

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»
 Отделение школы (НОЦ) отделение машиностроения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование технологического процесса изготовления детали «Полумуфта двигателя»

УДК 621.81-2-025.13

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4А7Б	Громик Артём Александрович		07.06.2022

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Лысак Илья Александрович	к.т.н., доцент		07.06.2022

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Лысак Илья Александрович	к.т.н., доцент		07.06.2022

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Клемашева Елена Игоревна	к.э.н.		07.06.2022

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич Ольга Алексеевна	к.б.н.		07.06.2022

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

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

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

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(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).</i>	Определение типа производства, составление маршрута технологических операций, размерный анализ ТП, расчет припусков и технологических размеров, расчет режимов резания и основного времени, конструирование специального приспособления.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Чертеж детали, размерный анализ, технологический процесс изготовления детали, сборочный чертеж приспособления

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Технический и конструкторский	Лысак Илья Александрович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Клемашева Елена Игоревна
Социальная ответственность	Антоневич Ольга Алексеевна
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 / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Лысак Илья Александрович	к.т.н., доцент		13.12.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4А7Б	Громик Артём Александрович		13.12.2021

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа _____ 105 _____ с., _____ 12 _____ рис., 30 _____ табл., _____ 24 _____ источника, _____ 5 _____ прил.

Ключевые слова: Полумуфта двигателя, сталь 40х, технологический процесс, приспособления, размерный анализ, машиностроение

Объектом проектирования является технологический процесс изготовления детали «Полумуфта двигателя»

Цель работы – разработка технологического процесса изготовления детали «Полумуфта двигателя». В работе используется универсальное оборудование, а также универсальное и специальное оборудование, что дает возможность снизить время изготовления детали.

В процессе проектирования проводились выбор заготовки для производства детали; определение размеров и припусков; выбор оборудования, остнастки, режущего и мерительного инструмента; расчет режимов резанья и норм времени на обработку.

В результате проектирования был разработан технологический процесс изготовления детали «Полумуфта двигателя».

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: высокие эксплуатационные показатели при минимальных затратах на изготовление

Область применения: Деталь «Полумуфта двигателя» составная часть детали «муфта», предназначенная для соединения валов и передачи крутящего момента между валами без изменения его значения и направления.

Экономическая эффективность/значимость работы: Бюджет затрат на реализацию проекта составил 482305 рублей. Показатель ресурсоэффективности (4,3) говорит об эффективной реализации проекта. На основании полученных результатов выявлено, что реализация данного проекта является экономически целесообразной.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	10
ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ	11
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС	12
1.1 Определение типа производства	12
1.2 Анализ технологичности конструкции детали	13
Таблица 1.1 - Химический состав	13
1.3 Выбор исходной заготовки	14
1.4 Разработка технологии изготовления детали.....	15
1.5 Расчет технологических размеров при проектировании технологического процесса	18
1.5.1 Расчет диаметральных технологических размеров	18
1.5.2 Расчет продольных технологических размеров	22
1.6. Расчет режимов резания.....	28
1.7. Выбор средств технологического оснащения.....	47
1.8 Нормирование технологических операция	51
1.8.1 Расчет основного времени	51
Коэффициент	53
1.8.2 Определение норм вспомогательного времени для каждой операции	53
1.8.3 Определение времени на обслуживание рабочего места	54
1.8.4 Расчет времени перерывов на отдых и личные надобности	55
1.8.5 Расчет штучного времени	56
1.8.6 Расчет штучно-калькуляционного времени	56
2. КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	58
2.1 Анализ исходных данных.....	58
Тип производства – среднесерийный Программа выпуска - 10000 шт. в год. приспособление должно иметь размеры соответствующие установочным и присоединительным размерам выбранного станка 2С50	58
2.2 Разработка принципиальной расчетной схемы и компоновка приспособления.....	59
2.3 Расчет привода приспособления	61

2.4 Описание конструкции и работы приспособления	62
3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	65
3.1 Актуальность исследования.....	65
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	65
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	67
3.2 SWOT-анализ технологического процесса изготовления детали «Полумуфта двигателя»	69
3.3. Планирование научно-исследовательских работ	69
3.3.1. Структура работ в рамках научного исследования	69
3.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	70
3.4. Бюджет научно-технического исследования.....	74
3.4.1 Расчет материальных затрат научно-технического проекта	74
3.4.2 Полная заработная плата исполнителей темы	75
3.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые взносы)	76
3.4.4 Накладные расходы	77
3.4.5 Формирование бюджета затрат научно-технического проекта	77
3.5. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	78
ВЫВОД ПО РАЗДЕЛУ	80
4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	83
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	83
4.2 Производственная безопасность	85
4.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов	87
4.3. Экологическая безопасность.....	90
4.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	91
ВЫВОД ПО РАЗДЕЛУ	93
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	95
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	96
Приложение А	99

Приложение Б	100
Приложение В.....	101
Приложение Г	102
Приложение Д.....	103

ВВЕДЕНИЕ

Цель данной выпускной квалификационной работы – разработка технологического процесса детали «Полумуфта двигателя». Полумуфта двигателя – деталь которая применяется для передачи крутящего момента между двигателем и валом.

Актуальность темы заключается в том, что деталь «Полумуфта двигателя» часто используется в машиностроительном производстве, поэтому проектирование технологического процесса изготовления подобной детали осуществляется, как правило, на каждом машиностроительном предприятии.

Предметом исследования выпускной квалификационной работы являются: выбор заготовки для производства детали; определение размеров и припусков; выбор оборудования, оснастки, режущего и мерительного инструмента; расчет режимов резанья и норм времени на обработку.

В ВКР рассматривается разработка эффективного технологического процесса изготовления детали «Полумуфта двигателя». Разрабатывается эффективный маршрут обработки детали.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Разработать технологический процесс изготовления детали «Полумуфта двигателя». Чертёж детали представлен на формате А3 в приложении А. Годовая программа выпуска: 10000 шт. Материал заготовки стали 40Х ГОСТ 4543-2016. Масса детали 1,99 кг. Деталь цилиндрической формы. Габаритные размеры детали: длина 58,5 мм, диаметр 91мм. Наиболее точной поверхностью является отверстие Ø58H7мм и паз 14JS9. В детали имеется одно ступенчатое отверстие с цилиндрической и конусной поверхностью которое должно удовлетворять условию соосности. Имеется 4 отверстия с метрической резьбой расположенные по окружности. Также имеются требования к шероховатости поверхностей $R_{max0,4}$ и $\sqrt{Ra1,6}$.

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

1.1 Определение типа производства

Тип производства определяется по коэффициенту закрепления операций

$$K_{ZO} = \frac{t_d}{t_{шс}}, \quad (1)$$

Такт выпуска деталей определяется по формуле

$$t_d = \frac{60\Phi_d}{N}, \quad (2)$$

Годовой фонд времени работы оборудования определяем по табл. 2.1 [1, с.22]

для двухсменного режима работы: $F_r = 4015$ ч.

Среднее штучное время рассчитывают по формуле

$$t_{шс} = \sum_{i=1}^n t_{ши} / n, \quad (3)$$

Штучное время каждой операции определяется как

$$t_{ш} = \varphi_k \cdot T_0, \quad (4)$$

где φ_k – коэффициент, который зависит от вида применяемого станка;

T_0 – основное технологическое время.

Заготовительная операция:

Отрезание:

$$\varphi_k = 1,5$$

$$T_0 = 0,00019 \cdot D^2$$

$$t_{ш0} = 1,5 \cdot 0,00019 \cdot 95^2 = 2,5$$

Токарная операция:

$$T_o = (0,17 \cdot d \cdot l + 0,1 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3},$$

$$\varphi_k = 2,10$$

$$T_o = (0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot 91 \cdot 58,5) \cdot 10^{-3} =$$

$$= (0,17 \cdot 91 \cdot 58,5 + 0,17 \cdot 58 \cdot 21 + 0,17 \cdot 49 \cdot 37,5) \cdot 10^{-3} = 1,4,$$

$$t_{ш5} = 2,10 \cdot 1,4 = 3,0$$

Сверлильная операция:

Сверление

$$\varphi_k = 1,72$$

$$T_0 = 0,00052 \cdot d \cdot l$$

$$t_{ш2} = (1,72 \cdot 0,00052 \cdot 6,5 \cdot 18) \cdot 4 = 0,4$$

Резьбонарезная операция:

нарезание резьбы в отверстиях

$$\varphi_k = 1,72$$

$$T_0 = 0,0004 \cdot d \cdot l$$

$$t_{ш8} = (1,72 \cdot 0,0004 \cdot 8 \cdot 15) \cdot 4 = 0,3$$

Среднештучное время:

$$t_{шс} = \frac{3,0 + 0,4 + 0,3}{3} = 1,2$$

Коэффициент закрепления операций:

$$K_{30} = \frac{60 \cdot 4015 / 10000}{1,2} = 20$$

$10 \leq K_{30} \leq 20$, что соответствует среднесерийному производству.

1.2 Анализ технологичности конструкции детали

Деталь – полумуфта двигателя представляет собой тело вращения, изготавливаемое из стали 40Х ГОСТ 4543-2016. Конструкция детали достаточно простая. Деталь «Полумуфта двигателя» имеет совокупность поверхностей, которые могут быть использованы в качестве технологических баз.

Химический состав Сталь 40Х ГОСТ 4543-2016 приведен в таблице 1.1. [22]

Таблица 1.1 - Химический состав

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Al	Ti	V	B
0,36- 0,44	0,17- 0,37	0,5- 0,8	0,8- 1,1	-	-	-	-	-	-

Деталь «Полумуфта двигателя» имеет достаточно простую конструкцию. Все обрабатываемые поверхности находятся в свободном доступе для инструмента. Обработка детали «Полумуфта двигателя» может проводиться с помощью стандартного режущего инструмента. Деталь «Полумуфта двигателя» имеет совокупность поверхностей, которые могут быть использованы в качестве технологических баз.

Предварительную обработку наружных поверхностей детали «Полумуфта двигателя» предполагается делать на токарном станке, с последующим шлифованием.

Изготавливаемая деталь «Полумуфта двигателя» является цельной деталью, и заменить её сборной конструкцией нецелесообразно. На чертеже детали «Полумуфта двигателя» имеются все необходимые виды, разрезы, сечения, включает всю необходимую информацию для ее изготовления.

На каждой поверхности указана шероховатость, которая соответствует точности размеров этих поверхностей.

Наиболее точной поверхностью является $\varnothing 58H7$ мм что предполагает токарную чистовую обработку поверхности с последующим шлифованием. Так же в детали выполняется паз шириной 14js9 по конусной поверхности с уклоном 1:10.

1.3 Выбор исходной заготовки

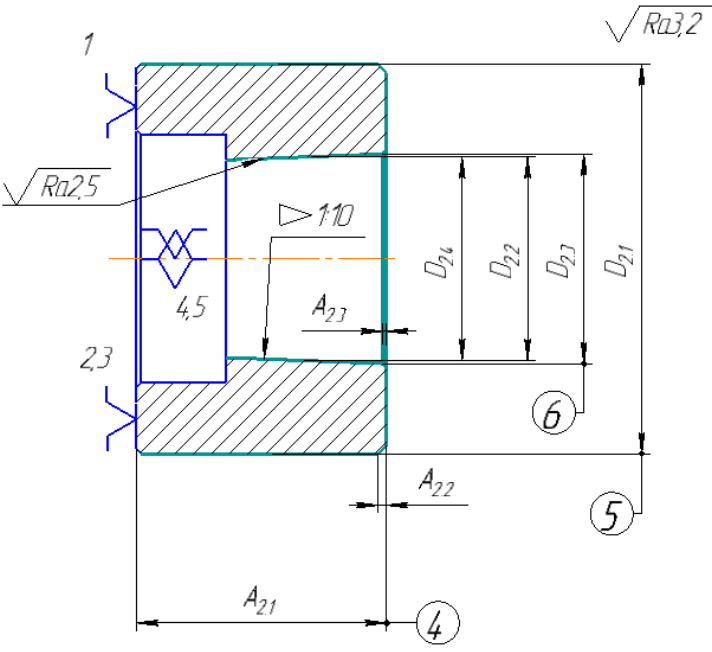
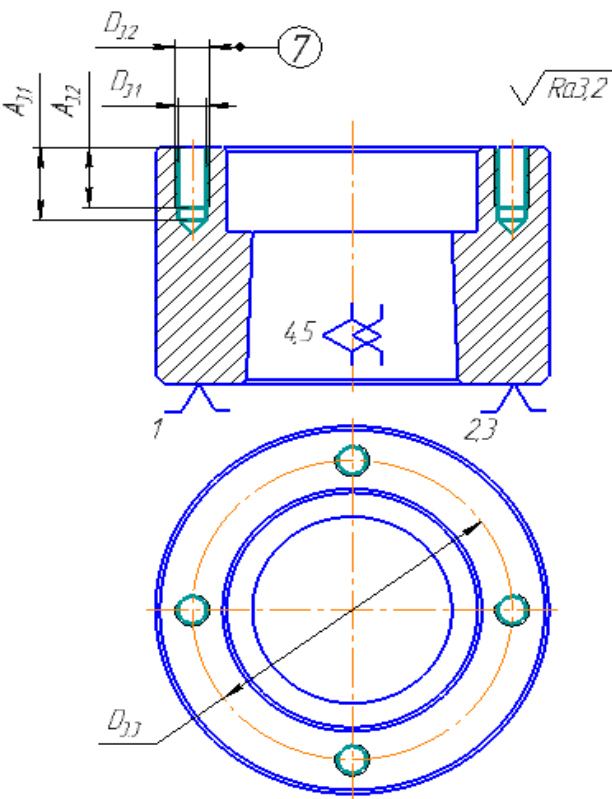
В качестве заготовки принимаем прокат трубный горячекатаный $\varnothing 95^{+0,6}_{-2,0}$ ГОСТ 8732-78. Выбор заготовки основан на критериях свойств материала детали «Полумуфта двигателя», её габаритов и массы, требований к механическим свойствам, а также типа производства.

1.4 Разработка технологии изготовления детали

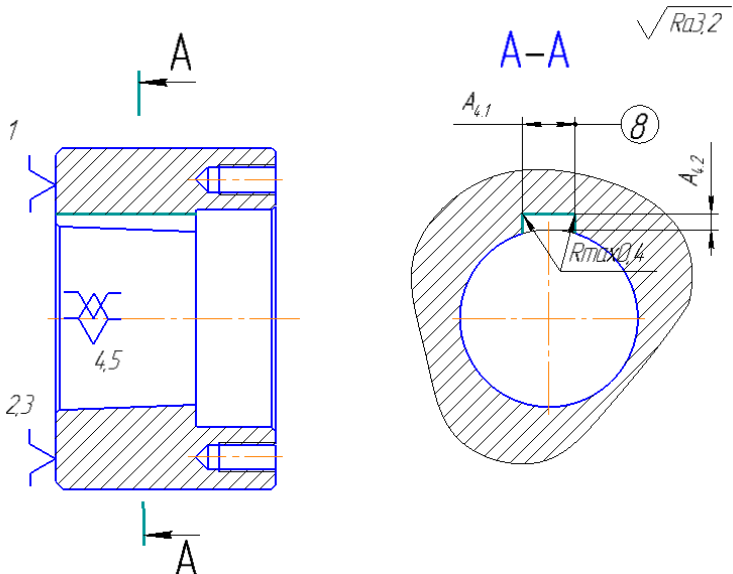
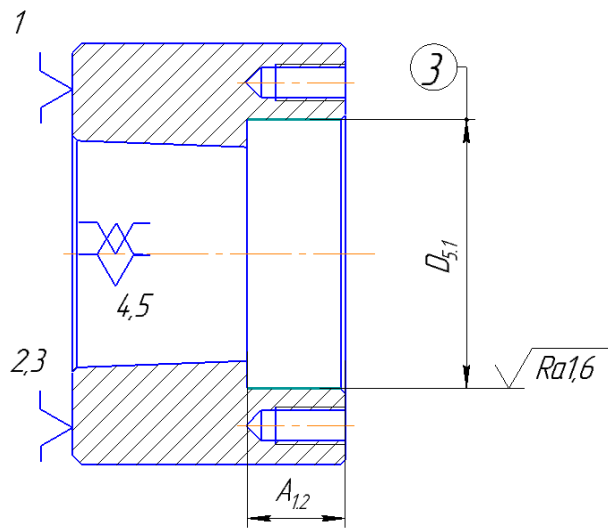
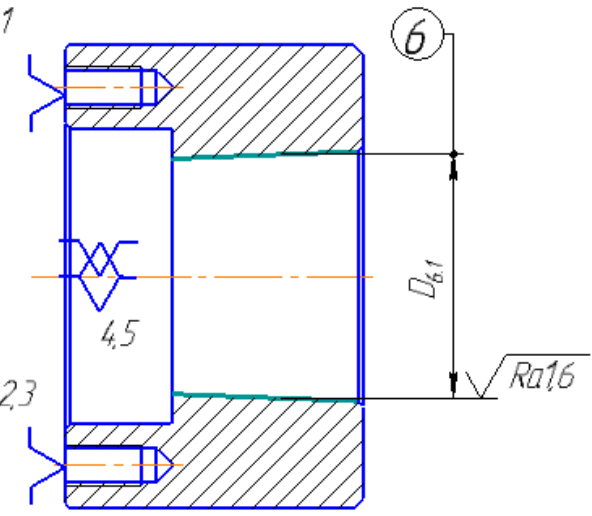
Таблица 1.2 – Технологический процесс изготовления

Номер	Операционный эскиз	Наименование и содержание операции
005		Заготовительная 1) Отрезать заготовку, выдержав размер $A_{0,1}$
010		Токарная с ЧПУ 1) Подрезать торец 1, выдержав размер $A_{1,1}$ 2) Точить фаску 2 под углом 45°, выдерживая размер $D_{1,1}$ 3) Расточить поверхность 3, выдерживая размеры $D_{1,2}$, $A_{1,2}$ предварительно 4) Расточить поверхность 3, выдерживая размеры $D_{1,3}$, $A_{1,2}$ окончательно

Продолжение таблицы 1.2

015		Токарная с ЧПУ 1) Подрезать торец 4, выдержав размер $A_{2.1}$ 2) Точить поверхность 5 и фаску однократно, выдержав размер $D_{2.1}$, $A_{2.1}$, $A_{2.2}$ 3) Расточить конусную поверхность 6 предварительно, выдержав размеры $D_{2.2}$, $D_{2.3}$, фаска $A_{2.3}$, конусность 1:10 на проход 4) Расточить конусную поверхность 6, выдержав размеры $D_{2.4}$, конусность 1:10 на проход окончательно
020		Сверлильная 1) Сверлить 4 отверстия 7, выдерживая размеры $D_{3.1}$, $D_{3.3}$, $A_{3.1}$ 2) Нарезать резьбу в 4х отверстиях 7, выдерживая размеры $D_{3.2}$, $D_{3.3}$, $A_{3.2}$

Продолжение таблицы 1.2

025		Протяжная 1) Обработать паз 8, выдержав размеры $A_{4,1}$ и $A_{4,2}$, $R_{max} 0,4$
030		Внутришлифовальная 1. Шлифовать поверхность 3, выдержав размер $D_{5,1}$ на длину $A_{1,2}$ однократно
035		Внутришлифовальная 1. Шлифовать поверхность 6, выдержав размер $D_{6,1}$, конусность 1:10 однократно на проход

1.5 Расчет технологических размеров при проектировании технологического процесса

1.5.1 Расчет диаметральных технологических размеров

Формула для расчета минимального припуска на обработку поверхностей вращения:

$$2Z_{\min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (5)$$

Таблица 1.3 - Расчет технологических размеров при обработке $\varnothing 91_{-0,4}^{+0,1}$ мм, рис. 1

№	Наименование	Rz, мкм	h, мкм	P, мкм	ε_z , мкм	2Zmin , мкм	Td , мм	Dmin , мм	Dmax , мм	Dвыб, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Прокат D _{0.1}	320	400	285	-	-	2,6	93	95,6	$\varnothing 95_{-2,0}^{+0,6}$
2	Черновое точение D _{2.1}	25	25	28	100	1740	0,3	90,6	90,9	$\varnothing 91_{-0,4}^{+0,1}$

В этой цепи известно: D_{2.1}=K_{D2.1}= $\varnothing 91_{-0,4}^{+0,1}$

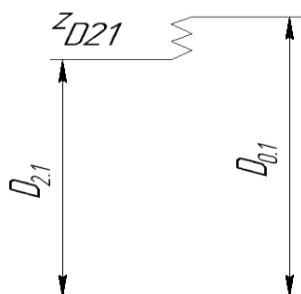


Рисунок 1 - Размерная схема обработки поверхности №5 $\varnothing 91_{-0,4}^{+0,1}$

Таблица 1.4 - Расчет припусков при Dвыб

№	Наименование	Dвыб, мм	Td, мм	Dmin, мм	Dmax, мм	2Zmin, мм
1	2	3	4	5	6	7
1	Прокат D _{0.1}	$\varnothing 95_{-2,0}^{+0,6}$	2,6	93	95,6	2Z _{D2.1} =2,4
2	Черновое точение D _{2.1}	$\varnothing 91_{-0,4}^{+0,1}$	0,3	90,6	90,9	

2. Таблица 1.5 - Расчет технологических размеров при обработке $\varnothing 49 \pm 0,31$ мм, рис. 2

№	Наименование	Rz, мкм	h, мкм	P, мкм	ε_3 , мкм	2Zmin, мкм	Td, мм	Dmin, мм	Dmax, мм	Dвыб, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Прокат D _{0.2}	320	400	285	-	-	2,6	43	45,6	$\varnothing 45^{+0,6}_{-2,0}$
2	Черновое растачивание D _{2.3}	25	25	28	100	1740	0,3	48,69	49,31	$\varnothing 49 \pm 0,31$

В этой цепи известно: $D_{2.3} = K_{D2.3} = \varnothing 49 \pm 0,31$

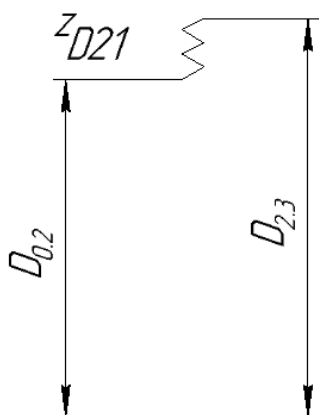


Рисунок 2 - Размерная схема обработки поверхности №6 $\varnothing 49 \pm 0,31$

Таблица 1.6 - Расчет припусков при Dвыб

№	Наименование	Dвыб, мм	Td, мм	Dmin, мм	Dmax, мм	2Zmin, мм
1	2	3	4	5	6	7
1	Прокат D _{0.2}	$\varnothing 45^{+0,6}_{-2,0}$	2,6	43	45,6	2Z _{D2.3} = 5,69
2	Черновое растачивание D _{2.3}	$\varnothing 49 \pm 0,31$	0,62	48,69	49,31	

Таблица 1.7 - Расчет технологических размеров при обработке $\varnothing 47H7^{(+0,025)}$ мм,
рис. 3

№	Наименование	Rz, мкм	h, мкм	ρ , мкм	ε_3 , мкм	2Z _{mi} п, мкм	Td, мм	D _{mi} п, мм	D _{max} , мм	Двыб, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Прокат D _{0.2}	320	400	285	-	-	2,6	43	45,6	$\varnothing 45^{+0,6}_{-2,0}$
2	Черновое растачивание D _{2.2}	40	60	22	100	0,95	0,25	46,53	46,78	$\varnothing 46,53^{+0,5}$
3	Чистовое растачивание D _{2.4}	10	40	10	100	0,4	0,1	47,08	47,18	$\varnothing 47,08^{+0,1}$
4	Шлифование D _{6.1}	6,4	20	5	80	0,14	00025	47,3	47,325	$\varnothing 47,3^{+0,025}$

В этой цепи известно: $D_{6.1}=K_{D6.1}=\varnothing 47H7^{(+0,025)}$

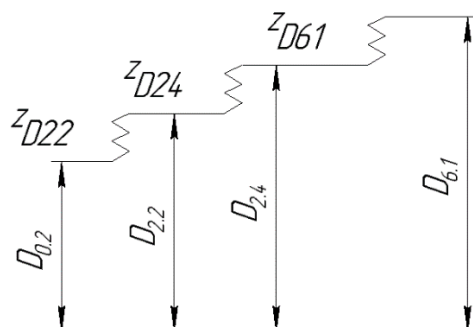


Рисунок 3 - Размерная схема обработки поверхности №6 $\varnothing 47H7^{(+0,025)}$

Таблица 1.8 - Расчет припусков при Двыб

№	Наименование	Двыб, мм	Td, мм	D _{min} , мм	D _{max} , мм	2Z _{min} , мм
1	2	3	4	5	6	7
1	Прокат D _{0.2}	$\varnothing 45^{+0,6}_{-2,0}$	2,6	43	45,6	2Z _{D2.2} =1,18
2	Черновое растачивание D _{2.2}	$\varnothing 46,53^{+0,25}$	0,25	46,53	46,78	
3	Чистовое растачивание D _{2.4}	$\varnothing 47,08^{+0,1}$	0,1	47,08	47,18	2Z _{D2.4} =0,4
4	Шлифование D _{6.1}	$\varnothing 47,3^{+0,025}$	00025	47,3	47,325	2Z _{D6.1} =0,145

5. Таблица 1.9 - Расчет технологических размеров при обработке $\varnothing 58H7^{(+0,03)}$ мм, рис. 5

№	Наименование	Rz, мкм	h, мкм	ρ , мкм	ε_3 , мкм	2Zmi, мкм	Td, мм	Dmin, мм	Dmax, мм	Dвыб, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Прокат D _{0.2}	320	400	285	-	-	2,6	43	45,6	$\varnothing 45^{+0,6}_{-2,0}$
2	Черновое растачивание D _{1.2}	40	60	22	100	0,95	0,3	57,19	57,49	$\varnothing 57,19^{+0,3}$
3	Чистовое растачивание D _{1.3}	10	40	10	100	0,4	0,12	57,77	57,89	$\varnothing 57,77^{+0,12}$
4	Шлифование D _{5.1}	6,4	20	5	80	0,14	0,03	58,5	58,53	$\varnothing 58,5^{+0,03}$

В этой цепи известно: $D_{5.1}=K_{D5.1}= \varnothing 58H7^{(+0,03)}$

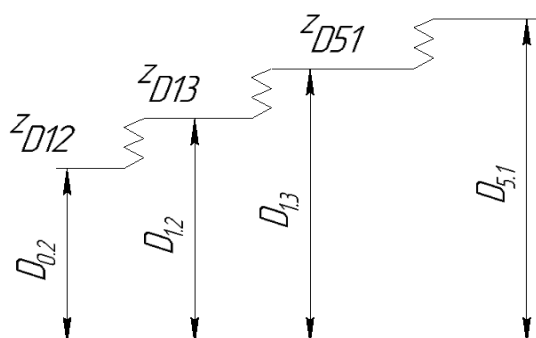


Рисунок 5 Размерная схема обработки поверхности №3 $\varnothing 58H7^{(+0,03)}$

Таблица 1.10 - Расчет припусков при Dвыб

№	Наименование	Dвыб, мм	Td, мм	Dmin, мм	Dmax, мм	2Zmin, мм
1	2	3	4	5	6	7
1	Прокат D _{0.2}	$\varnothing 45^{+0,6}_{-2,0}$	2,6	43	45,6	$2Z_{D1.2}=11,89$
2	Черновое растачивание D _{1.2}	$\varnothing 57,19^{+0,3}$	0,3	57,19	57,49	
3	Чистовое растачивание D _{1.3}	$\varnothing 57,77^{+0,12}$	0,12	57,77	57,89	$2Z_{D1.4}=0,24$
4	Шлифование D _{5.1}	$\varnothing 58,5^{+0,03}$	0,03	58,5	58,53	$2Z_{D5.1}=0,14$

Таблица 1.11 - Результаты расчетов диаметральных размеров.

Обозначение тех. размера	Принятое номинальное значение размера, мм	Обозначение тех. размера	Принятое номинальное значение размера, мм
D _{0.1}	$\varnothing 95^{+0,6}_{-2,0}$	D _{6.1}	$\varnothing 47,3^{+0,025}$
D _{2.1}	$\varnothing 91^{-0,1}_{-0,4}$	D _{1.2}	$\varnothing 57,19^{+0,3}$
D _{2.3}	$\varnothing 49 \pm 0,31$	D _{1.3}	$\varnothing 57,77^{+0,12}$
D _{0.2}	$\varnothing 45^{+0,6}_{-2,0}$	D _{5.1}	$\varnothing 58,5^{+0,03}$
D _{2.2}	$\varnothing 46,53^{+0,25}$	D _{1.1}	$\varnothing 89 \pm 0,435$
D _{2.4}	$\varnothing 47,08^{+0,1}$		

1.5.2 Расчет продольных технологических размеров

Для расчета продольных технологических размеров детали «Полумуфта двигателя» строится размерная схема технологического процесса в продольном направлении (рис. 6) и граф размерных цепей (рис. 7), облегчающих их нахождение.

Перед началом расчета технологических размеров детали «Полумуфта двигателя» проводим анализ технологичности размерных цепей, замыкающими звеньями которых являются непосредственно не выдерживаемые конструкторские размеры, и проводим проверку возможности обеспечения размеров с требуемой точностью.

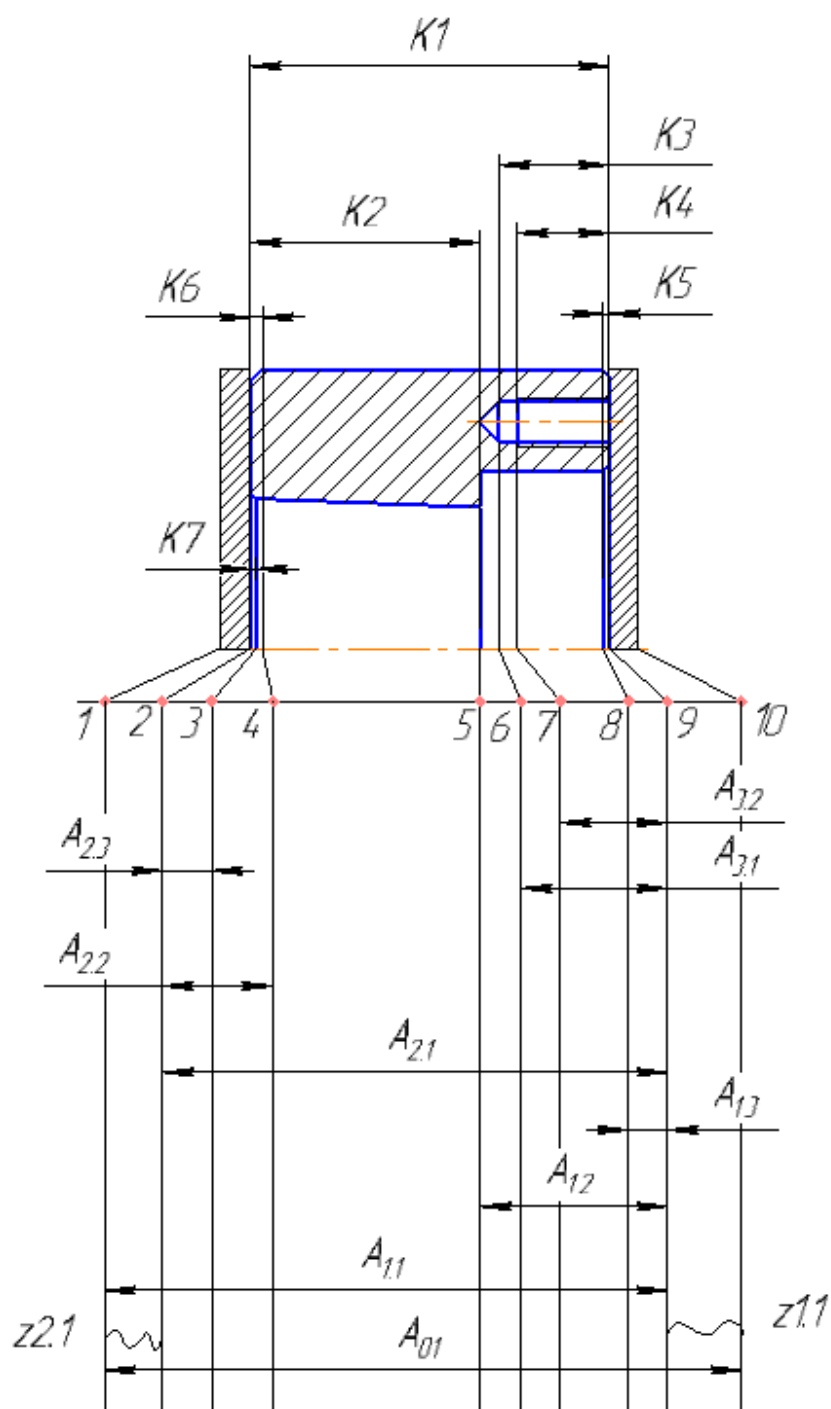


Рисунок 5 - Размерная схема

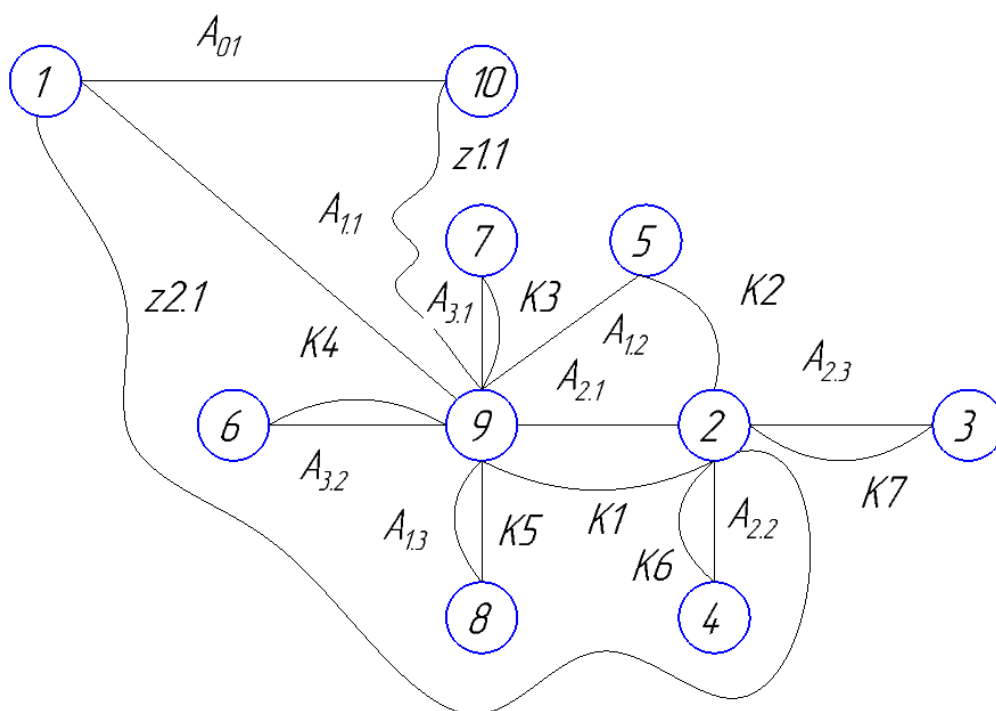


Рисунок 6 - Граф технологических размерных цепей

Составленные размерные цепи представлены на рисунке 7

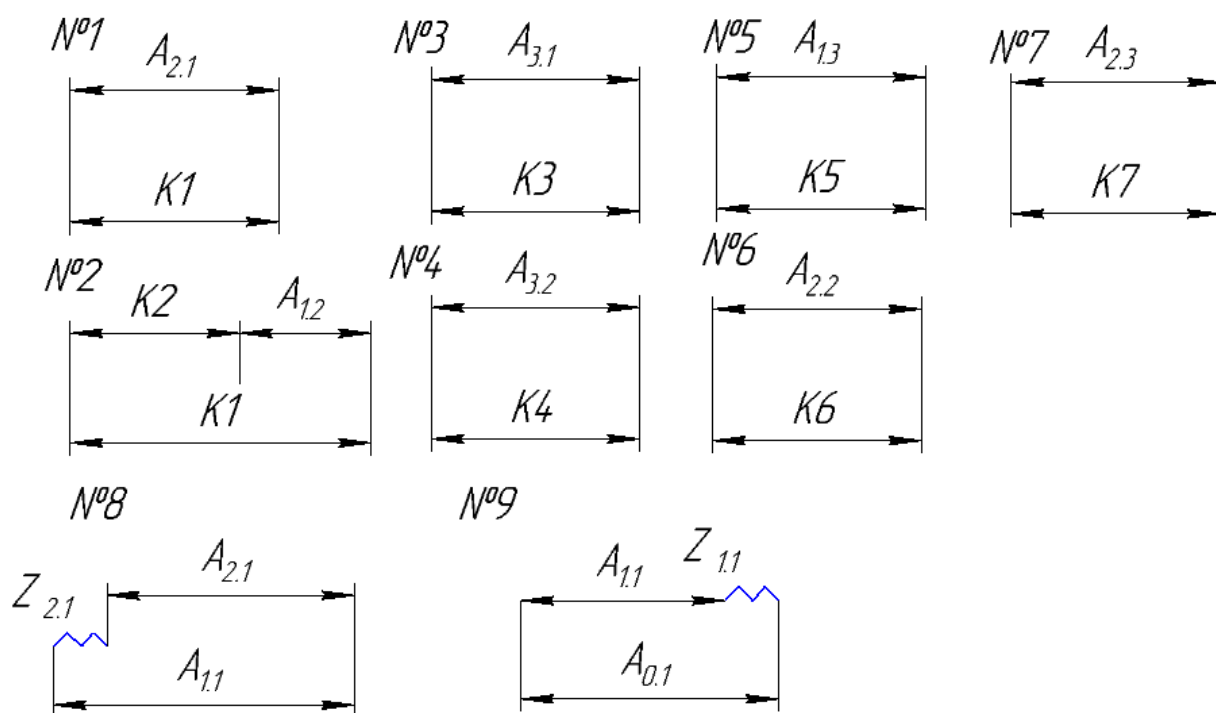


Рисунок 7 - Размерные цепи линейных технологических размеров

Назначаем допуски на технологические размеры. Берем их равными средней статистической погрешности механической обработки из приложения 1 [2, с. 74].

Допуски на технологические размеры:

$$TA_{0.1} = 0,5 \text{ мм},$$

$$TA_{1.1} = 0,5 \text{ мм},$$

$$TA_{1.2} = 0,2 \text{ мм},$$

$$TA_{1.3} = 0,2 \text{ мм},$$

$$TA_{2.1} = 0,2 \text{ мм},$$

$$TA_{2.2} = 0,2 \text{ мм},$$

$$TA_{2.3} = 0,2 \text{ мм},$$

$$TA_{3.1} = 0,2 \text{ мм},$$

$$TA_{3.2} = 0,2 \text{ мм}.$$

Расчёт начнём проверкой условия:

$$TK_i \geq \sum TA_i, \quad (6)$$

Проверяем условие для размера K_1 (см. рисунок 7):
 $TK_1 = 0,74 \geq TA_{2.1} = 0,2 \text{ мм}$, т. е. размер K_1 может быть выполнен с заданной точностью.

Проверяем условие для размера K_2 (см. рисунок 7)
 $TK_2 = 0,62 \geq TA_{2.1} + TA_{2.1} = 0,4 \text{ мм}$., т. е. размер K_2 может быть выполнен с заданной точностью.

Проверяем условие для размера K_3 (см. рисунок 7):
 $TK_3 = 0,43 \geq TA_{3.1} = 0,2 \text{ мм}$, т. е. размер K_3 может быть выполнен с заданной точностью.

Проверяем условие для размера K_4 (см. рисунок 7):
 $TK_4 = 0,43 \geq TA_{3.2} = 0,2 \text{ мм}$, т. е. размер K_4 может быть выполнен с заданной точностью.

Проверяем условие для размера K_5 (см. рисунок 7):
 $TK_5 = 0,25 \geq TA_{1.3} = 0,2 \text{ мм}$, т. е. размер K_5 может быть выполнен с заданной

точностью.

Проверяем условие для размера K_6 (см. рисунок 7):
 $TK_6=0,25 \geq TA_{2,3}=0,2$ мм, т. е. размер K_6 может быть выполнен с заданной точностью.

Проверяем условие для размера K_7 (см. рисунок 7):
 $TK_7=0,25 \geq TA_{2,4}=0,2$ мм, т. е. размер K_7 может быть выполнен с заданной точностью.

Таким образом, рассчитанный технологический процесс детали «Полумуфта двигателя» будет отвечать требованиям точности всех выдерживаемых конструкторских размеров.

Для двухзвенных цепей имеет:

$$\text{№1: } A_{2,1}=K_1=58,5_{-0,74} \text{ мм}$$

$$\text{№3: } A_{3,1}=K_3=18^{+0,43} \text{ мм}$$

$$\text{№4: } A_{3,2}=K_4=15^{+0,43} \text{ мм}$$

$$\text{№5: } A_{1,3}=K_5=1 \pm 0,125 \text{ мм}$$

$$\text{№6: } A_{2,2}=K_6=2 \pm 0,125 \text{ мм}$$

$$\text{№7: } A_{2,3}=K_7=1 \pm 0,125 \text{ мм}$$

Из цепи №2 найдем технологический размер $A_{1,2}$. Для этого подсчитаем его среднее значение:

$$A_{1,2}^c = K_1^c - K_2^c = 58,13 - 37,81 = 20,32 \pm 0,1 \text{ мм}$$

Таким образом, получили $A_{1,2}=20,32 \pm 0,1$ мм. Так как данный размер охватываемый, то окончательно запишем $A_{1,2}=20,32^{+0,2}$ мм

Формула для расчета минимальных припусков на обработку плоскостей:

$$Z_{imin} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}, \quad (7)$$

$$\rho_{i-1} = \rho_{\phi_{i-1}} + \rho_{r_{i-1}}, \quad (8)$$

Прокат горячекатанный обычной точности:

$$R=0,1 \text{ мм} \quad h=0,1 \text{ мм} \quad \rho = 0,13 \text{ мм}$$

Минимальный припуск на черновую подрезку торца:

$$Z_{1,1 \min} = R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = 0,1 + 0,1 + 0,13 = 0,33 \text{ мм}$$

$$Z_{2,1 \min} = R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = 0,1 + 0,1 + 0,13 = 0,33 \text{ мм}$$

Из цепи №8 определим технологический размер $A_{1,1}$.

$$A_{2,1} = 58,5_{-0,74} \text{ мм};$$

$$A_{2,1}^c = 58,13 \pm 0,37 \text{ мм}$$

$$Z_{2,1 \max} = Z_{2,1 \min} + TA_{1,1} + TA_{2,1} = 0,33 + 0,74 + 0,5 = 1,57 \text{ мм}$$

$$Z_{2,1}^c = (Z_{2,1 \max} + Z_{2,1 \min}) / 2 = (1,57 + 0,33) / 2 = 0,95 \text{ мм}$$

$$A_{1,1}^c = A_{2,1}^c + Z_{2,1}^c = 58,13 + 0,95 = 59,08 \text{ мм}$$

$$A_{1,1} = 59,08 \pm 0,25$$

Таким образом, получили $A_{1,1} = 59,08 \pm 0,25 \text{ мм}$. Так как данный размер охватывающий, то окончательно запишем $A_{1,1} = 59,33_{-0,5} \text{ мм}$.

Определим фактическое значение припуска:

$$Z_{2,1} = A_{1,1} - A_{2,1} = 59,33_{-0,5} - 58,5_{-0,74} = 0,83^{+1,24} \text{ мм}$$

$$Z_{2,1 \min} = 0,83 \text{ мм}$$

Из цепи №9 определим технологический размер $A_{0,1}$.

$$A_{1,1} = 59,33_{-0,5} \text{ мм}$$

$$A_{1,1}^c = 59,08 \text{ мм}$$

$$Z_{1,1 \max} = Z_{1,1 \min} + TA_{1,1} + TA_{0,1} = 0,33 + 0,5 + 0,50 = 1,33 \text{ мм}$$

$$Z_{1,1}^c = (Z_{1,1 \max} + Z_{1,1 \min}) / 2 = (1,33 + 0,33) / 2 = 0,83 \text{ мм}$$

$$A_{0,1}^c = A_{1,1}^c + Z_{1,1}^c = 59,08 + 0,83 = 59,91 \text{ мм}$$

$$A_{0,1} = 59,91 \pm 0,25 \text{ мм}$$

Таким образом, получили $A_{0,1} = 59,91 \pm 0,25 \text{ мм}$. Так как данный размер охватывающий, то окончательно запишем $A_{0,1} = 60,16_{-0,5} \text{ мм}$.

Определим фактическое значение припуска:

$$Z_{1,1} = A_{0,1} - A_{1,1} = 60,16_{-0,5} - 59,33_{-0,5} = 0,83^{+1,0} \text{ мм}$$

$$Z_{1,1 \min} = 0,83 \text{ мм}.$$

Результаты расчёта продольных технологических размеров детали «Полумуфта двигателя» отображены в таблице 1.12

Таблица 1.12 - Продольные технологические размеры детали «Полумуфта двигателя»

Обозначение тех. размера	Принятое номинальное значение размера, мм	Обозначение тех. размера	Принятое номинальное значение размера, мм
$A_{0.1}$	$60,16_{-0,5}$	$A_{3.2}$	$15^{+0,43}$
$A_{1.1}$	$59,33_{-0,5}$	$A_{1.3}$	$1 \pm 0,125$
$A_{2.1}$	$58,5_{-0,74}$	$A_{2.2}$	$2 \pm 0,125$

1.6. Расчет режимов резания

Отрезная операция 005

Материал режущего инструмента выбираем пользуясь рекомендациями— T15K6 (по ГОСТ 18879-73).

Подача на зуб при : $S=0,05 \frac{\text{мм}}{\text{зуб}}$, $Z=30$ [4, табл. 108, с. 425]

Скорость резания $v = 50 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=30$ мин [4, с. 363].

Минутная подача $S_m=1500 \text{ мм}/\text{мин}$

$$t_0 = \frac{D_{px}}{S_m} = \frac{130 \text{ мм}}{1500} = 0,08 \text{ мин}, \quad (9)$$

Где D_{px} -длина рабочего хода

Ширина полотна $t=3...5=5 \text{ мм}$

Токарная операция 010

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [4, с. 184] – T15K6.

Переход 1. Подрезать торец 1, выдержав размер $59,33_{-0,5} \text{ мм}$

Глубина резания: $t = z_{11}^c = 0,83 \text{ мм}$.

Подача по [4, табл. 15, с.260] для данной глубины резания:

$S = 0,5 \text{ мм/об}$

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (10)$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=30$ мин.

$C_V = 350$; $m = 0,20$; $x = 0,15$; $y = 0,35$ – определены по [4, табл. 17, с. 269].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV}, \quad (11)$$

$$K_{MV} = K_T \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{N_V} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{980}\right)^1 = 0,8, \quad (12)$$

$K_{MV} = 0,8$; $K_{ПV} = 0,9$; $K_{ИV} = 2,7$.

$K_V = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 2,7 = 1,9$.

Скорость резания:

$$V = \frac{350}{30^{0,20} \cdot 0,83^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1,9 = 441 \text{ м/мин}$$

Находим расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 441}{3,14 \cdot 95} = 1480 \frac{\text{об}}{\text{мин}}, \quad (13)$$

Примем фактическое число оборотов, учитывая тип станка:

$n_{\text{ст}} = 1400 \text{ об/мин}$.

5. Вычислим фактическую скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 95 \cdot 1400}{1000} = 417 \frac{\text{м}}{\text{мин}}, \quad (14)$$

6. Определим главную составляющую сил резания по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P, \quad (15)$$

$C_P = 300$; $n = -0,15$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ – определены по [4, табл. 22, с. 273].

Коэффициент K_P :

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\Gamma P}, \quad (16)$$

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,75} = 1,22, \quad (17)$$

$K_{MP} = 1,22$; $K_{\phi P} = 0,89$; $K_{\gamma P} = 1,0$; $K_{\lambda P} = 1,0$; $K_{\Gamma P} = 0,93$.

$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\Gamma P} = 1,22 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 1,01$.

Определим главную составляющую силы резания:

$$P_Z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P = 10 \cdot 300 \cdot 0,83^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 417^{-0,15} \cdot 1,01 = 605 \text{ Н},$$

7. Найдем мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{417 \cdot 605}{1020 \cdot 60} = 4,1 \text{ кВт}, \quad (18)$$

8. Определим мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{4,1}{0,75} = 5,5 \text{ кВт}, \quad (19)$$

При условии, что к.п.д. привода нам неизвестно, примем худший вариант $\eta = 0,75$.

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{\text{ст}} \cdot \eta, \quad (20)$$

$$5,5 < 15$$

Переход 2. Точить фаску 2 под углом 45°, выдерживая размер $\varnothing 89 \pm 0,435 \text{ мм}$.

Глубина резания: $t = 1 \text{ мм}$.

Подача для нашей глубины резания:

$S = 0,5 \text{ мм/об}$ [4, табл. 15, с. 260]

Скорость резания определяем по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_v$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T = 30 \text{ мин}$.

$C_v = 350$; $m = 0,20$; $x = 0,15$; $y = 0,35$ – определены по [4, табл. 17, с. 269].

Коэффициент K_v :

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

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{N_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{980} \right)^1 = 0,8$$

$$K_{MV} = 0,8; K_{ПV} = 0,9; K_{ИV} = 2,7.$$

$$K_v = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 2,7 = 1,9.$$

Найдем корость резания:

$$V = \frac{350}{30^{0,20} 1^{0,15} 0,5^{0,35}} 1,9 = 429 \text{ м/мин}$$

Определим расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 429}{3,14 \cdot 89} = 1536 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 1500 \text{ об/мин.}$$

5. Тогда фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 89 \cdot 1500}{1000} = 419 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Рассчитаем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

$C_p = 300$; $n = -0,15$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ – определены по таблице 22 [4, с. 273].

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{TP}$$

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22$$

$$K_{MP} = 1,22; K_{\phi P} = 0,89; K_{\gamma P} = 1,0; K_{\lambda P} = 1,0; K_{TP} = 0,93.$$

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{TP} = 1,22 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 1,01.$$

Определим главную составляющую силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 419^{-0,15} \cdot 1,01 = 728 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{419 \cdot 728}{1020 \cdot 60} = 4,99 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{4,99}{0,75} = 6,65 \text{ кВт.}$$

При условии, что к.п.д. привода нам неизвестно, примем худший вариант $\eta = 0,75$.

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{\text{ст}} \cdot \eta;$$

$$6,65 < 15$$

Переход 3. Расточить поверхность 3, выдерживая размеры $\varnothing 57^{+0,3}$, $20,32^{+0,2}$ мм предварительно.

Глубина резания: $t = 3$ мм. Число проходов 3

Подача по [4, табл. 15, с. 260] для данной глубины резания:

$$S = 0,1 \text{ мм/об}$$

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=30$ мин.

$C_v = 350$; $m = 0,20$; $x = 0,15$; $y = 0,35$ – определены по [4, табл. 17, с. 269].

Коэффициент K_v :

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

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{N_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{980} \right)^1 = 0,8$$

$$K_{MV} = 0,8; K_{ПV} = 0,9; K_{ИV} = 2,7.$$

$$K_v = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 2,7 = 1,9.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{350}{30^{0,20} 3^{0,15} 0,1^{0,35}} 1,9 = 639 \text{ м/мин}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 639}{3,14 \cdot 57} = 3573 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 3500 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 57 \cdot 3500}{1000} = 626 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

$C_p = 300$; $n = -0,15$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ – определены по [4, табл. 22, с. 273].

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\Phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\Gamma P}$$

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22$$

$$K_{MP} = 1,22; K_{\varphi P} = 0,89; K_{\gamma P} = 1,0; K_{\lambda P} = 1,0; K_{TP} = 0,93.$$

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{TP} = 1,22 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 1,01.$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P = 10 \cdot 300 \cdot 3^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 629^{0,15} \cdot 1,01 = 615 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{615 \cdot 629}{1020 \cdot 60} = 6,3 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{6,3}{0,75} = 8,4 \text{ кВт.}$$

При условии, что к.п.д. привода нам неизвестно, примем худший вариант $\eta = 0,75$.

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{ст} \cdot \eta;$$

$$8,4 < 15$$

Переход 4. Расточить поверхность 3, выдерживая размеры $\varnothing 57,8^{+0,12}_{-0,2}$ мм окончательно.

Глубина резания: $t = 0,4$ мм. Число проходов 2

Подача по [4, табл. 15, с. 260] для данной глубины резания:

$$S = 0,1 \text{ мм/об}$$

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T = 30$ мин.

$C_v = 350$; $m = 0,20$; $x = 0,15$; $y = 0,35$ – определены по [4, табл. 17, с. 269].

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ},$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{N_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{980} \right)^1 = 0,8$$

$$K_{MV}=0,8; K_{ПV}=0,9; K_{IV}=2,7.$$

$$K_V = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 2,7 = 1,9.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{350}{30^{0,20} 0,4^{0,15} 0,1^{0,35}} 1,9 = 865 \text{ м/мин}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 865}{3,14 \cdot 57,8} = 4834 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 3500 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 57,5 \cdot 3500}{1000} = 626 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P$$

$C_P = 300$; $n = -0,15$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ – определены по [4, табл. 22, с. 273].

Коэффициент K_P :

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\Gamma P}$$

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22$$

$$K_{MP} = 1,22; K_{\varphi P} = 0,89; K_{\gamma P} = 1,0; K_{\lambda P} = 1,0; K_{\Gamma P} = 0,93.$$

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\Gamma P} = 1,22 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 1,01.$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P = 10 \cdot 300 \cdot 0,4^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 629^{-0,15} \cdot 1,01 = 82 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{82 \cdot 629}{1020 \cdot 60} = 0,84 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,84}{0,75} = 1,12 \text{ кВт.}$$

При условии, что к.п.д. привода нам неизвестно, примем худший вариант $\eta = 0,75$.

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{\text{ст}} \cdot \eta;$$

$$1,12 < 15$$

Токарная операция 015

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [4, с. 184] – T15K6.

Переход 1. Подрезать торец 4, выдержав размер 58,5-0,74 мм

Глубина резания: $t = Z_{21}^c = 0,83$ мм.

Подача по [4, табл. 15, с. 260] для данной глубины резания:

$$S = 0,5 \text{ мм/об}$$

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^{m_t} S^y} K_v$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T = 30$ мин.

$C_v = 350$; $m = 0,20$; $x = 0,15$; $y = 0,35$ – определены по [4, табл. 17, с. 269].

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PIV} \cdot K_{IIV},$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{N_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{980} \right)^1 = 0,8$$

$$K_{MV} = 0,8; K_{PIV} = 0,9; K_{IIV} = 2,7.$$

$$K_v = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 2,7 = 1,9.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{350}{30^{0,20} 0,83^{0,15} 0,5^{0,35}} 1,9 = 441 \text{ м/мин}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 441}{3,14 \cdot 95} = 1480 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$n_{\text{ст}} = 1400 \text{ об/мин.}$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 95 \cdot 1400}{1000} = 417 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

$C_p = 300$; $n = -0,15$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ – определены по [4, табл. 22, с. 273].

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{\text{МР}} \cdot K_{\text{ФР}} \cdot K_{\text{ГР}} \cdot K_{\text{ЛР}} \cdot K_{\text{ТР}}$$

$$K_{\text{МР}} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22$$

$K_{\text{МР}} = 1,22$; $K_{\text{ФР}} = 0,89$; $K_{\text{ГР}} = 1,0$; $K_{\text{ЛР}} = 1,0$; $K_{\text{ТР}} = 0,93$.

$K_p = K_{\text{МР}} \cdot K_{\text{ФР}} \cdot K_{\text{ГР}} \cdot K_{\text{ЛР}} \cdot K_{\text{ТР}} = 1,22 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 1,01$.

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,83^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 417^{-0,15} \cdot 1,01 = 605 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{417 \cdot 605}{1020 \cdot 60} = 4,1 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{4,1}{0,75} = 5,5 \text{ кВт.}$$

При условии, что к.п.д. привода нам неизвестно, примем худший вариант $\eta = 0,75$.

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{\text{ст}} \cdot \eta;$$

$$5,5 < 15$$

Переход 2. Точить поверхность 5 и фаску 2х45° однократно, выдержав размер $\varnothing 91_{-0,4}^{+0,1}$.

Глубина резания: $t = 2 \text{ мм.}$

Подача по [4, табл. 15, с. 260] для данной глубины резания:

$$S = 0,5 \text{ мм/об}$$

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=30$ мин.

$C_v = 350$; $m = 0,20$; $x = 0,15$; $y = 0,35$ – определены по [4, табл. 17 с. 269].

Коэффициент K_v :

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

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{N_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{980} \right)^1 = 0,8$$

$$K_{MV} = 0,8; K_{ПV} = 0,9; K_{ИV} = 2,7.$$

$$K_v = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 2,7 = 1,9.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{350}{30^{0,20} 2^{0,15} 0,5^{0,35}} 1,9 = 418 \text{ м/мин}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 418}{3,14 \cdot 91} = 1464 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 1400 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 91 \cdot 1400}{1000} = 400 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

$C_p = 300$; $n = -0,15$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ – определены по [4, табл. 22, с. 273].

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{TP}$$

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22$$

$$K_{MP} = 1,22; K_{\phi P} = 0,89; K_{\gamma P} = 1,0; K_{\lambda P} = 1,0; K_{TP} = 0,93.$$

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\tau P} = 1,22 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 1,01.$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 400^{-0,15} \cdot 1,01 = 1241 \text{ Н}.$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{418 \cdot 1241}{1020 \cdot 60} = 8,1 \text{ кВт}.$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{8,1}{0,75} = 10,8 \text{ кВт}.$$

При условии, что к.п.д. привода нам неизвестно, примем худший вариант $\eta = 0,75$.

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{ст} \cdot \eta;$$

$$10,8 < 15$$

Переход 3. Расточить конусную поверхность 6 предварительно, выдержав размеры $\varnothing 49 \pm 0,31$, $\varnothing 46,5$, фаска $1 \times 45^\circ$, конусность 1:10.

Глубина резания: $t = 0,75 \text{ мм}$.

Подача по [4, табл. 15, с. 260] для данной глубины резания:

$$S = 0,1 \text{ мм/об}$$

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^{m_t} S^y} K_v$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T = 30 \text{ мин}$.

$C_v = 350$; $m = 0,20$; $x = 0,15$; $y = 0,35$ – определены по [4, табл. 17, с. 269].

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ},$$

$$K_{MV} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{N_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{980} \right)^1 = 0,8$$

$$K_{MV} = 0,8; K_{ПВ} = 0,9; K_{ИВ} = 2,7.$$

$$K_V = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 2,7 = 1,9.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{350}{30^{0,20} 0,75^{0,15} 0,1^{0,35}} 1,9 = 787 \text{ м/мин}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 787}{3,14 \cdot 46,5} = 5392 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 3500 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 46,5 \cdot 3500}{1000} = 511 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

$C_p = 300$; $n = -0,15$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ – определены по [4, табл. 22, с.273].

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\tau P}$$

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22$$

$$K_{MP} = 1,22; K_{\varphi P} = 0,89; K_{\gamma P} = 1,0; K_{\lambda P} = 1,0; K_{\tau P} = 0,93.$$

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\tau P} = 1,22 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 1,01.$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,75^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 511^{-0,15} \cdot 1,01 = 158 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{511 \cdot 158}{1020 \cdot 60} = 1,3 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,3}{0,75} = 1,8 \text{ кВт.}$$

При условии, что к.п.д. привода нам неизвестно, примем худший вариант $\eta = 0,75$.

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{\text{ст}} \cdot \eta;$$

$$1,8 < 15$$

Переход 4. Расточить конусную поверхность 6 окончательно, выдержав размеры Ø47,1, фаска 1x45°, конусность 1:10.

Глубина резания: $t = 0,3$ мм.

Подача по [4, табл. 15, с. 260] для данной глубины резания:

$$S = 0,1 \text{ мм/об}$$

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_v$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T = 30$ мин.

$C_v = 350$; $m = 0,20$; $x = 0,15$; $y = 0,35$ – определены по [4, табл. 17, с. 269].

Коэффициент K_v :

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

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{N_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{980} \right)^1 = 0,8$$

$$K_{MV} = 0,8; K_{ПV} = 0,9; K_{ИV} = 2,7.$$

$$K_v = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 2,7 = 1,9.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{350}{30^{0,20} 0,3^{0,15} 0,1^{0,35}} 1,9 = 903 \text{ м/мин}^1$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 903}{3,14 \cdot 47,1} = 6108 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 3500 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 47,1 \cdot 3500}{1000} = 517 \frac{\text{м}}{\text{мин}}^1.$$

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

$C_p = 300$; $n = -0,15$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ – определены по [4, табл. 22, с. 273].

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{TP}$$

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22$$

$$K_{MP} = 1,22; K_{\phi P} = 0,89; K_{\gamma P} = 1,0; K_{\lambda P} = 1,0; K_{TP} = 0,93.$$

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{TP} = 1,22 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 1,01.$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,75^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 511^{-0,15} \cdot 1,01 = 63 \text{ Н}.$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{517 \cdot 63}{1020 \cdot 60} = 0,53 \text{ кВт}.$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,53}{0,75} = 0,71 \text{ кВт}.$$

При условии, что к.п.д. привода нам неизвестно, примем худший вариант $\eta = 0,75$.

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{ст} \cdot \eta;$$

$$0,71 < 15$$

Сверлильная операция 020

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями – Р6М5.

Переход 1. Сверлить 4 отверстия 7, выдерживая размеры $\varnothing 6,5^{+0,36}_{-0,36}$ мм, $\varnothing 74 \pm 0,1$ мм, $18^{+0,43}_{-0,43}$ мм

При сверлении глубина резания будет равна $t = 0,5D = 6,5/2 = 3,25$ мм.

Подачу определим по таблице 35 [4, с. 276]: $S = 0,13$ мм/об.

Скорость резания:

$$V = \frac{7,0 \cdot 3,25^{0,4}}{90^{0,20} \cdot 0,3^{0,50}} 1,22 = 26,8 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 26,8}{3,14 \cdot 6,5} = 1315 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 1300 \text{ об/мин.}$$

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{3,14 \cdot 6,5 \cdot 1300}{1000} = 26,5 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Главная составляющая силы резания:

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 6,5^1 \cdot 0,13^{0,7} \cdot 1,22 = 1229 \text{ Н.}$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 6,5^2 \cdot 0,13^{0,8} \cdot 1,22 = 3,3 \text{ Нм}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750} = \frac{3,3 \cdot 1300}{9750} = 0,4 \text{ кВт.}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{0,4}{0,75} = 0,59 \text{ кВт.}$$

При условии, что к.п.д. привода нам неизвестно, примем худший вариант $\eta = 0,75$.

Проверка по мощности:

$$0,59 < 15$$

Переход 2. Нарезать резьбу в 4х отверстиях 7, выдерживая размеры М8-7Н, $15^{+0,43}_{\text{мм}}$

1. Подача: $s = P = 1 \text{ мм/об}$, где P – шаг резьбы.

2. Скорость резания, формула (8):

$$V = \frac{C_V \cdot i^x}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{244 \cdot 10^{0,23}}{70^{0,2} \cdot 1,0^{0,3}} \cdot 0,8 = 138 \text{ м/мин.}$$

3. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 138}{3,14 \cdot 8} = 5494 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\text{ст}} = 1000 \text{ об/мин.}$$

4. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 1000}{1000} = 25,1 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

5. Главная составляющая силы резания:

$$P_z = \frac{10 C_p P_y}{i^n} K_p = \frac{10 \cdot 148 \cdot 1^{1,7}}{10^{0,71}} 1,22 = 627 \text{ Н.}$$

6. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{627 \cdot 25,1}{1020 \cdot 60} = 0,25 \text{ кВт.}$$

7. Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,25}{0,75} = 0,34 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{\text{ст}} \cdot \eta;$$

$$0,34 < 3,7.$$

Протяжная операция 025.

1. Определяем осевую силу резания.

$$P = q_0 \sum l_p, \quad (21)$$

где q_0 - осевая сила резания, кгс, действующая на 1 мм длины режущей кромки; $\sum l_p$ - суммарная длина режущих кромок зубьев, одновременно участвующих в работе, мм.

Определяем q_0 для $s_0 = 0,1$ мм и переднего угла $\lambda = 180$: $q_0 = 23,6$ кг/мм.

Учитываем поправочные коэффициенты на осевую силу резания:

Определяем $\sum l_p$ для цилиндрических отверстий.

Для протяжек переменного резания.

$$\sum l_p = \pi B \frac{z_p}{z_c}, \quad (22)$$

где $B = 14$ мм- ширина зубьев протяжки;

z_p - число зубьев, одновременно участвующих в работе;

z_c - число зубьев в секции;

$$z_p = \frac{l}{t_0} + 1, \quad (23)$$

Где l - длина протягиваемой поверхности; t_0 - шаг черновых зубьев;

$$Z_p = \frac{37,5}{12} + 1 = 4,12$$

Результат округляется до ближайшего меньшего целого числа, т.е.:

$z_p = 6$; $z_c = 2$;

$$\sum L_p = \pi B \frac{z_p}{z_c} = 3,14 \cdot 14 \cdot \frac{6}{2} = 131,9 \text{ мм.}$$

Осевая сила резания

$$P = q_0 \sum L_p = 23,6 \cdot 131,9 = 3112 \text{ Н,} \quad (24)$$

Переведем P в кгс: $P = 3112 / 9,81 = 317 \text{ кгс.}$

2. Проверяем, достаточна ли тяговая сила станка.

Протягивание возможно при $P < Q$, где Q - тяговая сила станка. У станка 7Б520 $Q = 10\,000$ кгс. Следовательно, протягивание возможно ($317 < 10000$).

3 Назначаем скорость резания:

Для протяжек, 2-й группы обрабатываемости, 2-й группы качества протягиваемой поверхности и массового производства принята $v = 7 \text{ м/мин.}$ Поправочный коэффициент на скорость резания $k_{v_{и}} = 1$, так как рекомендуется протяжка из быстрорежущей стали Р18.

Корректируем найденную скорость резания по паспортным данным станка;

$v = 7 \text{ м/мин}$ может быть установлена на станке 7Б520, где осуществляется бесступенчатое регулирование скорости в пределах 1,5-11,5 м/мин.

Определяем скорость резания, допускаемую мощностью электродвигателя станка:

$$V_{\text{доп}} = \frac{60 \cdot 102 N_g \eta}{P}, \quad (25)$$

По паспортным данным станка 7Б520 мощность его электродвигателя $N_d = 17$ кВт, КПД 0,85;

$$v_{\text{доп}} = \frac{60 \cdot 102 \cdot 17 \cdot 0,85}{317} = 279 \text{ м/мин.}$$

Таким образом, выполняется условие $v \leq v_{\text{доп}}$ ($7 < 279$).

Следовательно, принимаем скорость резания $v = 7$ м /мин ($\sim 0,12$ м/с).

4. Находим стойкость протяжки.

Стойкость протяжек определяется в метрах суммарной длины протянутой поверхности до затупления протяжки. Значения стойкостей приведены в зависимости от скорости резания и подачи на зуб.

Для 2го класса точности для детали из серого чугуна и подаче черновых зубьев до $S_0 = 0,25$ мм/зуб на сторону стойкость равна 70м. При длине протягивание величину табличной стойкости необходимо увеличить на 20%, поэтому стойкость протяжки $T = 84$ м.

Внутришлифовальная операция 030

Переход 1. Шлифовать поверхность 3, выдержав размер Ø58Н7 однократно

Выбираем шлифовальный круг на основе электрокорунда белого:

AW 20x10 25A 40 CM2 6 K5 A 35 м/с

где: AW –форма круга;

20x10 – параметры круга (наружный диаметр, высота);

25A – марка абразивного зерна (электрокорунд белый);

40 – зернистость круга;

CM2 – твёрдость круга (среднемягкий);

6 – структура круга;

K5 – марка связки (керамическая 5);

A – класс точности;

35м/с – рабочая окружная скорость

1. Общая глубина резания $t = \frac{D}{2} = \frac{58,5 - 58,3}{2} = 0,1$ мм.

Количество рабочих ходов – 5.

2. Глубина резания: $t_{1,2,3,4,5}=0,02$ мм,

3. $S_{1,2,3,4,5} = 0,45 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$ [3, табл. 55, стр. 301]

4. Расчет числа оборотов заготовки и скорости резания фактической:

$$n = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 58,5} = 192 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$
$$V_3 = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 58,5 \cdot 192}{1000} = 35 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

5. Расчет числа оборотов шлифовального круга и скорости резания фактической:

$$n = \frac{1000 \cdot V_k}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 40} = 280 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$
$$V_k = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 280}{1000} = 35 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

Внутришлифовальная операция 035

Переход 1. Шлифовать поверхность 6, выдержав размер Ø47,3Н7 однократно.

Выбираем шлифовальный круг на основе электрокорунда белого:

AW 20x10 25A 40 CM2 6 K5 A 35 м/с

где: AW – форма круга;

20x10 – параметры круга (наружный диаметр, высота);

25A – марка абразивного зерна (электрокорунд белый);

40 – зернистость круга;

CM2 – твёрдость круга (среднемягкий);

6 – структура круга;

K5 – марка связки (керамическая 5);

A – класс точности;

35м/с – рабочая окружная скорость

1. Общая глубина резания $t = \frac{D}{2} = \frac{47,5-47,3}{2} = 0,1$ мм.

Количество рабочих ходов – 5.

Глубина резания: $t_{1,2,3,4,5}=0,02$ мм,

2. Подача для данной глубины резания:

$$S_{1,2,3,4,5} = 0,45 \frac{\text{м}}{\text{мин}} \quad [3, \text{табл. 55, стр. 301}]$$

3. Выбираем скорость резания по источнику:

$$V_k = 35 \frac{\text{м}}{\text{с}}, V_3 = 35 \frac{\text{м}}{\text{мин}} \quad [3, \text{табл. 55, стр. 301}]$$

4. Расчет числа оборотов заготовки и скорости резания фактической:

$$n = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 47,3} = 235 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$
$$V_3 = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 47,3 \cdot 235}{1000} = 35 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

5. Расчет числа оборотов шлифовального круга и скорости резания фактической:

$$n = \frac{1000 \cdot V_k}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 40} = 280 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$
$$V_k = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 280}{1000} = 35 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

1.7. Выбор средств технологического оснащения

Выбор станков с ЧПУ конфигурацией заготовки, имеющей в конструкции элементы, для обработки которых необходимо использование циклов обработки, что наиболее целесообразно реализовать на станках с ЧПУ.

Ленточнопильный станок Века-Мак BMSY 440 DGH

Таблица 1.13 - Основные данные:

Наибольший диаметр отрезаемой заготовки круглого сечения (угол реза 90 град), мм:	440
Параметры инструмента Ножовочное полотно	Межцентровое расстояние 450; 500мм.
Наибольший диаметр отрезаемой заготовки круглого сечения (угол реза 45 град), мм:	410
Наибольший размер отрезаемой заготовки квадратного сечения (угол реза 90 град), мм	440
Наибольший размер отрезаемой заготовки прямоугольного сечения (угол реза 45 град), мм	410
Скорость ленточнопильного полотна, м/мин	20...100
Длина пильного полотна, мм	5200*34*1,1
Мощность привода главного движения, кВт	3,0
Мощность гидронасоса, кВт	0,55
Привод подачи СОЖ, кВт	0,12
Высота рабочей поверхности, мм	860
Габаритные размеры, мм	1870*1210*2800
Масса, кг	1640

Токарный станок с ЧПУ Модель:DMC DL 6G

Таблица 1.14- Основные данные:

Макс. диаметр заготовки устанавливаемый над станиной, мм	Ø490
Макс. диаметр точения, мм	Ø170
Макс. длина точения, мм	240
Макс. диаметр обрабатываемого прутка, мм	Ø44
Частота вращения шпинделя, об/мин	6000
Присоединительный торец шпинделя, ASA	A2-5
Макс. крутящий момент, кгс*м	11.3
Привод шпинделя	ремённый
Размер патрона, мм	Ø150 (6'')
Тип направляющих	ласточкин хвост
Мощность двигателя шпинделя, кВт	11/15
Длина × ширина, мм	2050x1420
Высота, мм	1535
Вес, кг	2500

Универсальный вертикально-сверлильный станок Модель: 2С50

Таблица 1.15- Основные данные:

Диапазон сверления в стали, мм	3-50 (60)*
Диапазон нарезаемой резьбы	M3-M33
Размер рабочей поверхности подъёмного стола, мм	500x500
Количество Т-образных пазов	3
Ширина Т-образного паза	18H12
Количество частот вращения шпинделя	12 (15)*
Диапазон механических подач, мм/об	0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6
Мощность двигателя главного движения, кВт	4
Установочное перемещение сверлильной головки, мм.	170
Наибольшая масса заготовки, кг	600
Наибольшая высота заготовки, мм	600
Масса станка, кг (без упаковки)	1200

Круглошлифовальный станок с ЧПУ R-grind 1040 CNC

Характеристики станка:

Высота центров – 100 мм.

Диаметр шлифования над столом – Ø 200 мм.

Расстояние между центрами – 400 мм.

Макс. диаметр шлифования – Ø 180 мм.

Макс. вес заготовки в центрах – 60 кг.

Шлифовальный круг:

Размеры шлифовального круга - Ø 305 × 38 × Ø 127 мм.

Линейная скорость перемещения – 30 м/сек.

Частота вращения круга – 2085 об/мин.

Шлифовальная бабка:

Ускоренная подача – 6 м/мин.

Минимальный вводный инкремент - 0,001(0,0001) мм.

Внутреннее шлифование - Ручное управление

Стол:

Ускоренная подача – 6 м/мин.

Мин вводный инкремент - 0,001(0,0001) мм.

Угол поворота -3°/10° град.

Задняя бабка:

Конус - МКЗ

Перемещение пиноли задней бабки – 20 мм.

Горизонтально-протяжной станок 7Б520

Таблица 1.16 – Технические характеристики

Номинальное тяговое усилие, кН(тс)	100(10)
Наибольшая длина хода рабочих салазок, мм	1250
Наибольшая настроенная длина хода рабочих салазок, мм	1200
Расстояние от станины до оси отверстия под планшайбу в опорной плите, мм	250
Максимальный наружный диаметр обрабатываемой детали, мм	600
Размеры рабочей поверхности передней опорной плиты станка, мм	450 x 450
Диаметр отверстия под планшайбу в опорной плите, мм	160
Диаметр отверстия в планшайбе, мм	125
Диаметр планшайбы, мм	280
Скорость рабочего хода, м/мин	1,5..11,5
Регулирование скорости рабочего хода	бесступенчатое
Рекомендуемая скорость обратного хода, м/мин	20..25
Рекомендуемая скорость подвода и отвода протяжки, м/мин	15
Электрооборудование. Привод	
Количество электродвигателей на станке	
Электродвигатель привода главного движения, кВт	18,5
Электродвигатель привода гидронасоса гидростанции, кВт	
Электродвигатель насоса охлаждения, кВт	
Суммарная мощность электродвигателей, установленных на станке, кВт	
Габариты и масса станка	
Габариты станка (длина ширина высота), мм	6340 x 2090 x 1910
Масса станка, кг	5200

1.8 Нормирование технологических операций

1.8.1 Расчет основного времени

Основное время определяем по формуле:

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S \cdot n}, \text{мин} \quad (26)$$

где L – расчётная длина обработки, мм;

i – число рабочих ходов;

n – частота вращения шпинделя, об/мин;

S – подача, мм/об (мм/мин).

Расчётная длина обработки:

$$L = l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}} \quad L = l + l_{\text{вр}} + l_1 + l_2, \quad (27)$$

где l – размер детали на данном переходе, мм;

$l_{\text{вр}}$ – величина врезания инструмента, мм;

$l_{\text{подв}}$ – величина подвода инструмента, мм.

$l_{\text{пер}}$ – величина перебега инструмента, мм;

Тогда окончательная формула для определения основного времени:

$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S \cdot n}, \quad (28)$$

Токарная операция 10:

Переход 1:

$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(47,5 + 2 + 1 + 1) \cdot 1}{0,5 \cdot 1400} = 0,07 \text{мин}$$

Переход 2:

$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(1,5 + 2 + 1 + 1) \cdot 1}{0,5 \cdot 1500} = 0,01 \text{мин}$$

Переход 3:

$$t_0 = \frac{(l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(21 + 2 + 1 + 1) \cdot 3}{0,1 \cdot 3500} = 0,21 \text{мин}$$

Переход 4:

$$t_o = \frac{(l+l_{вр}+l_{пер}+l_{подв}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(21+2+1+1) \cdot 2}{0,1 \cdot 3500} = 0,14 \text{ мин}$$

Суммарное основное время токарной операции 10:

$$\sum t_o = 0,07 + 0,01 + 0,21 + 0,14 = 0,44 \text{ мин}$$

Токарная операция 15:

Переход 1:

$$t_o = \frac{(l+l_{вр}+l_{пер}+l_{подв}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(47,5+2+1+1) \cdot 1}{0,5 \cdot 1400} = 0,07 \text{ мин}$$

Переход 2:

$$t_o = \frac{(l+l_{вр}+l_{пер}+l_{подв}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(58,5+2+1+1) \cdot 1}{0,5 \cdot 1400} = 0,09 \text{ мин}$$

Переход 3:

$$t_o = \frac{(l+l_{вр}+l_{пер}+l_{подв}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(37,5+2+1+1) \cdot 1}{0,1 \cdot 3500} = 0,12 \text{ мин}$$

Переход 4:

$$t_o = \frac{(l+l_{вр}+l_{пер}+l_{подв}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(37,5+2+1+1) \cdot 1}{0,1 \cdot 3500} = 0,12 \text{ мин}$$

Суммарное основное время токарной операции 15:

$$\sum t_o = 0,07 + 0,09 + 0,12 + 0,12 = 0,4 \text{ мин}$$

Сверлильная операция 20:

Переход 1:

$$t_o = \frac{(l+l_{вр}+l_{пер}+l_{подв}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(18+2+1+1) \cdot 4}{0,13 \cdot 1300} = 0,52 \text{ мин}$$

Переход 2:

$$t_o = \frac{(l+l_{вр}+l_{пер}+l_{подв}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(15+2+1+1) \cdot 1}{1 \cdot 1000} = 0,08 \text{ мин}$$

Суммарное основное время сверлильной операции 20:

$$\sum t_o = 0,52 + 0,08 = 0,6 \text{ мин}$$

Протяжная операция 025

Основное время определяется по формуле:

$$T_o = \frac{L_{px}}{1000v_q} k_1 l, \quad (29)$$

Где q – число одновременно обрабатываемых заготовок;

k_1 – коэффициент, учитывающий обратный ускоренный ход;

l – число проходов.

Длина рабочего хода протяжки

$$L_{p.x} = l_n + l + l_{доп}, \quad (30)$$

Длина рабочей части протяжки $l_n = L - l_1$. $L=450$ мм, $l_1=132$ мм,

$l=65$ мм. Тогда $l_n = 450 - 132 = 318$ мм.

Перебег $l_{доп} = 30 \div 50$ мм; принимаем $l_{доп} = 50$ мм.

Таким образом, $L_{p.x} = 318 + 65 + 50 = 433$ мм.

Коэффициент

$$K_1 = 1 + \frac{v}{v_{0.x}}, \quad (31)$$

У станка 7Б520 скорость обратного хода $v_{0.x} = 20$ м/мин;

$$K_1 = 1 + \frac{7}{20} = 1,35.$$

По условию обрабатывается одна заготовка, т.е. $q = 1$; число проходов $l=1$

$$T_o = \frac{132}{1000 \cdot 7 \cdot 1} 1,35 \cdot 1 = 0,03 \text{ мин.}$$

Внутришлифовальная операция 30:

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(21 + 3 + 1 + 1) \cdot 5}{0,45 \cdot 280} = 1,03 \text{ мин.}$$

Внутришлифовальная операция 35:

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(37,5 + 3 + 1 + 1) \cdot 5}{0,45 \cdot 280} = 1,69 \text{ мин.}$$

1.8.2 Определение норм вспомогательного времени для каждой операции

Для определения норм вспомогательного времени воспользуемся имеющимися рекомендациями [8, стр. 38].

Вспомогательное время:

$$t_{\text{всп}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{з.о}} + t_{\text{уп}} + t_{\text{изм}}, \quad (32)$$

где $t_{\text{уст}}$ – время на установку и снятие детали, мин;

$t_{\text{з.о}}$ – время на закрепление и открепление детали, мин;

$t_{\text{уп}}$ – время на приемы управления, мин;

$t_{\text{изм}}$ – время на измерение детали, мин.

Токарная операция 10:

$$\begin{aligned} t_{\text{всп}} &= t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}} + t_{\text{с.и}} = \\ &= 0,55 + 0,2 + 0,5 + 0,18 + 0,1 \cdot 4 = 1,83 \text{ мин}. \end{aligned}$$

Токарная операция 15:

$$\begin{aligned} t_{\text{всп}} &= t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}} + t_{\text{с.и}} = \\ &= 0,55 + 0,2 + 0,5 + 0,18 + 0,1 \cdot 4 = 1,83 \text{ мин}. \end{aligned}$$

Сверлильная операция 20:

$$\begin{aligned} t_{\text{всп}} &= t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}} + t_{\text{с.и}} = \\ &= 0,45 + 0,2 + 0,3 + 0,15 + 0,1 \cdot 2 = 1,3 \text{ мин}. \end{aligned}$$

Протяжная операция 25:

$$\begin{aligned} t_{\text{всп}} &= t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}} + t_{\text{с.и}} = \\ &= 0,45 + 0,4 + 0,4 + 0,3 + 0,1 = 1,65 \text{ мин}. \end{aligned}$$

Внутришлифовальная операция 30:

$$\begin{aligned} t_{\text{всп}} &= t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}} + t_{\text{с.и}} = \\ &= 0,45 + 0,4 + 0,4 + 0,3 + 0,1 = 1,65 \text{ мин}. \end{aligned}$$

Внутришлифовальная операция 30:

$$\begin{aligned} t_{\text{всп}} &= t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}} + t_{\text{с.и}} = \\ &= 0,45 + 0,4 + 0,4 + 0,3 + 0,1 = 1,65 \text{ мин}. \end{aligned}$$

1.8.3 Определение времени на обслуживание рабочего места

Время на обслуживание рабочего места $t_{\text{обс}}$, мин определяется по формуле:

$$t_{\text{обс}} = \alpha \cdot t_{\text{оп}}, \quad (33)$$

Где α – норматив времени на обслуживание рабочего места,
 $t_{\text{оп}}$ – оперативное время, мин.

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{всп}} + t_{\text{осн}}, \quad (34)$$

Токарная операция 10:

$$t_{\text{обс}} = \alpha \cdot t_{\text{оп}} = 0,06 \cdot (1,83 + 0,44) = 0,14 \text{ мин}$$

Токарная операция 15:

$$t_{\text{обс}} = \alpha \cdot t_{\text{оп}} = 0,06 \cdot (1,83 + 0,4) = 0,13 \text{ мин}$$

Сверлильная операция 020:

$$t_{\text{обс}} = \alpha \cdot t_{\text{оп}} = 0,06 \cdot (1,3 + 0,6) = 0,11 \text{ мин}$$

Протяжная операция 025:

$$t_{\text{обс}} = \alpha \cdot t_{\text{оп}} = 0,06 \cdot (1,65 + 0,03) = 0,1 \text{ мин}$$

Внутришлифовальная операция 030:

$$t_{\text{обс}} = \alpha \cdot t_{\text{оп}} = 0,06 \cdot (1,65 + 1,03) = 0,16 \text{ мин}$$

Внутришлифовальная операция 035:

$$t_{\text{обс}} = \alpha \cdot t_{\text{оп}} = 0,06 \cdot (1,65 + 1,69) = 0,2 \text{ мин}$$

1.8.4 Расчет времени перерывов на отдых и личные надобности

Времени перерывов на отдых и личные надобности $t_{\text{отд}}$, мин определяются по формуле:

$$t_{\text{отд}} = P_{\text{отд}} \cdot t_{\text{оп}}, \quad (35)$$

Где $P_{\text{отд}}$ – норматив времени на отдых.

Токарная операция 10:

$$t_{\text{отд}} = P_{\text{отд}} \cdot t_{\text{оп}} = 0,05 \cdot (1,83 + 0,44) = 0,11 \text{ мин}$$

Токарная операция 15:

$$t_{\text{отд}} = P_{\text{отд}} \cdot t_{\text{оп}} = 0,05 \cdot (1,83 + 0,4) = 0,11 \text{ мин}$$

Сверлильная операция 020:

$$t_{\text{отд}} = P_{\text{отд}} \cdot t_{\text{оп}} = 0,05 \cdot (1,3 + 0,6) = 0,09 \text{ мин}$$

Протяжная операция 025:

$$t_{отд} = \Pi_{отд} \cdot t_{оп} = 0,05 \cdot (1,65 + 0,03) = 0,08 \text{ мин}$$

Внутришлифовальная операция 030:

$$t_{отд} = \Pi_{отд} \cdot t_{оп} = 0,05 \cdot (1,65 + 1,03) = 0,13 \text{ мин}$$

Внутришлифовальная операция 035:

$$t_{отд} = \Pi_{отд} \cdot t_{оп} = 0,05 \cdot (1,65 + 1,69) = 0,17 \text{ мин}$$

1.8.5 Расчет штучного времени

Штучное время $t_{шт.}$, мин определяется по формуле:

$$t_{шт.} = t_{осн} + t_{всп} + t_{обс} + t_{отд}, \quad (36)$$

Токарная операция 10:

$$t_{шт.} = t_{осн} + t_{всп} + t_{обс} + t_{отд} = 1,83 + 0,44 + 0,14 + 0,11 = 2,52 \text{ мин}$$

Токарная операция 15:

$$t_{шт.} = t_{осн} + t_{всп} + t_{обс} + t_{отд} = 0,4 + 1,83 + 0,13 + 0,11 = 2,47 \text{ мин}$$

Сверлильная операция 020:

$$t_{шт.} = t_{осн} + t_{всп} + t_{обс} + t_{отд} = 0,6 + 1,3 + 0,11 + 0,09 = 2,11 \text{ мин}$$

Протяжная операция 025:

$$t_{шт.} = t_{осн} + t_{всп} + t_{обс} + t_{отд} = 0,03 + 1,65 + 0,1 + 0,08 = 1,86 \text{ мин}$$

Внутришлифовальная операция 030:

$$t_{шт.} = t_{осн} + t_{всп} + t_{обс} + t_{отд} = 1,65 + 1,06 + 0,16 + 0,13 = 2,97 \text{ мин}$$

Внутришлифовальная операция 035:

$$t_{шт.} = t_{осн} + t_{всп} + t_{обс} + t_{отд} = 1,69 + 1,65 + 0,2 + 0,17 = 3,71 \text{ мин}$$

1.8.6 Расчет штучно-калькуляционного времени

Штучно-калькуляционное время операции определяется как:

$$t_{шт.к.} = t_{шт.} + \frac{t_{пз}}{N}, \quad (37)$$

Подготовительно-заключительное время:

$$t_{пз}^1 = 23 \text{ мин};$$

$$t_{пз}^2 = 23 \text{ мин};$$

$$t_{пз}^3 = 14 \text{ мин};$$

$$t_{пз}^4 = 14 \text{ мин.}$$

$$t_{пз}^5 = 14 \text{ мин}$$

$$t_{пз}^6 = 14 \text{ мин}$$

Тогда величину штучно-калькуляционного времени по формуле определим как:

$$t_{шт.к.}^1 = t_{шт.}^{10} + \frac{t_{пз}^{10}}{N} = 2,52 + \frac{23}{10000} = 2,519 \text{ мин};$$

$$t_{шт.к.}^2 = t_{шт.}^{15} + \frac{t_{пз}^{15}}{N} = 2,47 + \frac{23}{10000} = 2,477 \text{ мин};$$

$$t_{шт.к.}^3 = t_{шт.}^{20} + \frac{t_{пз}^{20}}{N} = 2,11 + \frac{14}{10000} = 2,107 \text{ мин};$$

$$t_{шт.к.}^4 = t_{шт.}^{25} + \frac{t_{пз}^{25}}{N} = 1,86 + \frac{14}{10000} = 1,867 \text{ мин};$$

$$t_{шт.к.}^5 = t_{шт.}^{30} + \frac{t_{пз}^{30}}{N} = 2,97 + \frac{14}{10000} = 2,976 \text{ мин};$$

$$t_{шт.к.}^6 = t_{шт.}^{35} + \frac{t_{пз}^{35}}{N} = 3,71 + \frac{14}{10000} = 3,71 \text{ мин.}$$

2. КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Анализ исходных данных

Спроектируем специальное зажимное приспособление для сверлильной операции технологического процесса изготовления детали «Полумуфта двигателя». Разработано техническое задание на проектирование специального приспособления, которое приведено в таблице 2.1

Таблица 2.1

Раздел	Содержание раздела
Наименование и область применения	Разработанное специальное механизированное приспособление с пневмозажимом для детали «Полумуфта двигателя» на универсальном вертикально-сверлильном станке модели 2С50
Основание для разработки	Операционная карта технологического процесса механической обработки детали «Полумуфта двигателя».
Цель и назначение разработки	Проектируемое приспособление должно обеспечить такие параметры как характеристики по точности, установки и закрепления заготовки заданной детали «Полумуфта двигателя».
Технические (тактико-технические) требования	<u>Тип производства</u> – среднесерийный <u>Программа выпуска</u> - 10000 шт. в год. приспособление должно иметь размеры соответствующие установочным и присоединительным размерам выбранного станка 2С50
Документация, подлежащая разработке	Конструкторская часть пояснительной записки дипломного проекта, сборочный чертеж приспособления и спецификация к нему.

Материал обрабатываемой детали – сталь 40Х ГОСТ 4543-2016. Переход для расчета – сверление 4х отверстий Ø6,5мм. Сила резания 1229Н, крутящий момент 3,3Нм. Диаметр закрепленной части Ø57,8Н10мм.

2.2 Разработка принципиальной расчетной схемы и компоновка приспособления

Для закрепления детали применим тарельчатую пружину. Погрешность установки при использовании тарельчатой оправки наименьшая, равная согласно таблицы 12 [4], равна 20мкм.

Оправки с тарельчатыми пружинами обеспечивают прочное закрепление по внутренней или наружной поверхности и точное центрирование в пределах 0,01-0,02мм. Тарельчатые пружины изготавливаются по ГОСТ 3057-90. Основными материалами является легированные стали марок 60С2А или 65Г, а также в зависимости от условий эксплуатации – титановые или никелевые сплавы.

Расчетная схема для определения усилия закрепления представлена на рисунке 9

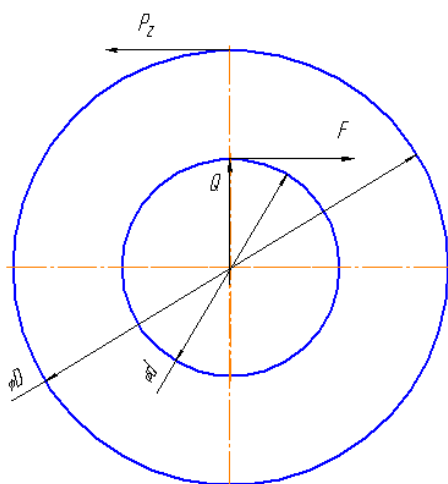


Рисунок 9 - Расчетная схема для определения усилия закрепления

Согласно схеме рисунка 9 , усилие закрепления определим из уравнения:

$$P_z k \frac{D}{2} = F_{тр} \frac{d_{отв}}{2} = Q f \frac{d_{отв}}{2}, \quad (38)$$

$$Q = \frac{P_z k D}{f d_{\text{отв}}}, \quad (39)$$

где D – наибольший диаметр заготовки, $d_{\text{отв}}$ – диаметр, по которому проводим закрепление, k – поправочный коэффициент запаса. Принимаем $k=2,5$, f – коэффициент трения $f = 0,15$.

Определим усилие закрепления:

$$Q = \frac{1229 \cdot 2,5 \cdot 91}{0,15 \cdot 57,8} = 32249 \text{ Н}$$

Определим усилие на приводе согласно рис. 10 , как:

$$W = 1,33 Q \operatorname{tg} \beta, \quad (40)$$

Для диаметра отверстия равном 110 мм, угол $\beta = 7,2^\circ$.

$$W = 1,33 \cdot 32249 \cdot \operatorname{tg} 7^\circ = 5267 \text{ Н}$$

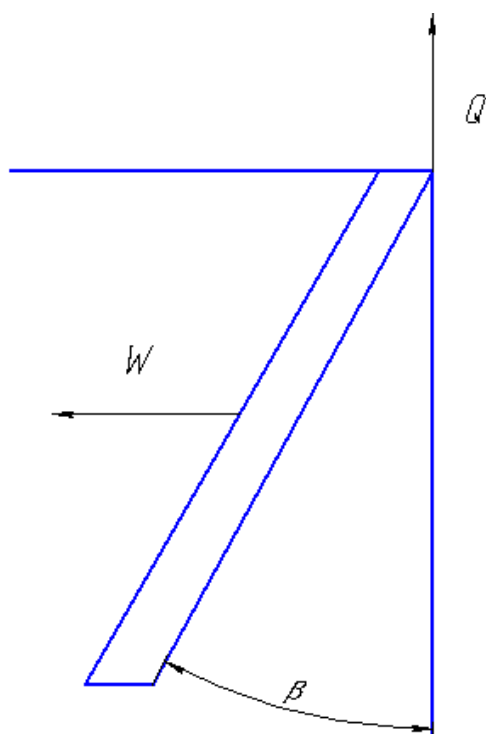


Рисунок 10 - Схема расчет усилия на приводе

По ГОСТ 3057-90 выбираем тарельчатую пружину №115, усилие привода оправки составляет 12500Н. Тогда определим количество тарельчатых пружин зависимостью:

$$N = W/W_o, \quad (41)$$

$$N = 5267/12500 = 0,4$$

Принимаем количество тарельчатых пружин равном 1. Тогда фактическое усилие на приводе вычисляется:

$$W_\Phi = W_o N, \quad (42)$$

$$W_\Phi = 12500 \text{ Н}$$

Для определения исходного усилия воспользуемся уравнением:

$$W_\Phi = i W_{и}, \quad (43)$$

где i – коэффициент усиления, равном 1.

$$W_\Phi = 12500 \text{ Н}$$

2.3 Расчет привода приспособления

После определения исходного усилия на приводе рассчитывают параметры привода. При расчете параметров привода определяется диаметр цилиндра и диаметр штока. В нашем случае используем пневмоцилиндр.

Диаметр цилиндра определим согласно формуле:

$$W_{пр} = \pi/4 D^2 p \eta, \quad (44)$$

где

$$D = \sqrt{\frac{4W_{пр}}{\pi p \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 12500}{3,14 \cdot 2,5 \cdot 0,9}} = 84 \text{ мм}$$

$W_{пр}$ – усилие на приводе,

p – давление в гидросети, $p = 2,5 \text{ Мпа}$,

η - КПД, $\eta = 0,9$.

Принимаем диаметр цилиндра согласно ГОСТ 15608-81 равным 100 мм.

Диаметр штока определяется по следующей зависимости

$d_{шт} = 0,25 D_{ц}$, подставив все необходимые значения, получаем:

$$d_{шт} = 0,25 \cdot 100 = 25 \text{ мм}.$$

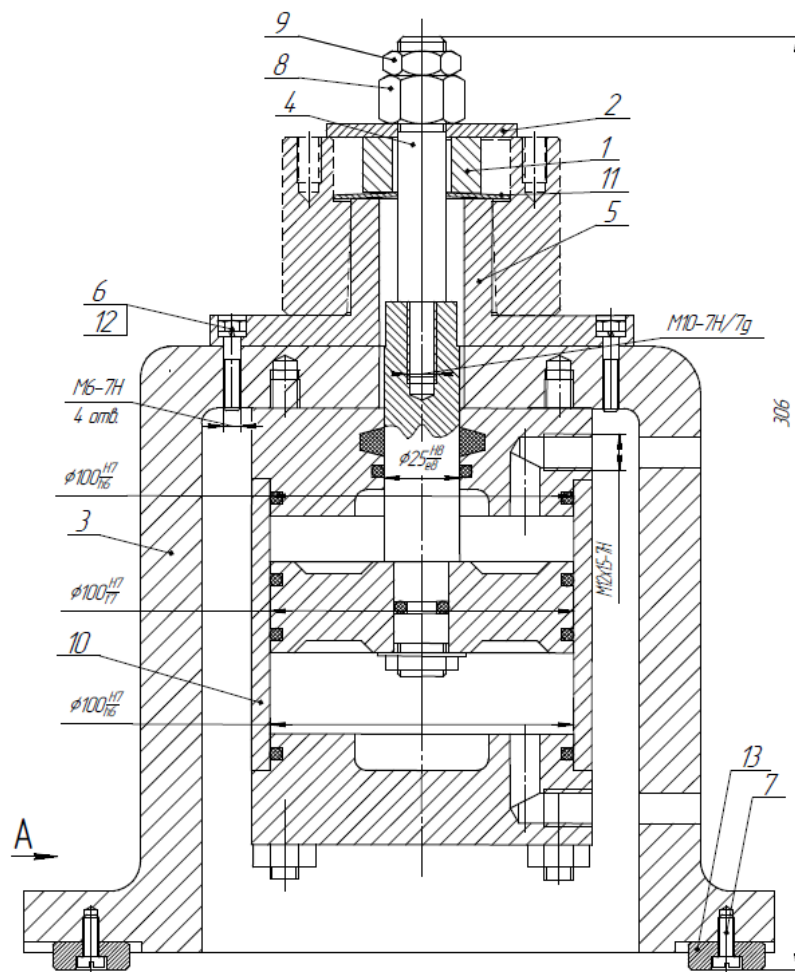
Принимаем диаметр штока равный $d_{шт} = 25 \text{ мм}$

Определяем фактические значения усилия на приводе и усилия закрепления:

$$W_{\phi} = \frac{D_{\phi}^2 \cdot \pi \cdot p \cdot \eta}{4} = \frac{100^2 \cdot 3,14 \cdot 2,5 \cdot 0,9}{4} = 17662 \text{ Н}, \quad (45)$$

2.4 Описание конструкции и работы приспособления

Проект конструкции приспособления для сверлильной операции представлен на чертеже формата А2.



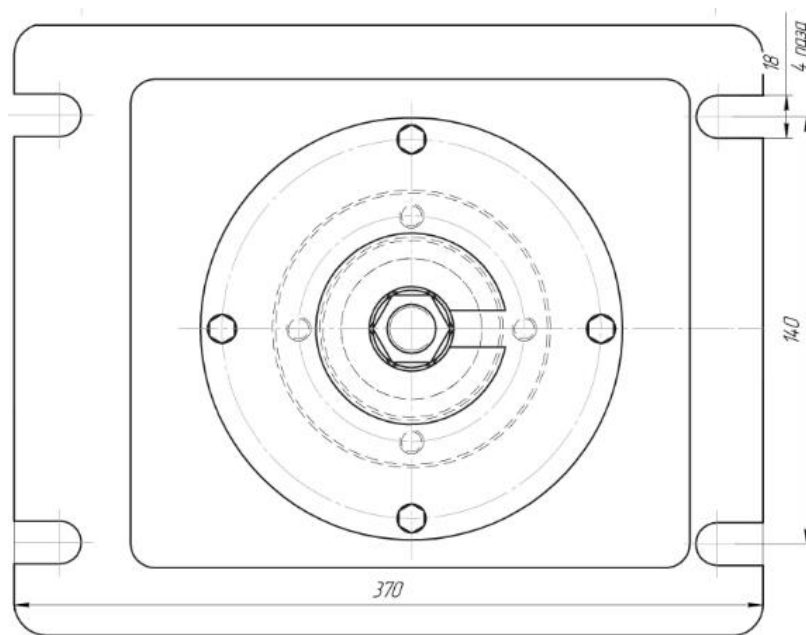


Рисунок 11 - Приспособление для сверлильной операции

Приспособление базируется на столе станка с помощью призматической шпонки 13, которая крепится к корпусу приспособления 3 винтом 7. К корпусу 3 при помощи болтов 6 и шайб 12 крепится корпус под стакан 5, на который тарельчатая пружина 11, втулка 1 и зажимная втулка 2.

Пневмоцилиндр 12 закреплен на корпусе приспособления с помощью стяжек, которые поставляются в комплекте с пневмоцилиндром.

Принцип действия приспособления: давление подается в штоковую полость пневмоцилиндра, после чего поршень передвигается вниз, перемещая ось, которая закрепляет заготовку.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
З-4А7Б	Громику Артему Александровичу

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Машиностроения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Бюджет проекта не более - 482305 руб., в том числе затраты на оплату труда - 343000 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Накладные расходы 16%; 1,3 районный коэффициент.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды – 30,2%.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Анализ потенциальных потребителей результатов исследования; Анализ конкурентных технических решений; SWOT-анализ.</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Формирование плана и графика исследования; Формирование бюджета затрат на научное исследование.</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>График проведения НИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Клемашева Елена Игоревна	К. Э. Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-4А7Б	Громик Артём Александрович		

3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

3.1 Актуальность исследования

Актуальность проведения экономического анализа по оценке деловой привлекательности научной разработки технологического процесса изготовления детали «Полумуфта двигателя» обусловлена тем, что в настоящее время проведение данного анализа позволяет вовремя устранить коммерчески малоэффективные варианты, следовательно, значительно повысить вероятность коммерциализации научной разработки. Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта. Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

3.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

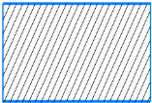
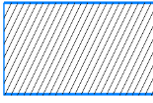
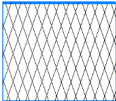
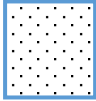
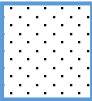
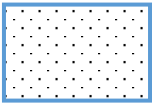
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

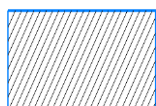
Для анализа потребителей услуг по разработке технологического процесса изготовления детали «Полумуфта двигателя» был рассмотрен целевой рынок и проведено его сегментирование.

Учитывая специфику результатов исследования, критериями сегментирования выбрана отрасль «машиностроение», выпускаемая продукция – «Полумуфта двигателя», используемый тип производства – мелкосерийное производство.

На основании этих критериев сформирована карта сегментирования рынка услуг по разработке технологического процесса изготовления детали «валик передний».

Таблица 3.1 - Карта сегментирования рынка по разработке технологии изготовления детали "Полумуфта двигателя"

Критерии		Возможности станочного производства		
		Современное оборудование	Профессианализм персонала	Необходимое оборудование
Размер компании и	Крупные			
	Серийные		 	 
	Мелкие			



ООО "КТР РУС"



ООО «Континенталь»



ООО «Феррум»

Из анализа карты, можно сделать вывод, что наиболее эффективным производством обладает ООО «КТР РУС», не смотря на это остальные компании могут составить конкуренцию. Однако производство детали "Полумуфта двигателя" потребует от остальных компаний существенного финансового вложения как в развитие станочной базы так и в поиск новых профессиональных сотрудников.

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки прибывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в разрабатываемый объект. Чтобы выявить ресурсоэффективность разработки и определить направления для ее будущего повышения, необходимо провести анализ конкурентных технических решений. Данный анализ проводится с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 3.2

Таблица 3.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентноспособность		
		B_{ϕ}	B_{K1}	B_{K2}	K_{ϕ}	K_{K1}	K_{K2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Качество	0,35	5	4	2	1,40	1,75	0,70
2.Способ изготовления	0,10	4	4	2	0,80	0,6	0,4
3.Износостойкость	0,02	4	4	3	0,08	0,08	0,02
4.Универсальность	0,05	4	5	4	0,15	0,25	0,20
5.Простота эксплуатации	0,08	5	5	3	0,40	0,40	0,24

Продолжение таблицы 3.2

6.Взаимозаменяемость	0,05	4	3	2	0,15	0,15	0,1
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,10	5	4	2	0,50	0,40	0,30
2. Окупаемость	0,05	4	3	5	0,50	0,10	0,25
3.Конкурентноспособн ость	0,07	3	2	3	0,24	0,14	0,21
4. Себестоимость	0,13	4	3	4	0,52	0,39	0,65
Итого	1,00	42	37	30	4,01	4,06	2,87

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1-слабая позиция, а 5-сильная.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле [1,стр. 7]:

$$K = \sum B_i \times B_i , \quad (46)$$

где K – конкурентоспособность технической разработки или конкурента

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Разработка технического решения ООО «КТ РУС» (КФ):

$$K = 42 \times 4.01 = 168,42 ,$$

Разработка технического решения конкурентных предприятий :
ООО «Континенталь» (К1) и ООО «Феррум» (К2):

$$K = 37 \times 4,06 = 150,2 ,$$

$$K = 30 \times 2,87 = 86,$$

Проведя анализ выяснили, что деталь «Полумуфта двигателя» конкурентоспособна. Также деталь является надежной, так как выполнена из стали 40Х. Деталь проста в эксплуатации, так как предназначена для

определенного вида деятельности и выполнена по определенным требованиям.

Цена детали в рамках допустимой нормы. Разработка выполнялась в соответствии со стандартами ЕСТПП.

3.2 SWOT-анализ технологического процесса изготовления детали «Полумуфта двигателя»

С целью исследования внешней и внутренней среды проекта применен SWOT–анализ. Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в Приложении Д. Таблица 3.3 Матрица SWOT

Результаты второго этапа SWOT-анализа приведены в Приложении Д таблице 3.4 – Интерактивная матрица проекта

Анализ интерактивных таблиц выявил сильно коррелирующие стороны и возможности, стороны и угрозы, каждая из представленных записей представляет собой направление реализации проекта.

3.3. Планирование научно-исследовательских работ

3.3.1. Структура работ в рамках научного исследования

Реализация научно-исследовательского проекта по разработке технологического процесса изготовления детали «Полумуфта двигателя» состоит из 9 основных этапов, которые составляют структуру научного исследования. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей представлено в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Исполнитель
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, исполнитель
	4	Календарное планирование работ по теме	Исполнитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Исполнитель
	6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Исполнитель
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Исполнитель
	8	Контроль результатов исследований	Руководитель темы
	9	Технико-экономические расчеты	Исполнитель
	10	Вопросы экологичности и безопасности проекта	Исполнитель
Обобщение и оценка результатов	11	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, исполнитель

3.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

С целью построения ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта длительность каждого из этапов работ из рабочих дней переведена в календарные дни. Для этого была использована следующая формула:

$$T_{ki} = T_{pi} \times k_{\text{кал}} , \quad (47)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определен по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (48)$$

Где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Все рассчитанные значения сведены в таблицу 3.6.

Таблица 3.6 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость						Длительнос ть работ в рабочих днях		Длительнос ть работ в календарны х	
	t_{min_i} , чел-		t_{max_i} , чел-		$t_{ожі}$, чел-					
	Руководитель	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель
Составление и утверждение технического задания	1		2		3		3		3	
Подбор и изучение материалов по теме		12		15		14		14		18
Выбор направления исследований	2		4		3		3		4	
Календарное планирование работ по теме		2		3		3		2.5		4
Проведение теоретических расчетов и обоснований		25		40		32		32		44
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов		20		25		22		22		35
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями		2		3		2		2		2
Контроль результатов исследования	3		4		4		4			6
Технико-экономические расчеты		4		6		6		6		8
Вопросы экологичности и безопасности проекта		4		5		5		5		5
Оценка эффективности полученных результатов	1		3		2		3		3	
Итого дней (руководитель)									10	
Итого дней (бакалавр)									122	
Итого дней (проект)									132	

На основе таблицы 3.6 построен календарный план-график представленный в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Календарный план-график проведения НИОКР

№	Вид работ	Исполнитель	T_{ki} кал. дней	Продолжительность выполнения работ															
				Январь		Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	3	◆															
2	Подбор и изучение материалов по теме	Исполнитель	20	■															
3	Выбор направления исследований	Руководитель	3	◆															
4	Календарное планирование работ по теме	Исполнитель	4	■															
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Исполнитель	46	■															
6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Исполнитель	35	■															
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Исполнитель	2	■															
8	Контроль результатов исследования	Исполнитель	4	■															
9	Технико-экономические расчеты	Исполнитель	8	■															
10	Вопросы экологичности и безопасности проекта	Исполнитель	5	■															
11	Оценка эффективности полученных результатов	Исполнитель, Руководитель	2	◆ ■															

Исполнитель – ■ Руководитель - ■

По календарному плану-графику проведения ВКР видно, что начало работы было в первой половине февраля. Вторая, шестая и восьмая работы выполняются одновременно. По графику видно, что выполнение технологической части работы, самая продолжительная часть работы и составляет 36 дней. Такие работы, составление и утверждение темы ВКР, согласование выполненной технологической части с научным руководителем, согласование выполненной конструкторской части с научным руководителем, выполнялись двумя исполнителями. Окончание работы в середине июня.

3.4. Бюджет научно-технического исследования

Бюджет затрат включает в себя следующие статьи:

- материальные затраты;
- полная заработная плата исполнителей проекта;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые взносы);
- накладные расходы.

3.4.1 Расчет материальных затрат научно-технического проекта

В материальные затраты включаются затраты на канцелярские принадлежности, и т.п.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = \sum_{i=1}^m C_i \times N_{\text{расх}i}, \quad (49)$$

где m – количество видов материальных ресурсов;

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию (натур.ед.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./натур.ед.);

Значения цен на материальные ресурсы установлены по данным, размещенным на сайте магазина ООО «Ситилинк».

Накладные расходы

Таблица 3.8 – Материальные затраты

Наименование	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Ноутбук	1	65000	65000
Принтер	1	7500	7500
Флеш-карта	1	500	550
Электроэнергия	110	5,78	635.8
Итого			73685.8

3.4.2 Полная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается полная заработная плата научного руководителя и студента, которая рассчитывается по формуле [5, стр. 26]:

$$З_{\Pi} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}, \quad (50)$$

где $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, $З_{\text{доп}} = 0,12 \times З_{\text{осн}}$

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Основная заработная плата ($З_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле [5, стр. 26]:

$$З_{\text{осн}} = T_p \times З_{\text{дн}}, \quad (51)$$

где $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. Дн.

$З_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле [5, стр. 27]

$$З_{дн} = \frac{З_{м} \times М}{F_{д}}, \quad (52)$$

где $З_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$М$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $М = 11,2$, 5-дневная неделя;

$F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{м} = З_{тс} \times (1 + k_{пр} + k_{д}) \times k_{р}, \quad (53)$$

где $З_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{тс}$);

$k_{д}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15- 20 % от $З_{тс}$); $k_{р}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 3.9 Расчет заработной платы

Исполнители	$З_{тс}$ руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$З_{м}$ руб.	$З_{дн}$ руб	$T_{р}$ дн.	$З_{осн}$ руб.	$З_{доп}$ руб.	Итого, руб.
Руководитель	35120	0,3	0,4	1,3	77615,2	3714,9	1 0	3 7 1 4 9	4457,9	41606,9
Студент	15300	0,3	0,4	1,3	33 8 1 3	1618,4	122	197444,8	23693,4	221138,4

3.4.3 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.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы [7,с.29]:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \times (З_{осн} + З_{доп}), \quad (54)$$

Где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.), равен 30,2%

Таблица 3.10 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	Основная заработная плата, руб.	Отчисления во внебюджетные фонды
Руководитель	41606,9	12565,3
Студент	221138,4	66783,8
Итого		79349,1

3.4.4 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

$$З_{накл} = \Sigma(\text{статей 4.1-4.3}) \times 0,16 = 66524,8 \quad (55)$$

3.4.5 Формирование бюджета затрат научно-технического проекта

Рассчитанная величина затрат технического проекта является основой для формирования сметы затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку технического проекта продукции.

Определение бюджета затрат на технический проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 3.12.

Таблица 3.12 - Расчет сметы затрат технического проекта

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты	73685,8	Пункт 3.4.1
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей проекта	262745,3	Пункт 3.4.2
3. Отчисления во внебюджетные фонды	79349,1	Пункт 3.4.3
4. Накладные расходы	66524,8	Пункт Пункт 3.4.4
Бюджет затрат	482305	Сумма ст.1-4

3.5. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Исп. 1 – Разработка проекта в настоящем исследовании; Исп. 2 – ООО «Континенталь»; Исп. 3 - ООО «Феррум»

Таблица 3.13 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,2	5	4	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,05	4	3	4
3. Безопасность	0,1	5	5	4
4. Энергосбережение	0,2	4	3	3
5. Надежность	0,3	4	4	3
6. Материалоемкость	0,15	4	4	4
ИТОГО	1	4.3	3.85	3.3

$$I_{p-исп1} = 5 \times 0,2 + 4 \times 0,05 + 5 \times 0,1 + 4 \times 0,2 + 4 \times 0,3 + 4 \times 0,15 = 4,3;$$

$$I_{p-исп2} = 4 \times 0,2 + 3 \times 0,05 + 5 \times 0,1 + 3 \times 0,2 + 4 \times 0,3 + 4 \times 0,15 = 3,85;$$

$$I_{p-исп3} = 3 \times 0,2 + 4 \times 0,05 + 4 \times 0,1 + 3 \times 0,2 + 3 \times 0,3 + 4 \times 0,15 = 3,3$$

Сравнительный анализ показал, что эффективность варианта разработки технологического процесса изготовления детали «Полумуфта двигателя» в настоящем исследовании более конкурентноспособна по сравнению с другими вариантами.

ВЫВОД ПО РАЗДЕЛУ

В ходе исследования провели анализ конкурентоспособности и SWOT-анализ проекта, которые выявили его сильные и слабые стороны. Произведено планирование проекта и построен график Ганта; по итогам был установлен предполагаемый срок выполнения проекта – 132 дня.

Бюджет затрат на реализацию проекта составил 482305 рублей. Показатель ресурсоэффективности (4,3) говорит об эффективной реализации проекта. На основании полученных результатов выявлено, что реализация данного проекта является экономически целесообразной.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
		Громик Артём Александрович	
Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение (НОЦ)	Машиностроение
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 «Машиностроение»

Тема ВКР:

Проектирование технологического процесса изготовления детали «Полумуфта двигателя».	
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: <u>деталь «Полумуфта двигателя»</u> Область применения: <u>Машиностроительное предприятие</u> Рабочая зона: <u>лаборатория</u> Наименование оборудования рабочей зоны: <u>рабочий стол с персональным компьютером, монитором, принтером</u> Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: <u>проектирование технологического процесса детали «Полумуфта двигателя»</u>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения - специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) ГОСТ Р 50923-96 - Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения.
2. Производственная безопасность при разработке Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов	Вредные - Недостаточная освещенность рабочей зоны - Отсутствие или недостаток естественного света - Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего - Нервно-психические перегрузки Опасные - производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	Воздействие на литосферу: <u>Загрязнение почвы стружкой</u> Воздействие на гидросферу: <u>Выброс технических жидкостей</u> Воздействие на атмосферу: <u>Образование пыли, выделение газов</u>

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения/при эксплуатации	Возможные ЧС: <u>пожары</u>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич Ольга Алексеевна	к.б.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4А7Б	Громик Артём Александрович		

4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В разделе социальная ответственность рассмотрены вопросы, связанные с особенностями условий труда при разработке технологического процесса изготовления детали «Полумуфта двигателя».

Разработка проекта выполнена выпускником НИ ТПУ в лаборатории на персональном компьютере. Работа выполнена в соответствии с действующими нормативными документами.

В работе рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности на рабочем месте.

Проведён анализ возможного появления опасных и вредных производственных факторов и их влияние на условия работы; Разработаны мероприятия по технике безопасности, направленные на снижение или устранение этих факторов.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно трудового кодекса Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) [12]:

Статья 21. Работник имеет право на:

Заключение, изменение и расторжение трудового договора в порядке и на условиях, которые установлены настоящим Кодексом, иными федеральными законами;

Рабочее место, соответствующее государственным нормативным требованиям охраны труда, предусмотренным коллективным договором;

Статья 91. Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю.

Статья 100. Режим рабочего времени должен предусматривать продолжительность рабочей недели (пятидневная с двумя выходными днями, шестидневная с одним выходным днем, рабочая неделя с предоставлением выходных дней по скользящему графику, неполная рабочая неделя).

Статья 216. Каждый работник имеет право на:

Обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;

Обеспечение в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя средствами коллективной и индивидуальной защиты и смывающими средствами;

Обучение по охране труда за счет средств работодателя;

Дополнительное профессиональное образование или профессиональное обучение за счет средств работодателя в случае ликвидации рабочего места вследствие нарушения работодателем требований охраны труда;

При планировании рабочего места для проектирования технологического процесса изготовления детали «Полумуфта двигателя» учитываем рабочую позу проектировщика. Руководствуемся ГОСТ Р 50923-96 [13]

Дисплей. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения.

1. Рабочее место с дисплеем должно обеспечивать оператору возможность удобного выполнения работ в положении сидя и не создавать перегрузки костно-мышечной системы.
2. Основными элементами рабочего места оператора являются: рабочий стол, рабочий стул (кресло), дисплей, клавиатура; вспомогательными - пюпитр, подставка для ног.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать возможность размещения на рабочей поверхности необходимого комплекта оборудования и документов с учетом характера выполняемой работы. Высота рабочей

поверхности стола составляет 725 мм. Размеры рабочей поверхности глубина - 800 мм, ширина 1600 мм. Пространство для ног высота 600 мм, ширина 500 мм. Рабочая поверхность стола изготавливается без острых углов.

Поверхность сидения должна иметь ширину и глубину не менее 400 мм. Опорная поверхность спинки стула должна иметь высоту 300 ± 20 мм, ширину не менее 380 мм и радиус кривизны в горизонтальной плоскости 400 мм.

Дисплей на рабочем месте устанавливается ниже уровня глаз. Угол наблюдения экрана оператором относительно горизонтальной линии взгляда не должен превышать 60° , как показано на рисунке.

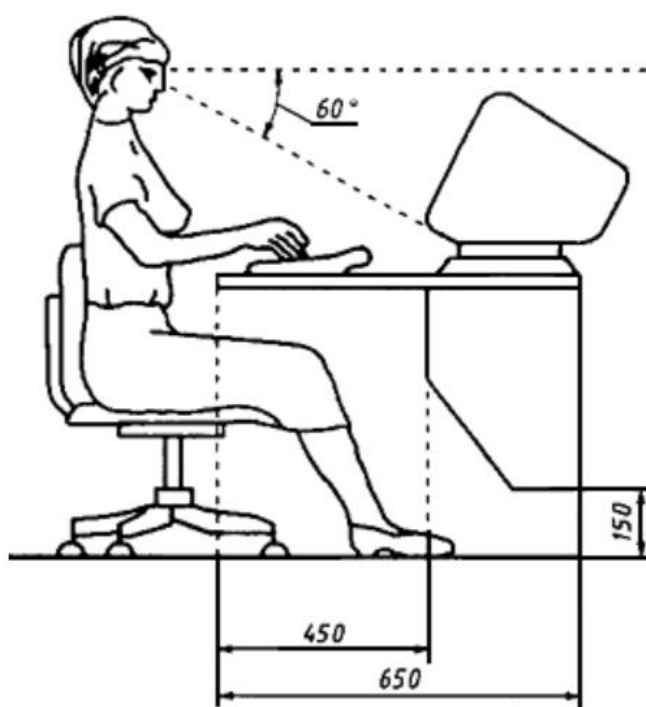


Рисунок 12 – расположение дисплея на рабочем столе.

4.2 Производственная безопасность

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места в соответствии с нормами производственной санитарии, техники производственной безопасности и охраны окружающей среды.

Для выбора факторов используется ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Описание и вредные производственные факторы. Классификация. [14]

Таблица 4.1 – Возможные опасные и вредные факторы на рабочем месте проектировщика

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1. Недостаточная освещенность рабочей зоны	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция
2. Отсутствие или недостаток естественного света	СНиП 23-05-95*[15]
3. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. [16]
4. Нервно-психические перегрузки	МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности». [17]
5. производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. [18]

4.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Недостаточная искусственного и естественного освещенность рабочей зоны

В соответствии с нормативом СП 52.13330.2016 Таблица 4.2 освещенность на рабочей поверхности стола от системы общего освещения должна быть 300 лк, цилиндрическая освещенность 100 лк, коэффициент пульсаций 15%. Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь естественное освещение. При совмещенном освещении КЕО при боковом освещении 0,6%.

При недостаточной освещенности в первую очередь страдают органы зрения. Зрительное восприятие снижается, развивается близорукость, появляется болезнь глаз. При недостаточной освещенности снижается продуктивность, возникает потенциальная опасность ошибочных действий и несчастных случаев. Также при напряжении зрительных анализаторов возникает и напряжение всех анализаторов в целом, что приводит к головным болям и переутомлению.

При недостатке естественного освещения на рабочем месте можно выполнять следующие мероприятия:

- Защита временем (ограниченное пребывание работника в помещении);
- Улучшение условий, создаваемых искусственным освещением;
- Окраска стен в светлые тона

Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего

Под микроклиматом понимают качество воздушной среды в рабочей зоне. Эти требования устанавливают оптимальные и допустимые метеорологические условия для рабочей зоны помещения, нормируемые следующими параметрами: температура, оптимальная влажность, скорость движения воздушного потока. В соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ [16].

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, приведенным в таблице.

Таблица 4.2 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплый	Ia (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1

Перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также изменения температуры воздуха в течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2 °С и выходить за пределы величин, указанных в табл.1 для отдельных категорий работ.

В целях профилактики неблагоприятного микроклимата должны быть проведены защитные мероприятия установка систем местного кондиционирования.

Нервно-психические перегрузки

Для профилактики стрессового состояния разработаны методические указания. Руководствуясь МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности»

необходимо проводить комплекс мер профилактики стрессового состояния работников при различных видах нервно-напряженного, зрительно-напряженного и физического труда.[17]

Меры профилактики стрессовых состояний предусматривают внедрение рациональных режимов труда и отдыха, комплекса оздоровительно-профилактических мероприятий для предупреждения воздействия стресс-факторов на организм работающих.

Основными обуславливающими развитие производственно-профессионального стресса (стрессового состояния) трудовыми нагрузками являются:

- при умственной нагрузке - длительный и ненормированный рабочий день с работой в сменном режиме, служебные командировки, работа в состоянии дефицита времени, длительность сосредоточенного внимания, плотность сигналов и сообщений в единицу времени, высокая степень сложности задания, выраженная ответственность, наличие риска для жизни;
- при зрительной нагрузке - высокая точность выполняемой работы, необходимость высокой координации сенсорных и моторных элементов зрительной системы, т.е. координации зрения с системой органов движения, время работы с оптическими приборами и время работы непосредственно с экраном видеодисплейных терминалов (ВДТ) и персональных электронно-вычислительных машин (ПЭВМ).

Характерными особенностями всех современных видов трудовой деятельности являются недостаточный уровень общей двигательной активности (гипокинезия) и пребывание в физиологически нерациональных рабочих позах (неудобная, фиксированная, вынужденная).

Длительное перенапряжение от воздействия интенсивных нервно-эмоциональных нагрузок способствует развитию производственно-обусловленных заболеваний: атеросклероза, ишемической болезни сердца, гипертонической болезни, невротических расстройств и т.д.

При пятидневной рабочей неделе и 8-ми часовой смене продолжительность обеденного перерыва составляет 30 мин, а регламентированные перерывы вводятся через 2 ч от начала рабочей смены и через 2 ч после обеденного перерыва продолжительностью 5-7 мин каждый.

Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий.

Поражение человека током может произойти в следующих случаях: при прикосновении к токоведущим частям ПК во время его обслуживания; при прикосновении к частям электрической цепи с нарушенной изоляцией; в следствии короткого замыкания.

Основные способы и средства электрозащиты:

- изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль;
- использование малых напряжений;
- электрическое разделение сетей;
- выравнивание потенциалов;
- зануление;
- защитное отключение;

4.3. Экологическая безопасность

При производстве детали «Полумуфта двигателя» возникают отходы, которые могут производить воздействие на окружающую среду.

Воздействие на литосферу: загрязнение почвы металлической стружкой. Класс опасности III.[22] Твёрдые отходы производства имеют строго однородный характер, в виде металлической стружки, поэтому следует подобные отходы отправлять переплавку и повторное использование.

Переработка стружки трудоемкий процесс, подразумевающий под собой брикетирование или прессование стружки в компактный брикет для наименьшего угара стружки при переплавке в сталеплавильных печах. В зависимости от стружки и ее засора используют центрифугу для отжима масла, дробилку для дробления стружки на мелкие фракции, а также брикетированные прессы для придания дробленой стружке компактного брикета в целях удобства перевозки и плавки в печах.

Воздействие на гидросферу: выброс технических жидкостей. При производстве детали «Полумуфта двигателя» приходится иметь дело с такими отходами, как отработанное машинное масло. Класс опасности III.[22] Все отработанные нефтепродукты подлежат обязательному сбору в целях охраны окружающей среды от загрязнения. [ГОСТ 21046-2015] согласно «Приказу МИНТОПЭНЕРГО РФ от 25 сентября 1998 г. N 311. Об утверждении инструкции об организации сбора и рационального использования отработанных нефтепродуктов в Российской Федерации», подлежат сбору, хранению и отгрузке для их последующей регенерации на специализированных предприятиях.

Воздействие на атмосферу: образование пыли при производстве детали «Полумуфта двигателя». Из-за образования пыли Абразивные отходы (IV класс опасности) [22]. Наиболее эффективным средством борьбы с пылью и вредными испарениями в атмосфере производственного помещения является вентиляция. Она бывает механической и естественной, возможны также смешанные вентиляции в различных вариантах. В целях охраны окружающей среды, в системе вентиляции необходимо устанавливать фильтры и пылеулавливатели. [25].

4.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Вследствие того, что при проектировании технологического процесса ведется работа с компьютером, существует возможность короткого замыкания

или неисправности проводов. Питаются электроустановки посредством кабельных линий, являющихся особо пожароопасными. Именно поэтому наиболее типичная чрезвычайная ситуация – это пожар, класса А.

Для увеличения устойчивости помещения к ЧС необходимо устанавливать системы противопожарной сигнализации, реагирующие на дым и другие продукты горения. Оборудовать помещение огнетушителями, планами эвакуации, а также назначить ответственных за противопожарную безопасность. Важно проводить своевременную проверку огнетушителей. Два раза в год (в летний и зимний период) проводить учебные тревоги для отработки действий при пожаре.

Для предупреждения ЧС (пожары) и слаженности действий при возникновении рассмотрим первые меры пожарной безопасности в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". Статья 63. [23]

1) реализацию полномочий органов местного самоуправления по решению вопросов организационно-правового, финансового, материально-технического обеспечения пожарной безопасности муниципального образования;

2) разработку и осуществление мероприятий по обеспечению пожарной безопасности муниципального образования и объектов муниципальной собственности, которые должны предусматриваться в планах и программах развития территории, обеспечение надлежащего состояния источников противопожарного водоснабжения, содержание в исправном состоянии средств обеспечения пожарной безопасности жилых и общественных зданий, находящихся в муниципальной собственности;

3) разработку и организацию выполнения муниципальных целевых программ по вопросам обеспечения пожарной безопасности;

4) разработку плана привлечения сил и средств для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ на территории муниципального образования и контроль за его выполнением;

5) установление особого противопожарного режима на территории муниципального образования, а также дополнительных требований пожарной безопасности на время его действия;

6) обеспечение беспрепятственного проезда пожарной техники к месту пожара;

7) обеспечение связи и оповещения населения о пожаре;

8) организацию обучения населения мерам пожарной безопасности и пропаганду в области пожарной безопасности, содействие распространению пожарно-технических знаний;

9) социальное и экономическое стимулирование участия граждан и организаций в добровольной пожарной охране, в том числе участия в борьбе с пожарами.

ВЫВОД ПО РАЗДЕЛУ

Работа проектировщика регламентируется законодательством РФ, основным документом является Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022). По степени тяжести работа проектировщика относится к уровню Ia до с энергозатратами организма до 139 Дж/с. Помещение, в которой выполнялась работа по проектированию технологического процесса, соответствует требованиям электробезопасности в соответствии с ПУЭ. Помещение относится к категории без повышенной опасности. Персонал имеет II группу по электробезопасности.

Анализ вредных и опасных факторов на рабочем месте проектировщика выявил вредные и опасные факторы:

- Вредные факторы: Отсутствие или недостаточность естественного или искусственного освещения; Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего; нервно-психические перегрузки.

- Опасные факторы: производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий.

Согласно СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности». Помещение, в котором проводится работа проектировщика, относится к категории «Д» – негорючие вещества и материалы в холодном состоянии. Помещение, в котором находится производство детали относится к категории «Г» - Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

Рассмотрены меры по обращению с отходами при изготовлении детали «Полумуфта двигателя». Производство, на котором будет производиться деталь по степени негативного воздействия на окружающую среду относится к III и IV категории – с незначительным и минимальным воздействием.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы был разработан технологический процесс механической обработки детали «Полумуфта двигателя». В качестве заготовки выбрали прокат трубный горячекатаный $\varnothing 95^{+0,6}_{-2,0}$ с толщиной стенки 25мм ГОСТ 8732-78, проведен расчет межоперационных припусков и размерный анализ, разработан маршрутный технологический процесс изготовления, подобрано оборудование, приспособление и режущий инструмент для обработки детали. Определены режимы резания путем аналитического расчета и нормы машинного времени.

Спроектировано специальное зажимное приспособление для сверлильной операции.

Проведен анализ конкурентоспособности и SWOT-анализ проекта, которые выявили его сильные и слабые стороны. Произведено планирование проекта и построен график Ганта; по итогам был установлен предполагаемый срок выполнения проекта – 132 дня.

В разделе «Социальная ответственность» проведен анализ вредных и опасных факторов при проектировании технологического процесса детали «Полумуфта двигателя». Также было рассмотрено вопросы обеспечения экологической безопасности и безопасности в чрезвычайных ситуациях. Рассмотрены основные опасные и вредные факторы, влияющие на человека при проектировании детали «Полумуфта двигателя» и представлены предельные допустимые значения этих факторов. Определены элементы загрязнения окружающей среды в процессе производства детали «Полумуфта двигателя» и предложены пути снижения степени загрязнения отходами или вовсе их избегания. Представлены рекомендации по действию в вероятных ЧС при применении и изучении объекта исследования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. 256 с.
2. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. 100 с.
3. Мягков В.Д., Палей М.А., Романов А.Б., Брагинский В.А. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х ч. Том 2. – Л.: Машиностроение, 1983. 448 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 /Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова— 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2003. 496 с.
5. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник / Баранчиков В.И., Жаринов А.В., Юдина Н.Д., Садыхов А.И. и др.; Под общ. ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990.
6. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя: В 3 т. Т. 1. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.: ил.
7. Справочник инструментальщика /И.А. Ординарцев, Г.В. Филлипов, А.Н. Шевченко и др., Под общей редакцией И.А.Ординарцева.-Л.: Машиностроение. Ленингр. Отделение .1987.-846 с.
8. Михаевич Е.П. Технология машиностроения. – Институт дистанционного образования. – 100 с.2010г.
9. СТО ТПУ 2.5.01-2011. Работы выпускные квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления.
10. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсо-сбережение: учебно-методическое пособие. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

11. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ/Сост. Е.Н. Пашков, А.И. Сечин, И.Л. Мезенцева, О.А. Антонец, И.И. Авдеева – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2022. – 18 с.

12. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022)

13. ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения.

14. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Описание и вредные производственные факторы. Классификация.

15. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*

16. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

16. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.

17. МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности».

18. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

19. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

20. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

21. <http://kod-fkko.ru/>

22. ГОСТ 4543.71. Прокат из легированной конструкционной стали.

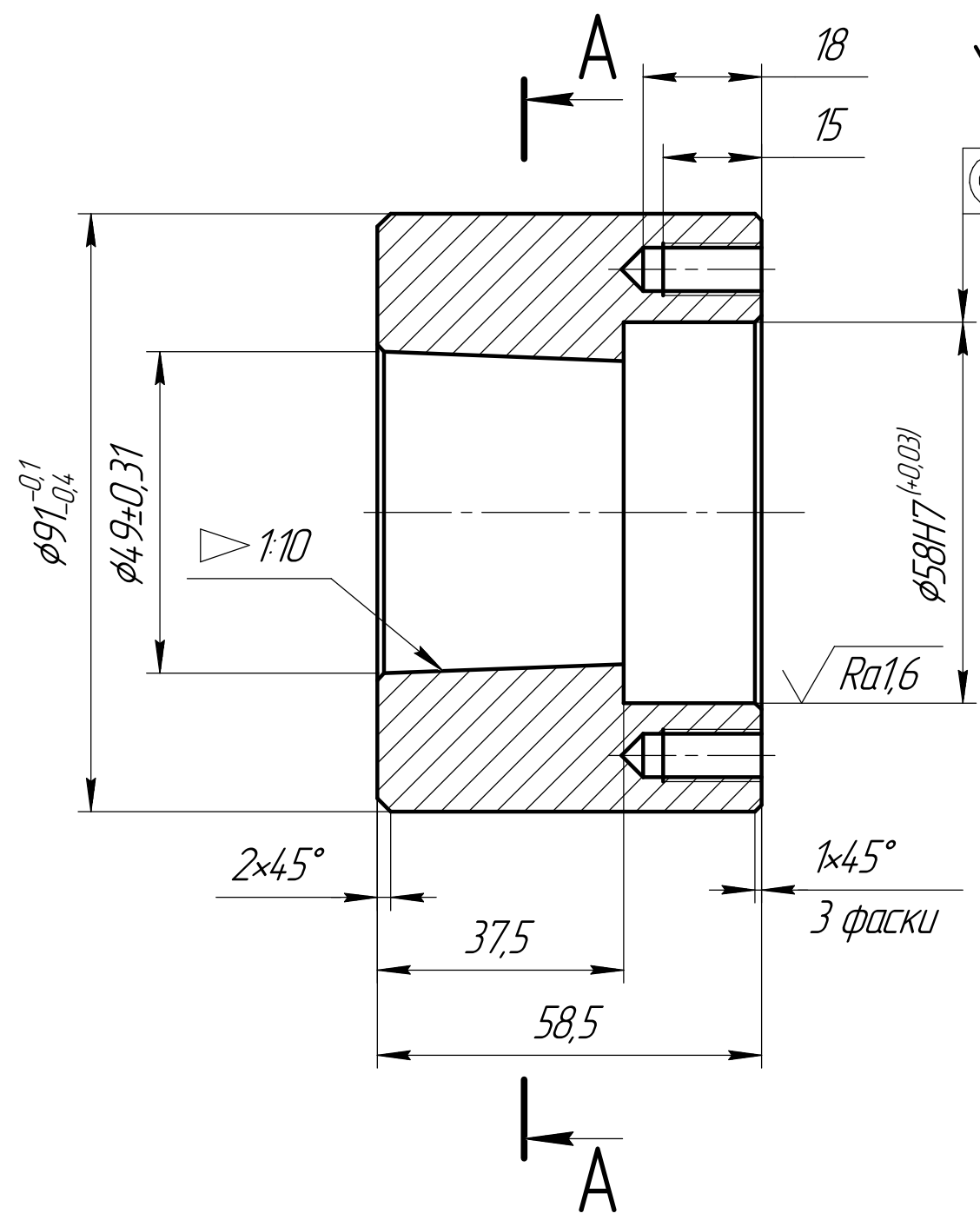
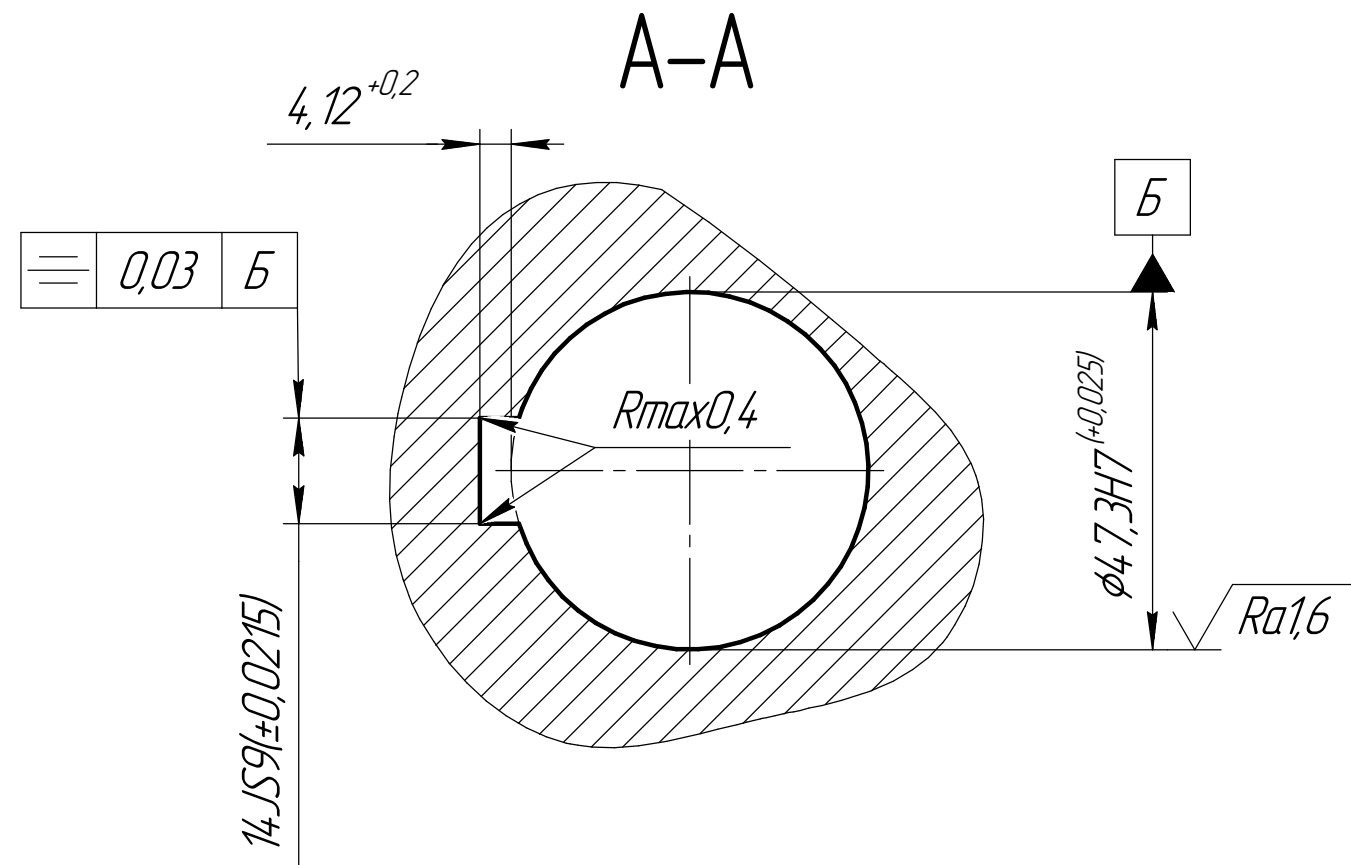
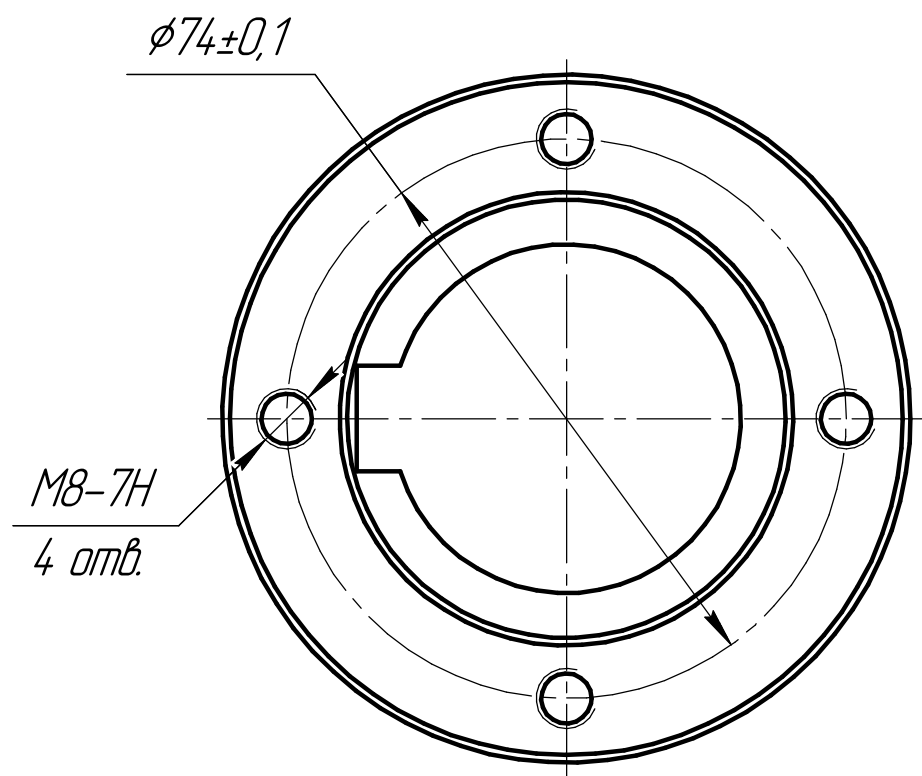
23. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
23. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
24. СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».
25. ГОСТ 21046-2015 Нефтепродукты отработанные. Общие технические условия.
26. ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов».

Приложение А

Чертёж детали «Полумуфта двигателя»

ЮМТАС-ЭП v20 Чейн-версия © 2021 ООО "АКЮН-Системы тректривинг", Россия. Все права защищены

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.



$\sqrt{Ra 3,2 (\checkmark)}$

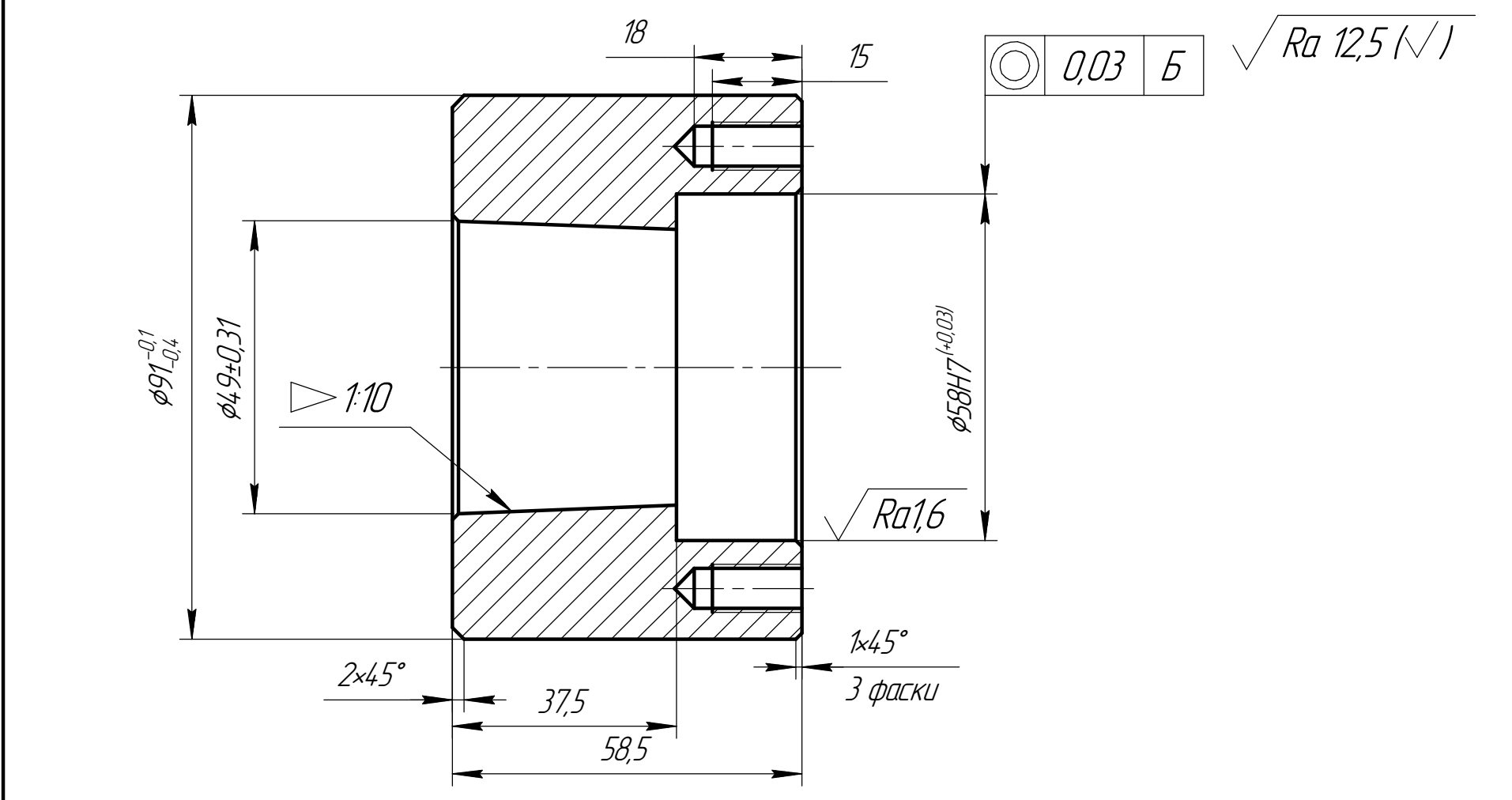
ϕ	0,03	Б
--------	------	---

1 Неуказанные предельные отклонения размеров по H14, h14, IT14/2

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Полумуфта двигателя			Лист	Масса	Масштаб
Разраб.								4	1,99	1:1
Пров.					Сталь 40X ГОСТ 4543-2016			Лист	Листов	1
Т.контр.										
Н.контр.					Копировал			Формат А3		
Утв.										

Приложение Б

Карта технологического процесса изготовления детали «Полумуфта двигателя»



Томский политехнический университет						ИШНПТ-3-8/151.002													
Карта технологического процесса						Литера													
Материал		Код ед. величины	Масса детали, кг	Заготовка															
Наименование, марка				Код и вид	Профиль Размеры	Кол.	Масса кг												
Сталь 40Х ГОСТ 4543-2013			1,99	Прокат		10000	3,06												

Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз	Оборудование	Приспособление	Инструмент		Наличие оборудо- ваний, деталей	Число рабоч- их ходов	Диаметр или ширина в направлении подачи, мм	Длина в направ- лении подачи, мм	Глубина резания, мм	Режим обработки				Нормы времени					Разряд работы
операций	перехода					режущий	измери- тельный						Подача		Частота, об/мин	Скорость ре- зания, м/мин	T _о	T _{вс}	T _{пз}	T _{шт}	T _{шт.к}	
													мм/об	мм/мин								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
005	1	Заготовительная Прокат трубный горячекатный		Ленточный станок Века-Мак ВМСУ 440 DGH			Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89															
010	1 2 3 4	Токарная с ЧПУ 1 Подрезать торец 1, выдержав размер 59,33_{-0,5}^{+0,5} мм 2 Точить фаску 2 под углом 45°, выдерживая размер φ89±0,435 мм 3 Расточить поверхность 3, выдерживая размеры φ57_{-0,3}^{+0,3}, 20,32_{-0,2}^{+0,2} мм предварительно 4 Расточить поверхность 3, выдерживая размеры φ57,77_{-0,12}^{+0,12}, 20,32_{-0,2}^{+0,2} мм окончательно		Токарный станок с ЧПУ Модель ДМС DL 6G	Трехкулачковый патрон 7100-0005 ГОСТ 2675-80	Резец проходной 2110-4030 Т15К6 ГОСТ 18878-73 Резец расточной 2110-4030 Т15К6 ГОСТ 18882-73	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89		1	95	59,33	0,83	0,5		1400	417	0,44	1,83	23	2,52	2,52	3
	1	89	15	1	0,5		1500	419														
	3	57	20,32	3	0,1		3500	626														
	2	57,8	20,32	0,4	0,1		3500	626														
015	1 2 3 4	Токарная с ЧПУ 1 Подрезать торец 4, выдержав размер 58_{-0,74}^{+0,74} мм 2 Точить поверхность 5 и фаску 2x45° однократно, выдержав размер φ91_{-0,4}^{+0,1} 3 Расточить конусную поверх. 6 предварительно, выдержав размеры φ4,9±0,31, φ4,6,5, фаска 1x45°, конусность 1:10 4 Расточить конусную поверхн. 6 окончательно, выдержав размеры φ4,7,1, фаска 1x45°, конусность 1:10		Токарный станок с ЧПУ Модель ДМС DL 6G	Трехкулачковый патрон 7100-0005 ГОСТ 2675-80, сменные расточные кулачки	Резец проходной 2110-4030 Т15К6 ГОСТ 18878-73 Резец расточной 2110-4030 Т15К6 ГОСТ 18882-73	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89		1	95	58,5	0,83	0,5		1400	417	0,40	1,83	23	2,47	2,47	3
	1	91	58,5	2	0,5		1400	400														
	1	46,5	37,5	0,75	0,1		3500	511														
	1	47,1	37,5	0,3	0,1		3500	517														

Приложение В

Размерный анализ

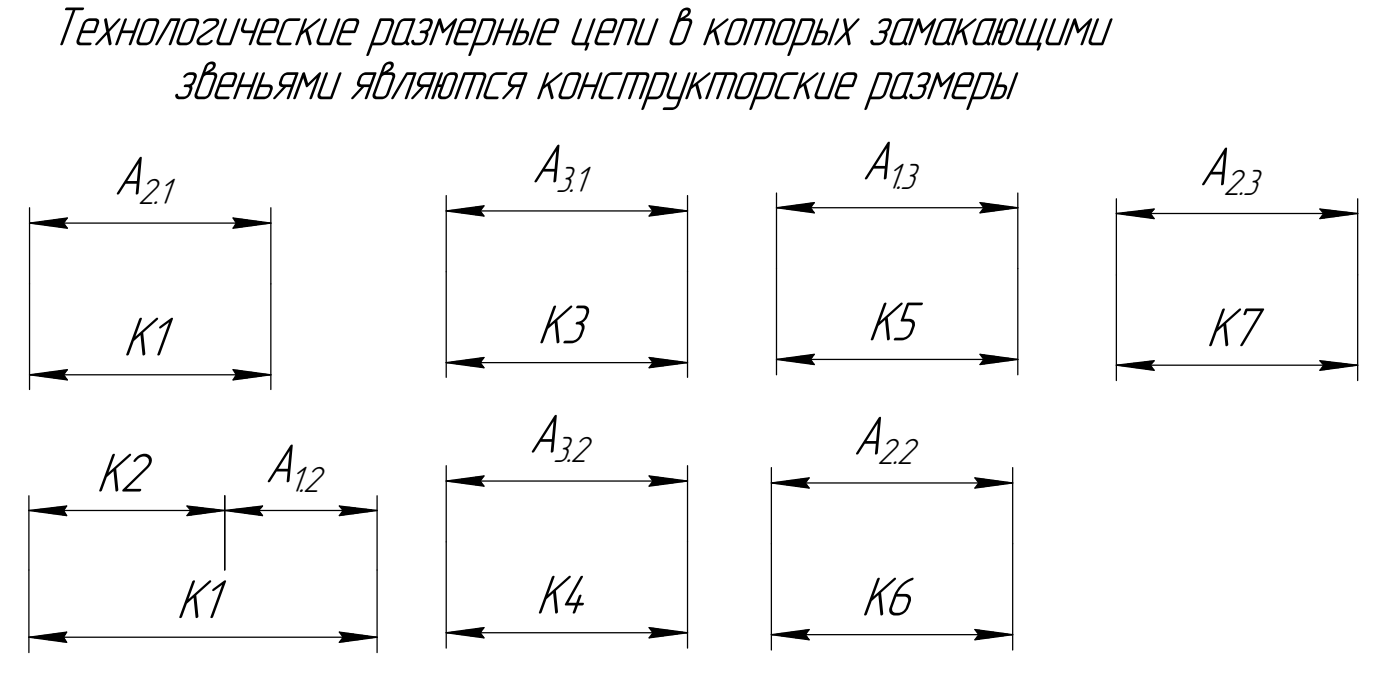
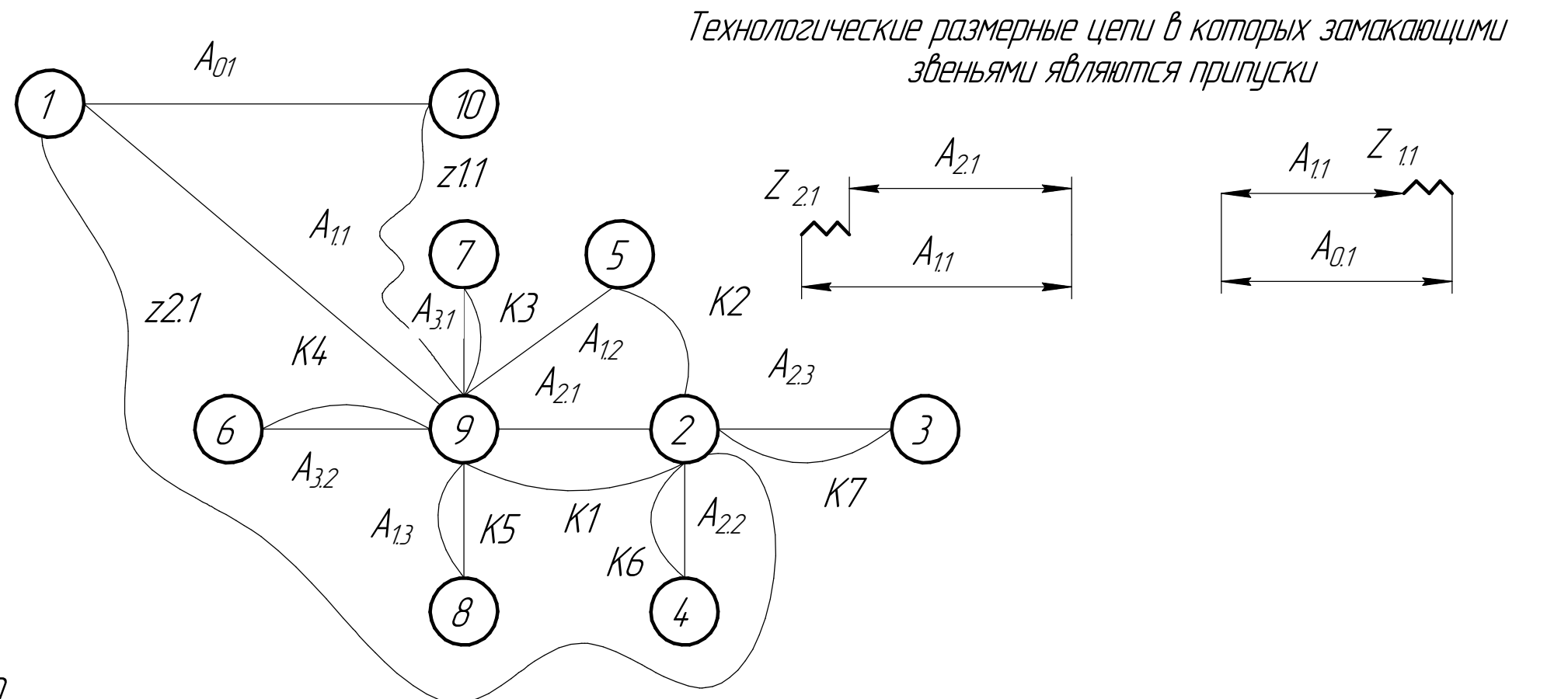
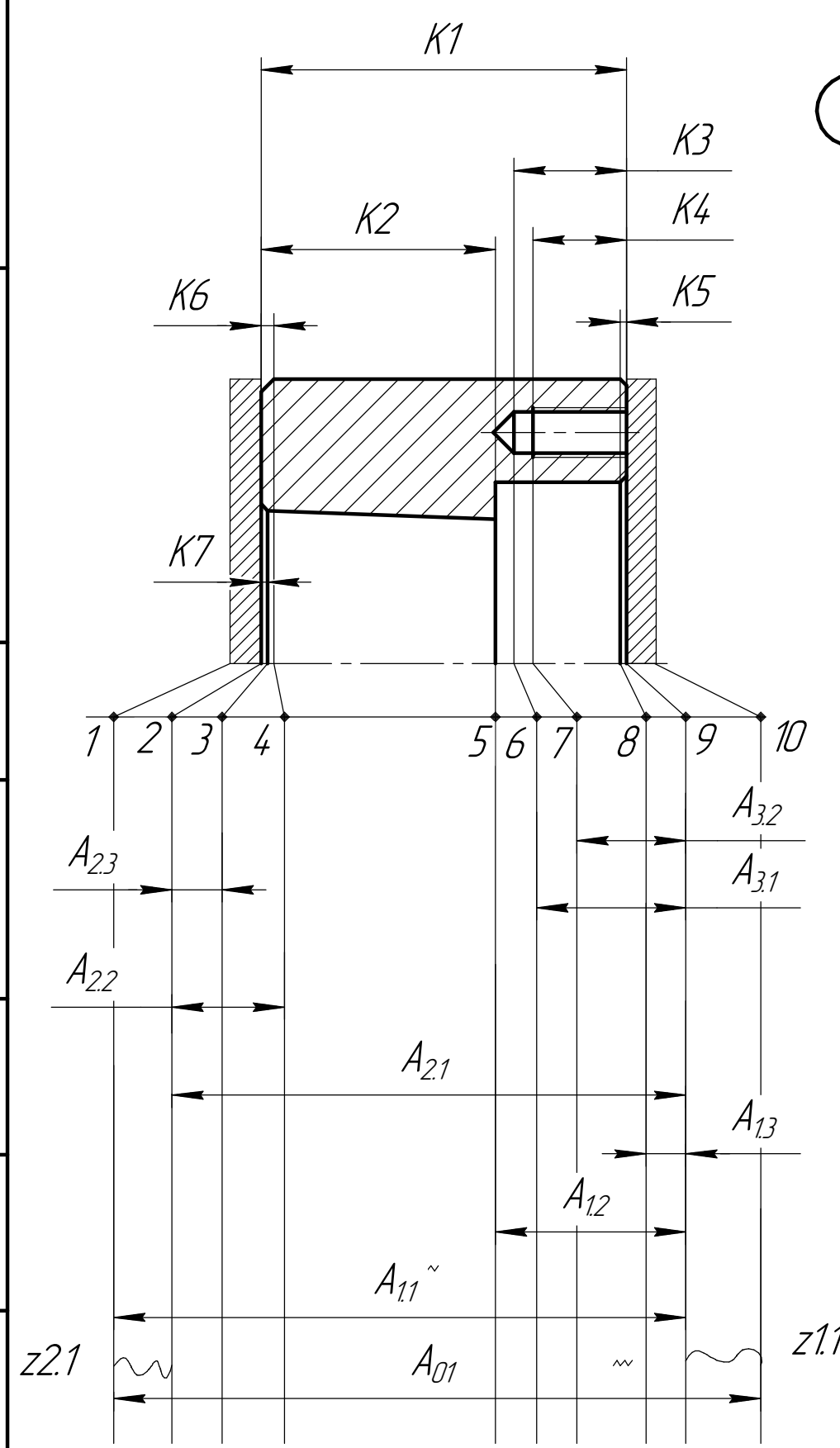
КОМПАС-3D v20 Учебная версия © 2021 ООО "АКЮН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

ИШНПТ-3-8/5105.003

Перв. примен.

Справ. №

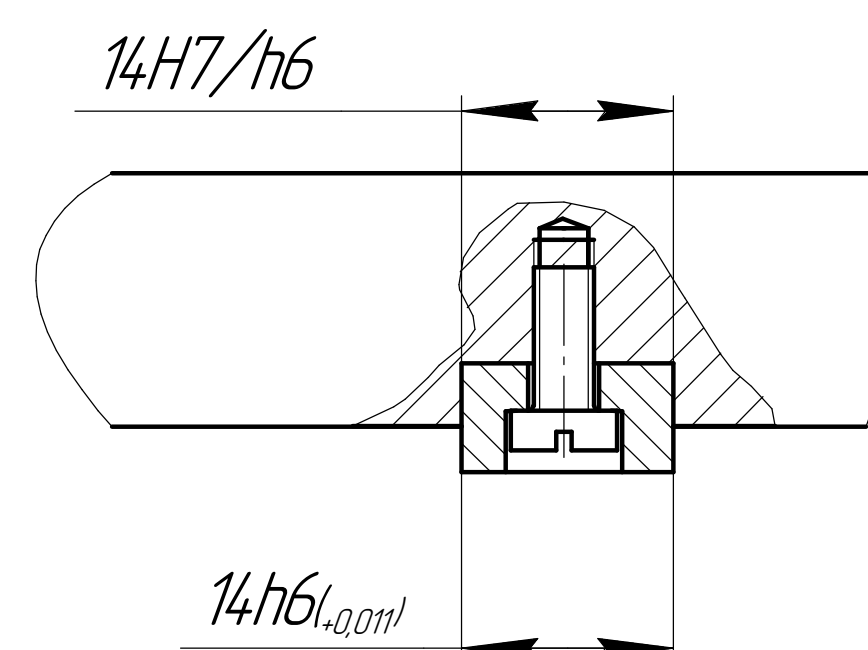
Изм. № подл. Подп. и дата Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата



ИШНПТ-3-8/5105.003					Размерный анализ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Громик А.А.				У		1:1
Пров.	Лысак И.А.						
Т.контр.					Лист	Листов	1
Н.контр.					НИ ТПУ группа 3-4А75		
Утв.					Копировал		
					Формат А3		

Приложение Г

Приспособление для изготовления детали «Полумуфта двигателя»



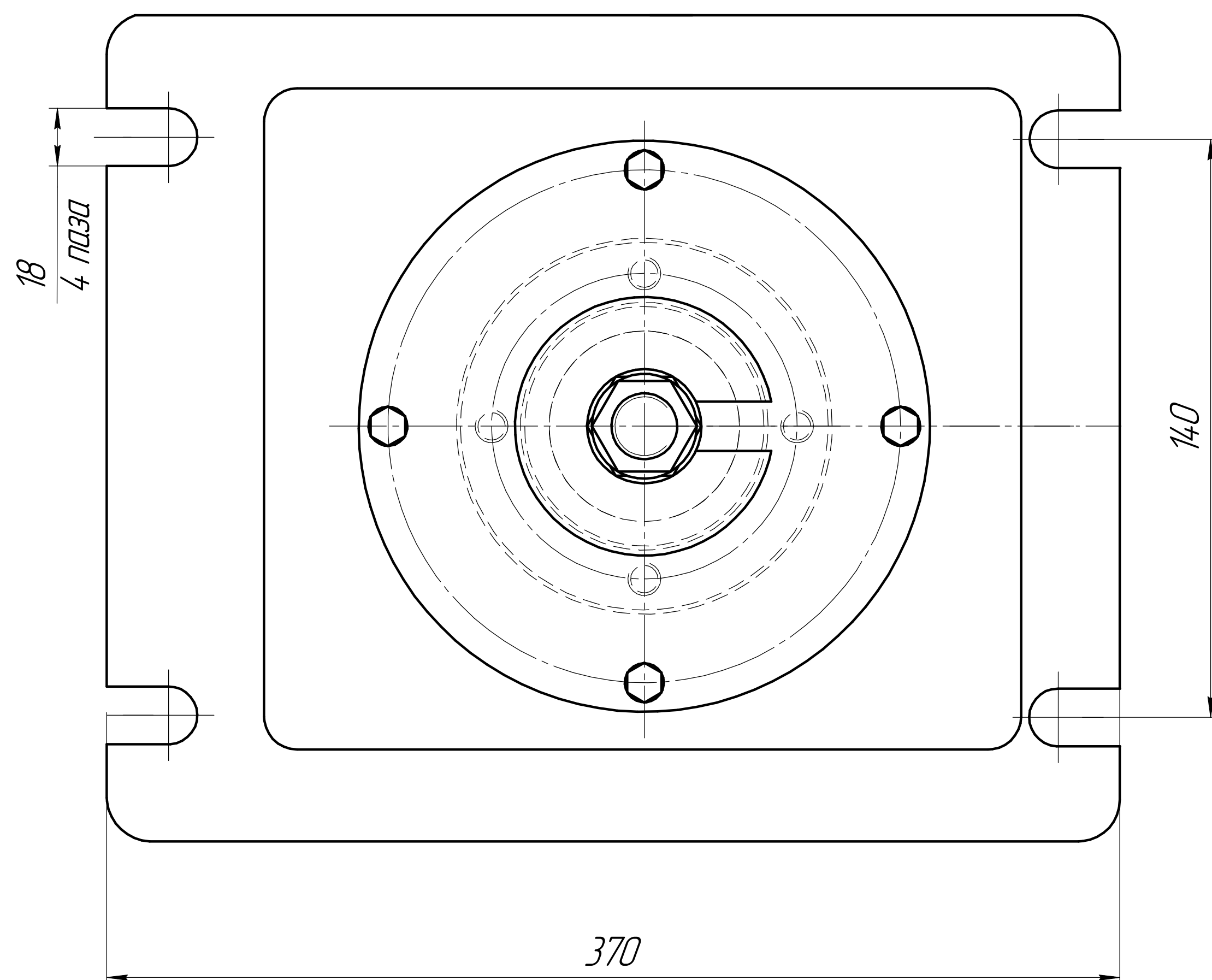
A (2:1)

Технические характеристики

- 1 Усилие закрепления $Q = 32249H$
- 2 Усилие на приводе $W = 17662H$
- 3 Рабочий ход поршня $l = 15\text{мм}$
- 4 Давление в пневмосети $P = 2,5\text{ МПа}$
- 5 Диаметр пневмоцилиндра $D = 100\text{ мм}$

Технические требования

- 1 После сборки приспособление испытать в течении 0,5 часа под давлением 1 МПа
- 2 Пневмосеть заполнить сжатым воздухом, недопускать падения давления в сети ниже отметки 0,63 МПа
- 3 Маркировать: номер партии, товарный знак завода изготовителя
- 4 Неработающие поверхности приспособления окрасить эмалью НЦ-246 серая ТУ ГОСТ 9825-73
- 5 Обеспечить свободный ход пальца поз.



					ИШНПТ-38/15105.004			
					Приспособление для сверлильной операции			
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата		Лист	Масса	Масштаб*	
Разработ.	Гришук А.А.						1:1	
Проб.	Лысак И.А.							
Контр.					Лист	Листов	?	
Исполн.					НИ ТПУ группа 3-4А7Б			

Приложение Д

Таблица 3.3 Матрица SWOT

Таблица 3.3 Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Высокая производительность труда. С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологическими процессами. С3. Низкая металлоемкость. С4. Конкурентоспособность проекта.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Ограниченный круг потенциальных потребителей. Сл2. Узкоспециализированное назначение разработки. Сл3. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца. Сл4. Необходимость повышения квалификации кадров потенциальных потребителей.
Возможности: В1. Занятие дополнительных ниш на рынке за счет усовершенствования технологии. В2. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научном исследовании. В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт в связи с его экономичностью. В4. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ. В5. Повышение стоимости конкурентных разработок.	-Автоматизировать некоторые процессы, что поможет снизить себестоимость продукта. -Повышение квалификации персонала.	-Снижение себестоимости продукции поможет найти новые рыки сбыта. -Снижение сроков поставки продукции. -развитие и обучение персонала
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Развитая конкуренция технологий производства. У3. Ограничения на экспорт технологии. У4. Сложная финансовая ситуация в экономике страны. У5. Наличие барьеров для входа на рынок.	-Новая маркетинговая политика. -Разработка новой стратегии управления	-Поставка образцов для демонстрации клиентам. - Усовершенствование средств контроля качества

Таблица 3.4 Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	0	+	0	+
	B2	-	+	0	+
	B3	0	+	+	-
	B4	+	0	+	-
	B5	-	+	0	+
Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	+	+	-	0
	B2	+	+	-	0
	B3	+	+	-	0
	B4	0	+	-	-
	B5	+	0	-	0
Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	0	+	+	-
	У2	0	+	+	+
	У3	0	+	-	+
	У4	-	+	-	0
	У5	0	+	+	+
Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	C2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	-	0
	У2	+	+	-	0
	У3	-	0	-	0
	У4	+	+	-	0
	У5	+	+	+	-