик относится к категории помещения Г «умеренно пожароопасное»;

Исследовательская работа не оказывает существенного негативного воздействия на окружающую среду и подпадает под критерии отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам IV категории.

Заключение

В результате проведенной работы был рассмотрен чертеж детали «Шайба поворотная», проанализирована конструкция детали и ее чертеж.

Целью данной работы является разработка технологического процесса изготовления шайбы поворотной.

Анализ на технологичность показал, что деталь технологична.

Проведен выбор двух наиболее оптимальных методов получения заготовки и проведен сравнительный расчет стоимости этих заготовок.

По результатам расчетов было принято решение использовать в качестве заготовки прокат, как наиболее дешевый вариант. Также был рассчитан экономический эффект применения выбранной заготовки.

Рассчитаны припуски и технологические размеры.

Рассчитаны режимы резания и нормы технологического времени для операций.

Разработано специальное станочное приспособление для вертикально-фрезерной операции.

В графической части работы представлен рабочий чертеж детали, размерный анализ, операционный маршрут детали, сборочный чертеж приспособления.

Соответствие в социальной ответственностью и финансовой менеджмент, ресурсэффективность и ресурсосбережение.

Список литературы

1. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения, 1975. – 288 с.

2. Справочник технолога-машиностроителя [Текст]. В двух томах, под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещеряков. – М.: Машиностроение, 1985, т. 2 – 496 с., ил.

3. Скворцов В.Ф. Выбор технологических баз при изготовлении деталей: учеб. пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 56 с.

4. Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Текст]. Под ред. А.Ф. Горбацевич, В.Н. Чеботарев. Минск, Вышейшая школа, 1975., 288 с., ил.

5. Марков, В.В. Расчёт режимов резания. Курсовое и дипломное проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / В.В. Марков, А.В. Сметанников, П.И. Кискеев, Л.И. Лебедева, Д.А. Ветчинников. – Орёл: Орел-ГТУ,2010. – 112С

6. Основы технологии машиностроения: учебное пособие /В.Ф. Скворцов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012 – 350 с

7. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник / В.И. Баранчиков, А.В. Жаринов, Н.Д. Юдина и др.; Под общ. ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с., ил.

8. Машиностроение. Энциклопедия / Ред. советгК.В. Фролов (пред.) и др.М.: Машиностроение* М 38 Динамика и прочность машин. Теория механизмов и машин. Т. 1-3. В 2-х кн. Кн. 1 / К.С. Колесников, Д.А. Александров, В.К. Асташев и др.; Под общ. ред. К.С. Колесникова.

9. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".

10. Федеральный закон от 24.07.1998 N 125-ФЗ (ред. от 30.12.2021) "Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний".

11.СанПиН 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно - вычислительным машинам и организации работы».

12. ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях». - Дата введения 2013-01-01.

13. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

14. СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи».

15. СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение» (Приказ Минстроя России от 7 ноября 2016 г. № 777/пр).

16. Постановление Правительства РФ от 28 декабря 2020 г. N 2314 "Об утверждении Правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор, накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде".

17. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2022).

18. Приказ Минтруда России от 24.07.2013 N 328н (ред. от 15.11.2018) "Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок";

19.Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

20. СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи».

21. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.

22. ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях». - Дата введения 2013-01-01.

23. Приказ Минтруда России от 24.07.2013 N 328н (ред. от 15.11.2018) "Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок".

24. Постановление Правительства РФ от 12 ноября 2016 г. № 1156 «Об обращении с твердыми коммунальными отходами и внесении изменения в постановление Правительства Российской Федерации от 25 августа 2008 г. № 641».

25. СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

26. ГОСТ Р 56427-2015 Пайка электронных модулей радиоэлектронных средств «Автоматизированный смешанный и поверхностный монтаж с применением бессвинцовой и традиционной технологий».

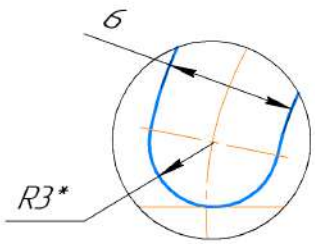
27. ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.− М.: ИПК Издательство стандартов, 1976.

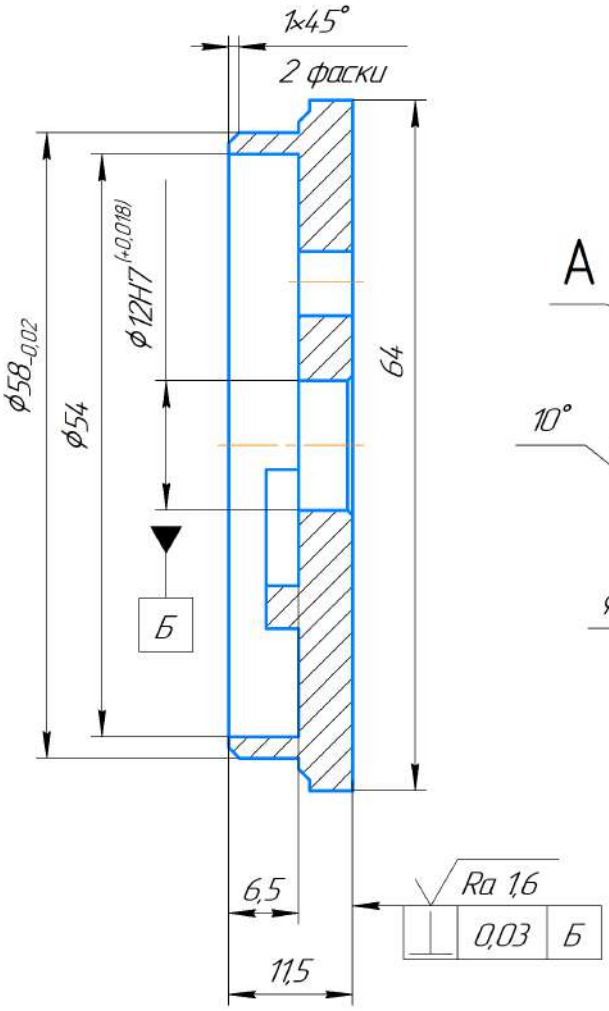
Приложение А. Чертёж детали

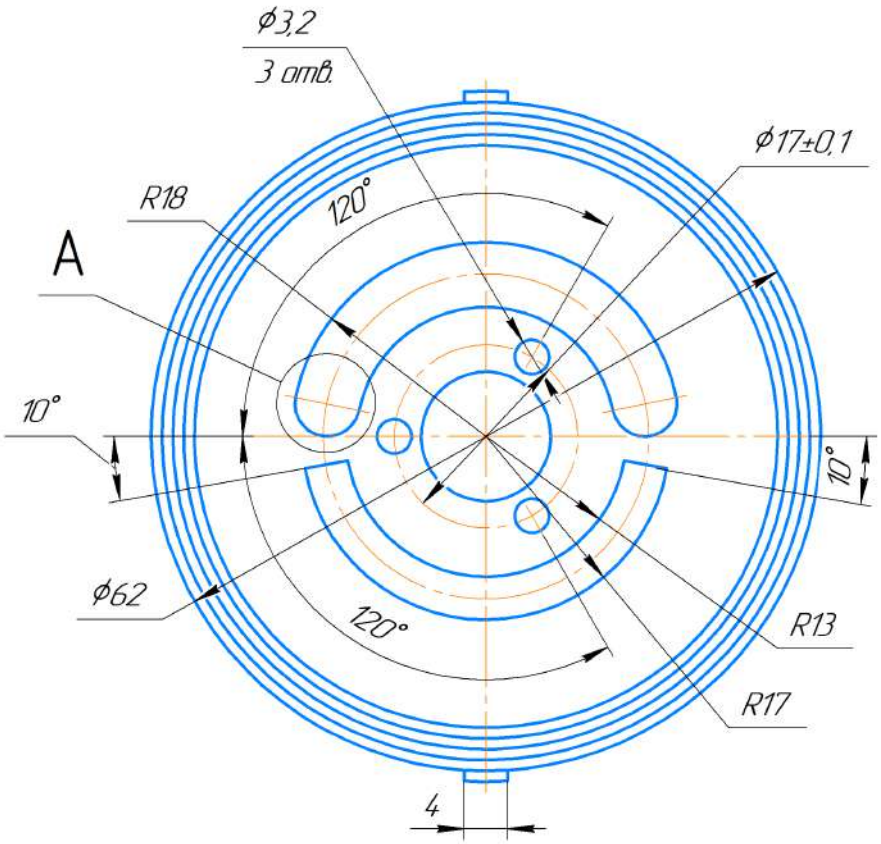
Ra 3,2 (√)

ИШНПТ-3-4А7Б05.01

A(4:1)







1 Общие допуски по ГОСТ 30893.2 –mH: H14, h14, ± IT14/2.
2 * Размер для справок.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ИШНПТ-3-4А7Б05.01			
Разраб.		Ванюхин В.А.			Шайба поворотная	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Кувшинов К.А.					0,12	2:1
Т.контр.						Лист	Листов 1	
Н.контр.					Сталь 45 ГОСТ 1050-2013	НИ ТПУ гр. 3-4А7Б		
Утв.								

Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

КОМПАС-3D V19 Учебная версия © 2021 000 «АСКОН-Системы проектирования». Россия. Все права защищены.

Не для коммерческого использования

Копировал

Формат А3

Приложение Б. Чертёж приспособления

ИШНПТ-3-4А7Б05.02.01 СБ

А–А

Б

В

10
9
14
3
25
13
23
13
5
4
27
6
21
8
11
22
16
12
15
1
20
34
24
184
76
90
ø21H9/h9
ø30H7/k7
ø8H9/h9
ø12H7/h8
0,05/100 Г
0,05/100 Д
0,15/100 Е
Г
Д

В(1:1)

А

Е

165

Б(1:1)

7
168
132
18
3 паза

В–В

19
17
28
29
33
26
18
32
30
31
ø5Н7
ø5k6

Технические характеристики

1. Усилие зажима на штоке Q=2506,2 Н.
2. Габариты 168х184х165.
3. Масса – 20 кг.

Технические требования

1. Установочные плиты обработать в сборе с приспособлением.
2. Затяжка болтов и винтов производится динамометрическим ключом. Усилия затяжки: позиция 20 – 10,5 Н*т; позиция 28 – 3,1 Н*т; позиция 30 – 1,37 Н*т.
3. Приспособление красить эмалью ПФ-133 (ГОСТ 926-82) по глифталевым и фенольным грунтовкам методом пневмораспыления.
4. Перед сборкой все подвижные и трущиеся соединения смазать смазкой Литол-24 ГОСТ 21150-87.
5. Подвижные части приспособления должны перемещаться свободно, без заедания.
6. После закрепление деталь на оправку, произвести контроль параллельности и перпендикулярности детали, измерительным инструментом.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ИШНПТ-3-4А7Б05.02.01 СБ
Разраб.		Ванюхин В.А.			Приспособление для фрезерования
Пров.		Кувшинов К.А.			Лит. / Масса / Масштаб: 20 кг / 2:1
Т.контр.					Лист / Листов: 1 / 1
Н.контр.					НИ ТПУ гр. 3-4А7Б
Утв.					

Копировал

Формат А1

КОМПАС-3D v19 Учебная версия © 2021 ООО "АСКОН-Системы проектирования". Россия. Все права защищены
Не для коммерческого использования
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Инв. № подл.

Приложение В. Спецификация приспособления

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документация		
А1				Сборочный чертеж		
				Сборочные единицы		
		1		Корпус	1	
				Детали		
		3		Оправка	1	
		4		Шток	1	
		5		Скоба	1	
		6		Маховик	1	
		7		Рукоятка	1	
		8		Стопор	1	
		9		Диск	1	
		10		Рукоятка	4	
		11		Втулка	2	
		12		Втулка	1	
		13		Втулка	2	
		14		Втулка	1	
		15		Вал	1	
		16		Крышка	1	
		17		Крышка сквозная	1	
		18		Крышка глухая	1	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

КОМПАС-3D v19 Учебная версия © 2021 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Ванюхин В.А.		
Пров.		Кувшинов К.А.		
Н.контр.				
Утв.				

ИШНПТ-3-4А7Б05.02.02

Приспособление для фрезерования

Лит.	Лист	Листов
	1	3

НИ ТПУ
гр. 3-4А7Б

Не для коммерческого использования

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
		19		Втулка промежуточная	1	
				Стандартные изделия		
		20		Винт М6-6gх12	2	
				ГОСТ 11738-84		
		21		Гайка М20	2	
				ГОСТ 5915-70		
		22		Пружина	1	
				ГОСТ 13765-68		
		23		Пружина	1	
				ГОСТ 13765-68		
		24		Шайба 6 ГОСТ 6402-70	2	
		25		Шпонка 6 х 6 х 28	1	
				ГОСТ 23360-78		
		26		Подшипник 1076096	2	
				ГОСТ 831-75		
		27		Штифт 2х6	1	
				ГОСТ 10774-80		
		28		Винт М4-6gх6	1	
				ГОСТ 11738-84		
		29		Шайба 4Л ГОСТ 6402-70	1	
		30		Винт М2-6gх6.35	8	
				ОСТ 92-0725-72		
		31		Шайба 4Л ГОСТ 6402-70	8	
		32		Прокладка	2	
		33		Штифт 2х6	1	
				ГОСТ 10774-80		

КОМПАС-3D v19 Учебная версия © 2021 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ИШНПТ-3-4А7Б05.02.02	Лист 2

Не для коммерческого использования

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Прочие изделия		
		34		Сухарь К0864.16	2	

КОМПАС-3D v19 Учебная версия © 2021 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ИШНПТ-3-4А7Б05.02.02

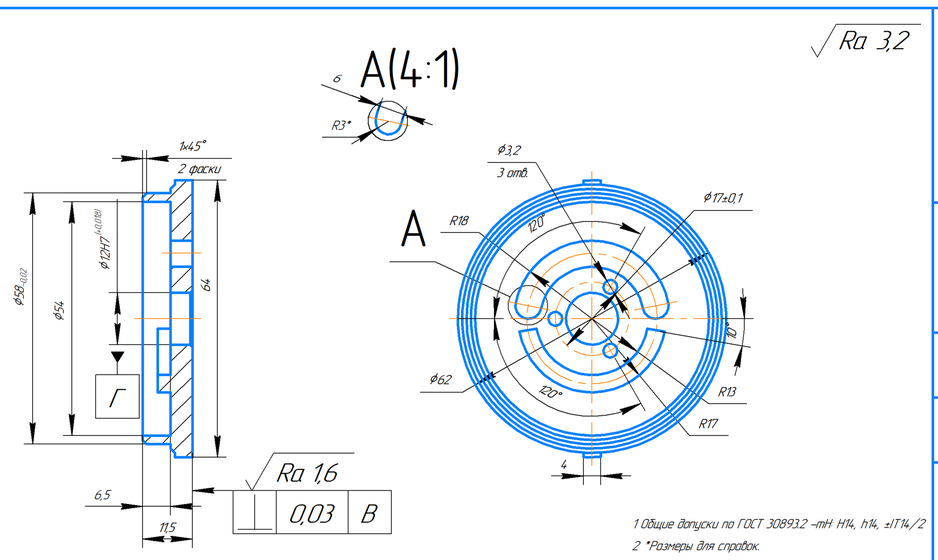
Лист 3

Не для коммерческого использования

Копировал

Формат А4

Приложение Г. Операционная карта



1 Общие допуски по ГОСТ 30893.2 -mH: H14, h14, ±IT14/2

2 *Размеры для справок.

НИ Томский Политехнический Университет

Кафедра ТАМП

Карта технологического процесса

Литера

ИШНПТ-3-4А7Б05.03

Материал	Код ед. величины	Масса детали, кг	Заготовка			
Наименование, марка			Код и вид	Профиль Размеры	Кол.	Масса, кг
Круг 70-В1 ГОСТ 2590-2006 / 45 ГОСТ 1050-2013		0,12			10000	0,48

Номер операции	Номер перехода	Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз	Оборудование	Приспособление	Инструмент: режущий	Инструмент: измерительный	Наличие одноврем. обраб. деталей	Число рабочих ходов	Диаметр или ширина в направлении подачи, мм	Длина в направлении подачи, мм	Глубина резания, мм	Режим обработки: Подача мм/об	Подача мм/мин	Частота об/мин	Скорость резания, м/мин	Нормы времени: То	ТВС	Тпз	Тшт	Тшт.к	Разряд работы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
005		Токарная с ЧПУ	Ra 25	Круглопильный отрезной автомат 8Г663-100	Тиски станочные	Дисковая пила ГОСТ 4047-82	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1-2 ГОСТ 166-89	1	1		60	0,9	50			18	1,44						
	А	Установить заготовку, закрепить																				
	1	Отрезать заготовку от прутка ф70, выдерживая размер 16±0,4 мм.																				
010		Токарная с ЧПУ	Ra 3,2	Токарно-револьверный станок с ЧПУ Haas ST-10	Трехкулачковый гидравлический самоцентрирующийся патрон	Резец подрезной ГОСТ 18880-73, пл. Т15К6	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89	1	1		35	2	0,6		900	198	0,07	0,38	22	0,84	1,03		
	А	Установить заготовку, закрепить																				
	1	Подрезать торец 1, выдержав размер $14_{-0,18}$ мм.																				
	2	Подрезать торец 1, выдержав размеры $13,5_{-0,18}$ мм.	Ra 3,2					1	1		35	0,5	0,08		194,0	4,25	0,25						
	3	Точить поверхность 1 и 2, выдерживая размеры $ф65_{-0,74}$ мм; $5,5^{+0,5}$ мм.	Ra 3,2			Резец проходной ГОСТ 18879-73, пл. Т15К6	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89	1	1		5,5	2,5	0,6		94,0	192	0,02						
015		Токарная с ЧПУ	Ra 1,6			Резец подрезной ГОСТ 18880-73, пл. Т15К6		1	1		32,5	2	0,6		900	198	0,07						
	А	Установить деталь в патрон и закрепить																				
	1	Подрезать торец, выдерживая размер $11,5_{-0,43}$ мм.																				
	2	Точить поверхности 1 – 3, выдерживая размеры $ф60_{-0,74}$ мм; 6,5±0,18 мм; 7,5±0,18 мм; 45°.	Ra 3,2					1	1		7,5	2,5	0,6		874	192	0,25	0,64	22	1,19	1,37		
	3	Точить поверхности начисто 1 и 2, выдерживая размеры $ф58,2_{-0,074}$ мм; 6,5±0,18 мм; 1,15×45° мм.	Ra 3,2					1	1		6,5	0,9	0,2		1720	324	0,02						
	4	Точить поверхности тонко 1, выдерживая размеры $ф58_{-0,02}$ мм; 6,5±0,18 мм.	Ra 3,2			Резец подрезной ГОСТ 18880-73, пл. Т15К6	Микрометр МК 75-1 ГОСТ 6507-90	1	1		6,5	0,1	0,1		2835	518	0,25						

*Размеры для справок.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Ванюхин В.А.		
Пров.		Кувшинов К.А.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

ИШНПТ-3-4А7Б05.03

Операционная карта

Лит.	Масса	Масштаб
У	0,12	1:1

Лист 1 Листов 3

Круг 70-В1 ГОСТ 2590-2006 / 45 ГОСТ 1050-2013

НИ ТПУ гр.3-4А7Б

Копировал

Формат А1

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата

КОМПАС-3D v19 Учебная версия © 2021 ООО "АСКОН-Системы проектирования". Россия. Все права защищены.

Не для коммерческого использования

КОМПАС-3D v19 Учебная версия © 2021 ООО "АСКОН-Системы проектирования". Россия. Все права защищены

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Не для коммерческого использования

| | | | |

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
030		Фрезерная с ЧПУ		Вертикально-фрезерный центр Haas CM-1	Приспособление фрезерное	Фреза концевая ГОСТ 18372-73	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89															ИШНПТ-3-4А 7Б05.03
	А	Установить деталь в патрон и закрепить						1	1		190	1,5	0,3		4087	154	0,15					
	1	Фрезеровать контур 1, выдерживая размер $\phi 62_{-0,74}$ мм.	Ra 3,2 *Размеры для справок.																			
	2	Фрезеровать выступ 1, выдержав углы 10°±30'.	Ra 3,2 *Размеры для справок.					1	1		52	4	0,12		4087	154	0,12	0,39	20	0,7	0,86	
	3	Фрезеровать контур 1–3, выдерживая размеры $R18^{+0,2}$ мм; $R13_{-0,2}$ мм; R3 мм.	Ra 3,2 A(4:1) *Размеры для справок.					1	1		47	6	0,12		3715	140	0,12					
035		Слесарная		Верстак слесарный																		
	1	Снять заусенцы притупить острые кромки																				
040		Промывочная		Моечная машина																		
	1	Промыть деталь																				
045		Контрольная																				

КОМПАС-3D v19 Учебная версия © 2021 ООО "АСКОН-Системы проектирования". Россия. Все права защищены.

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата

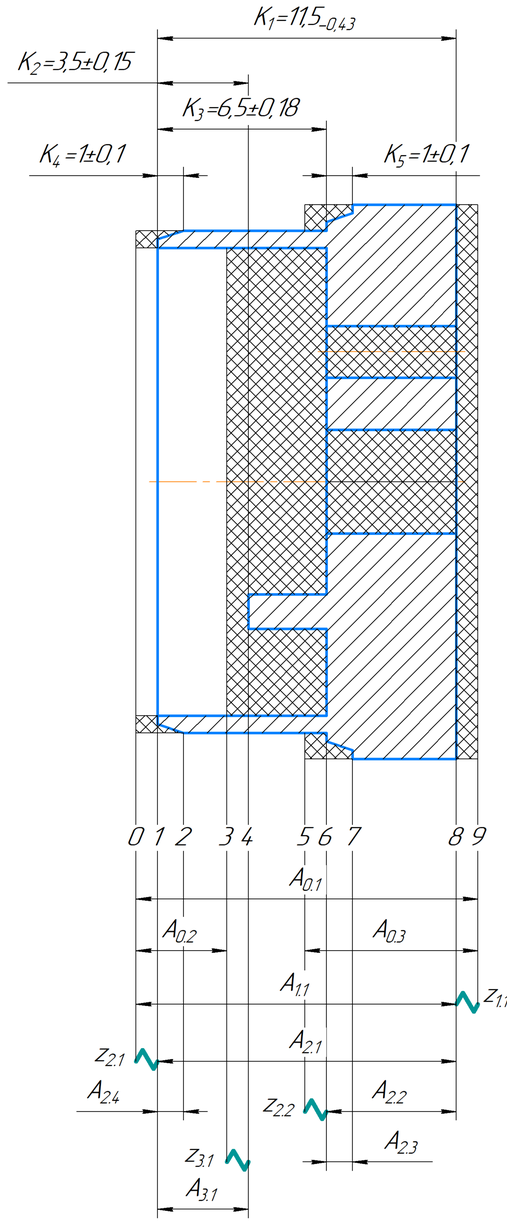
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ИШНПТ-3-4А 7Б05.03	Лист 3

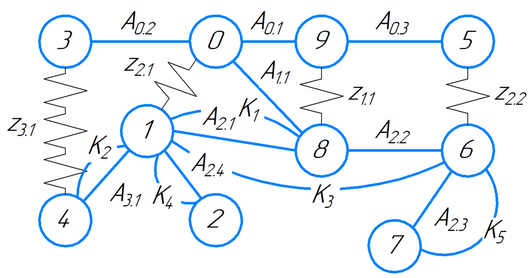
Не для коммерческого использования

Копировал Формат А1

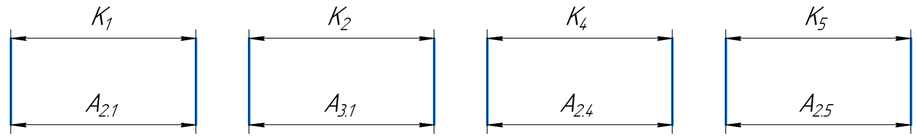
Приложение Д. Размерный анализ

Размерная схема технологического процесса изготовления Шайбы поворотной (продольное направление)

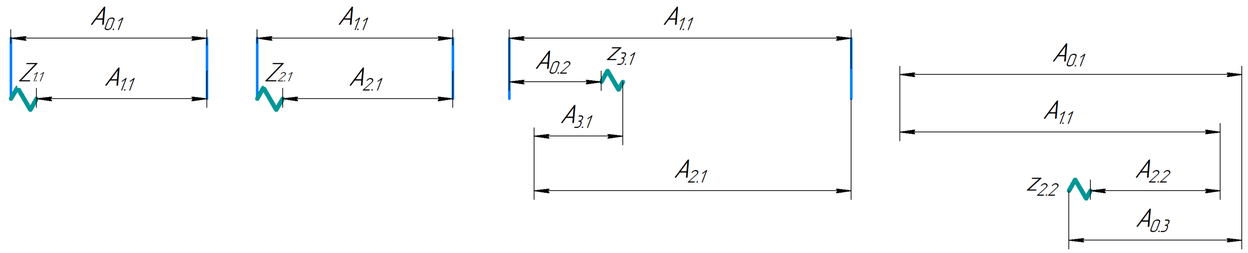




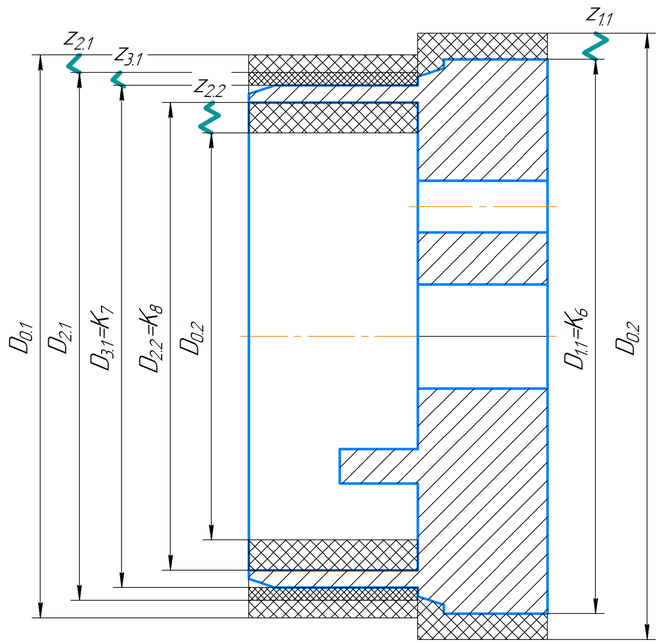
Конструкторские размеры выдерживаются непосредственно



Размерные цепи. в которых замыкающими звеньями являются припуски:



Размерная схема технологического процесса изготовления Шайбы поворотной (радиальное направление)



					ИШНПТ-3-4А7Б05.04	
					Размерный анализ	Лит. / Масса / Масштаб: 1:1
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		Лист / Листов: 1 / 1
Разраб.		Ванюхин В.А.				НИ ТПУ гр. 3-4А7Б
Пров.		Кувшинов К.А.				
Т.контр.						
Н.контр.						
Утв.						

КОМПАС-3D v19 Учебная версия © 2021 ООО "АСКОН-Системы проектирования". Россия. Все права защищены.
Не для коммерческого использования

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Копировал | Формат А2