

Школа ИШНПТ

Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение

Отделение школы (НОЦ) Материаловедения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка конструкции технологического комплекса закалки деталей типа вал УДК 658.234:621.785.6:621.81-181.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л5Б	Усенко Яков Алексеевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШНПТ	Гаврилин А. Н.	к.т.н		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ИШНПТ	Кувшинов К. А.			

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП	Скаковская Н. В.	к.ф.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП	Белоенко Е. В.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P1	Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире.	Требования ФГОС (ОК-1; ОК-9; ОК-10) ¹ , Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий.	Требования ФГОС (ОК-7; ОК-11; ОК-12; ОК-13), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.	Требования ФГОС (ОК-6; ОК-8), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-4; ПК-9; ПК-10), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на машиностроительных и строительно-монтажных производствах.	Требования ФГОС (ОК-2; ОК-3; ОК-5; ПК-5), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, строительно-монтажного комплекса и в отраслевых научных организациях.	Требования ФГОС (ОК-14; ОК-15; ОК-16), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P7	Умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в машиностроении, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной и сварочной продукции.	Требования ФГОС (ПК-7; ОК-10), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

¹ Указаны коды компетенций по ФГОС ВПО (направление 150700 – МАШИНОСТРОЕНИЕ), утвержденному Приказом Министерства образования и науки РФ от 09.11.2009 г.

Код результата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
P8	Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного и сварочного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий, их узлов, деталей и конструкций	Требования ФГОС (ПК-1; ПК-3; ПК-26), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Способность осваивать вводимое новое оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования и конструкций строительно-монтажных объектов, в случае необходимости обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия.	Требования ФГОС (ПК-2; ПК-4; ПК-16), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3.), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Умение проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.	Требования ФГОС (ПК-18), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения и сварочного производства.	Требования ФГОС (ПК-6; ПК-12; ПК-14; ПК-15; ПК-24), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P12	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования.	Требования ФГОС (ПК-21; ПК-22; ПК-23), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P13	Готовность составлять техническую документацию (графики работ, инструкции, сметы, планы, заявки на материалы и оборудование), выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.	Требования ФГОС (ПК-11; ПК-13), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P14	Способность участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований.	Требования ФГОС (ПК-17; ПК-19; ПК-20; ПК-25), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P15	Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных и строительно-монтажных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий,	Требования ФГОС (ПК-8), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Код результата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
	умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении и строительстве.	

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

Школа ИШНПТ

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 Машиностроение

Отделение школы (НОЦ) Материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Л5Б	Усенко Якову Алексеевичу

Тема работы:

Разработка конструкции технологического комплекса закалки деталей типа вал
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.19
--	----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования: закалочный комплекс Максимальная длина заготовки – 1000 мм; Максимальный диаметр заготовки – 55 мм; Максимальная масса заготовки – 350 кг; Диапазон повышения твердости – 56-60 HRC; Материал заготовок – легированные стали, медные и алюминиевые сплавы; Габариты комплекса – 1434x1434x2955 мм. Чертеж делали типа «фланец».
---	--

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>	Литературный обзор заочных установок: классификации, типовые схемы, сравнительный анализ; проектирование заочного комплекса, кинематической и гидравлической схемы для работы установки; расчетный анализ ШВП передачи; составление технологического процесса изготовления детали конструкции; разработка раздела финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения; разработка раздела социальной ответственности; заключение по работе.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Презентация на 20 листах

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Скаковская Наталия Вячеславовна
Социальная ответственность	Белоевко Елена Владимировна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	21.01.19
---	----------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШНПТ	Гаврилин А. Н.	К.Т.Н		
Ст. преподаватель ИШНПТ	Кувшинов К. А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л15Б	Усенко Яков Алексеевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 102 с., 24 рис., 24 табл., 15 источников, 1 прил.

Ключевые слова: термообработка, ТВЧ закалка, ШВП передача, неподвижный индуктор, деталь типа «вал», охлаждение водой.

Объектом исследования является закалочный комплекс для термообработки деталей типа вал.

Цель работы – проектирование аналога закалочного комплекса для термообработки деталей типа «вал», а также разработка технологии изготовления детали типа «фланец».

В процессе работы произведен литературный обзор и выполнен сравнительный анализ различных видов кинематических и структурных схем закалочного оборудования, разработан технологический маршрут детали типа «фланец» с расчетом всех технологических размеров.

В результате работы выявлены основные преимущества и недостатки существующего закалочного оборудования, представлены кинематическая и гидравлическая схемы закалочного комплекса, создана трехмерная модель установки в программной среде SolidWorks.

Степень внедрения: цех термообработки.

Область применения: повышение физических свойств (прочность и твердость) материала детали типа вал.

Экономическая эффективность/значимость работы: равномерное распределение толщины закаливаемого слоя за счет использования ШВП передачи; компактность установки позволяют использовать ее в малых помещениях мелкосерийного производства, большой диапазон настройки параметров закаливания (частота, выходное напряжение, выходной ток, мощность, расход воды, время нагрева, температура нагрева), которые настраиваются автоматизировано при помощи манипулятора.

Оглавление

Техническое задание	9
Введение	11
1. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	13
1.1. Анализ существующего оборудования для проведения закалочной работы	13
1.2. Разработка схемы и компоновки закалочной установки.....	21
1.3. Описание полного цикла работы закалочной установки	30
1.4. Расчет шарико-винтовой передачи каретки закалочной установки	34
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	41
2.1. Анализ технологичности детали	41
2.2. Составление технологического маршрута	44
2.3. Определение допусков на технологические диаметральные размеры	50
2.4. Определение минимальных припусков на обработку поверхностей вращения	50
2.5. Расчет диаметральных технологических размеров.....	51
2.6. Определение допусков на технологические осевые размеры.....	56
2.7. Определение минимальных припусков на обработку плоскости.....	57
2.8. Расчет продольных технологических размеров	57
3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	62
3.1. Разработка концепции проекта.....	64
3.2. Оценка конкурентоспособности экспертным методом	66
3.3. Планирование проекта.....	68
3.4. Оценка рисков проекта.....	71
3.5. Составление матрицы ответственности проекта	74
3.6. Расчет затрат на проект	76
4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	83
4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	85
4.2. Описание рабочего места.....	86
4.3. Экологическая безопасность.....	92
4.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	92
Заключение.....	94
Список литературы	95
Приложение 1	97

Техническое задание

Установка закалочная

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее техническое задание (ТЗ) является документом, в соответствии с которым осуществляется проектирование и изготовление закалочной установки.

Закалочная установка предназначена для закаливания деталей типа вал из легированных и углеродистых сталей, чугуна, алюминиевых и медных сплавов в условиях механического цеха.

1. Наименование и область применения

1.1. Наименование изделия – установка закалочная (далее по тексту установка).

1.2. По условия воздействия климатических факторов внешней среды установка соответствует климатическому исполнению «У» категории размещения 3 по ГОСТ 15150-88 [1].

1.3. Установка предназначена для закаливания деталей типа вал из сталей, чугуна, алюминиевых и медных сплавов

2. Технические требования и характеристики

2.1. Общие положения

2.1.1. Установка должна соответствовать метрической системе мер.

2.2. Основные параметры

2.2.1. Основные параметры и размеры установки должны соответствовать настоящему техническому заданию.

Таблица 1 – Основные технические характеристики установки

Технические характеристики	Величина
Напряжение, В	220
Мощность потребляемая, кВт	235
Максимальная масса закаливаемой детали, кг	350

Глубина закаленного слоя, мм	1,0-2,5
Максимальная длина закаливаемой детали, мм	1000
Максимальный диаметр закаливаемой детали, мм	55
Тип охлаждающей жидкости	Вода
Расход охлаждающей воды, м ³ /ч	2,35
Диапазон повышения твердости	56-60
Габариты установки, мм	1434x1434x2955

2.3. Требования к конструкции

2.3.1. Конструкция установки должна состоять из следующих составных частей:

- Насосная станция для подачи охлаждающей жидкости
- Ванна для слива охлаждающей жидкости
- Подвижный центр захвата закаливаемой детали

2.3.2. Управление всеми механизмами должно осуществляться от пульта управления

2.3.3. Конструкция установки должна обеспечивать возможность его монтажа и ремонта узловым методом

2.4. Требования к надежности

Таблица 2 – Основные требования по надежности установки

Требование	Величина
Срок службы установки	6 лет
Наработка до отказа, не менее	1500 часов

Введение

Закалочная обработка – один из видов термической обработки материалов, таких как металлы и их сплавы. Суть этого вида заключается в нагреве материала выше критической точки с последующим быстрым охлаждением. В основном охлаждение проводят в воде либо в масле. Закалку проводят с целью получения необходимых прочности материала. После проведения закалки материал становится хрупким и менее пластичным. Для снижения хрупкости и повышения пластичности заготовку подвергают отпуску. [2]

На данный момент существует несколько способов закалки:

- Индукционная

Проведение закалки происходит при помощи установки токов высокой частоты. Деталь помещают в индуктор, в котором происходит нагнетание магнитного поля. Электромагнитное поле наводит в детали вихревые токи (токи Фуко), которые в свою очередь разогревают деталь под действие Джоулева тепла.

Основные недостатки: высокая стоимость оборудования, а также необходимость в дополнительном оборудовании для стабилизации температуры закаливания.

- Лазерная

Термическое упрочнение материала посредством лазерного излучения, которое нагревает локальный участок детали с последующим быстрым охлаждением обработанного участка.

Основной недостаток: закаливается, в основном, малый участок детали. Сложная конструкция установки.

- Ступенчатая

Деталь нагревают до закалочной температуры и охлаждают в горячей среде, имеющей температуру 180 – 250⁰С. Поверхность заготовки стремительно приобретает температуру среды и по мере выдержки происходит выравнивание температуры по ее сечению.

Основной недостаток: закаливание таким образом применимо к маленьким деталям с максимальным диаметром 30 мм.

- Закалка в одном охладителе

Деталь нагревают до необходимой температуры после чего ее переносят в охладитель (масло – для небольших изделий, вода – для крупных изделий) и полностью охлаждают в данной среде. *Основной недостаток:* значительные закалочные напряжения из-за разности температур.

- Прерывистая закалка

Как только закаливание детали закончилось, ее предварительно охлаждают в более резком охладителе – воде, до температуры 300⁰С, а затем в более мягкой среде охлаждения – масле.

Основной недостаток: сложно определить момент переноса детали из одного охладителя в другой.

- Закалка с самоотпуском

Нагретую деталь помещают в среду охлаждения и выдерживают до неполного охлаждения. После, деталь извлекают из охлаждающей среды, в следствие чего оставшаяся в детали теплота заново нагревает поверхностные слои, таким образом происходит самоотпуск.

Основной недостаток: высокая продолжительность закалочной операции. [3]

1. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Анализ существующего оборудования для проведения закалочной работы

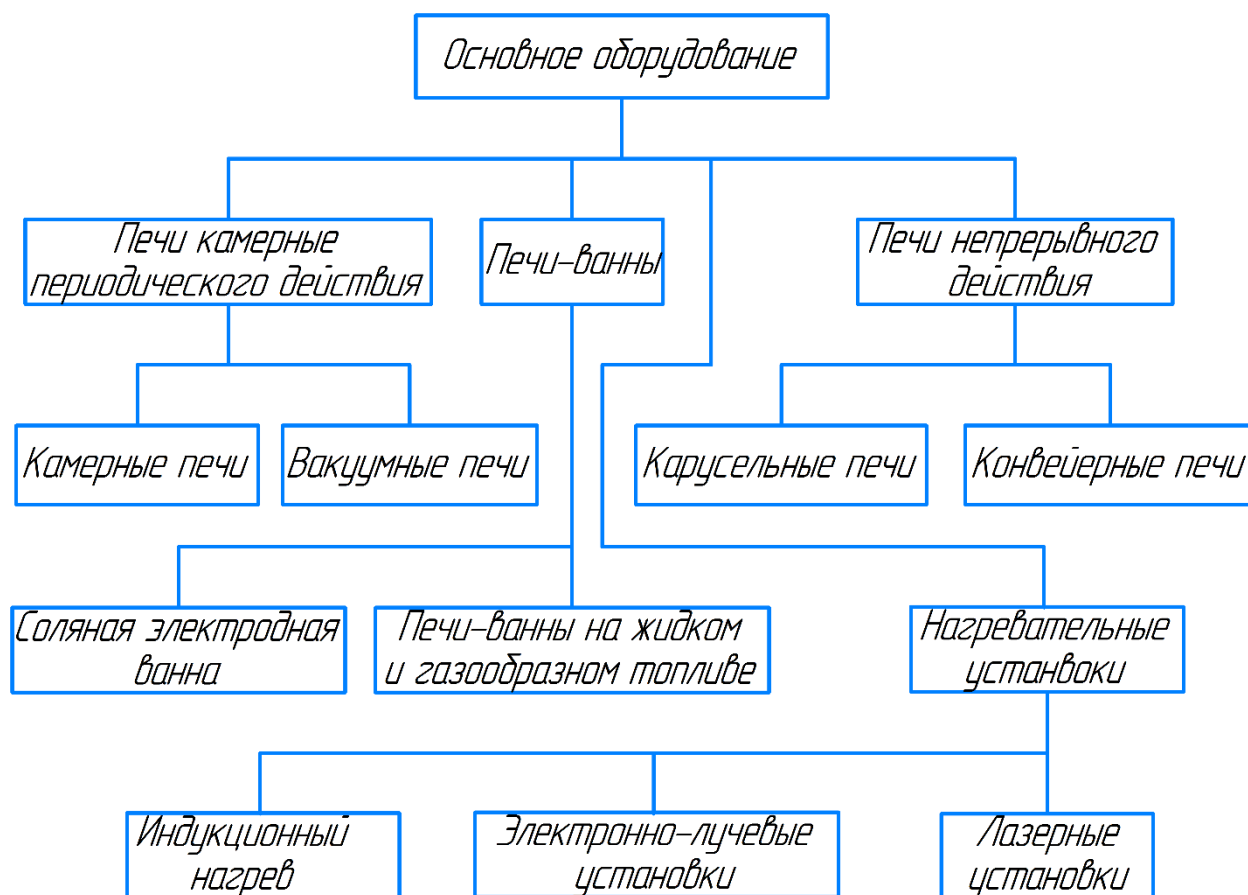


Рисунок 1 – Классификация закалочного оборудования

В зависимости от параметров закаливании детали, таких как глубина, степень закалки и размеры детали применяют различное оборудование для ее нагрева.

Можно выделить несколько видов оборудования:

- Соляная электродная ванна

Представляет собой керамическую либо металлическую ванну, которая заполнена солью, в которой находятся электронагреватели. Схема ванны представлена на рисунке 1.

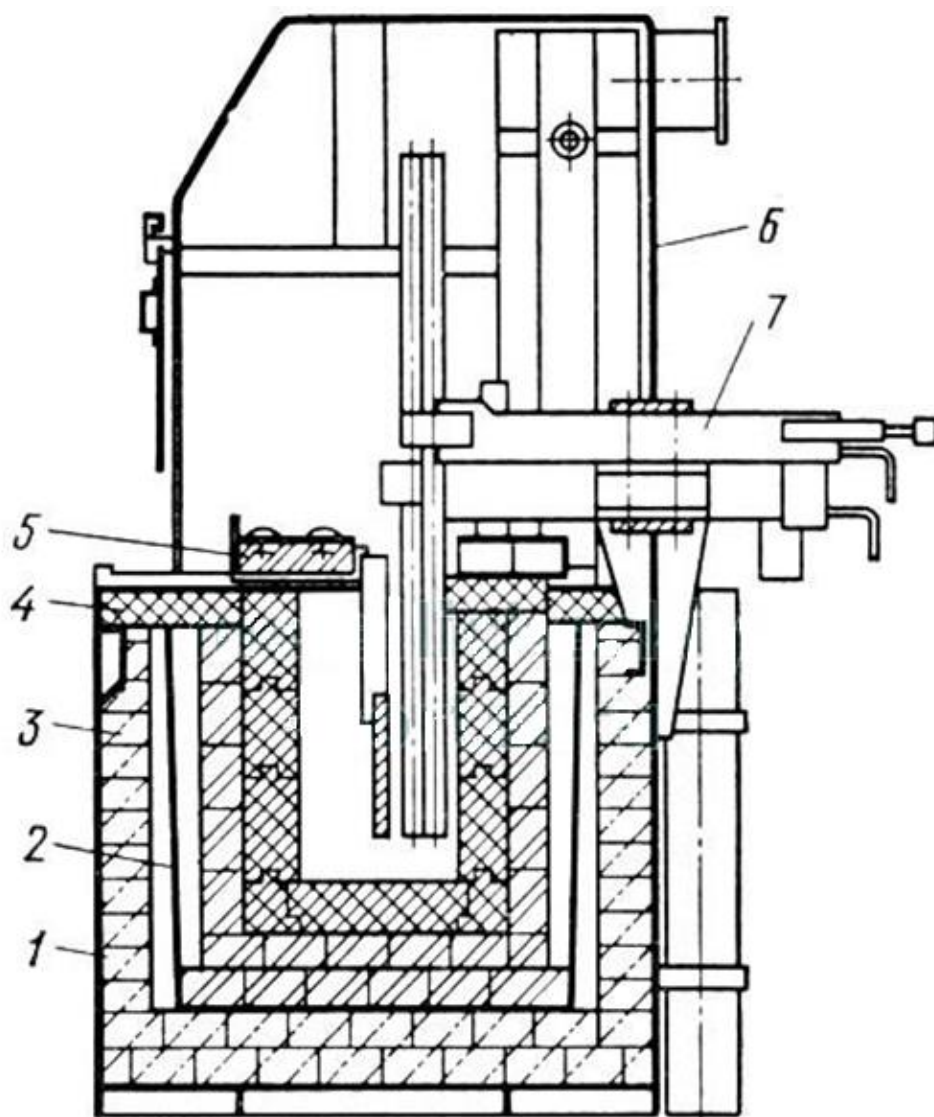


Рисунок 2 – Схема электродной соляной ванны: 1 – каркас, 2 – кожух, 3 – перегородка, 4 – электрод, 5 – крышка, 6 – зонт, 7 – шина

- Камерная печь

С помощью закалочной печи можно провести высокотемпературную обработку. Печь имеет жесткий корпус, сделанный из жаропрочной стали и обшитый теплоизоляцией. Нагрев печи происходит посредством карбидокремниевых элементов, которые позволяют достичь температуры внутри печи до 1400°C . Схема конструкции закалочной печи представлена на рисунке 2.

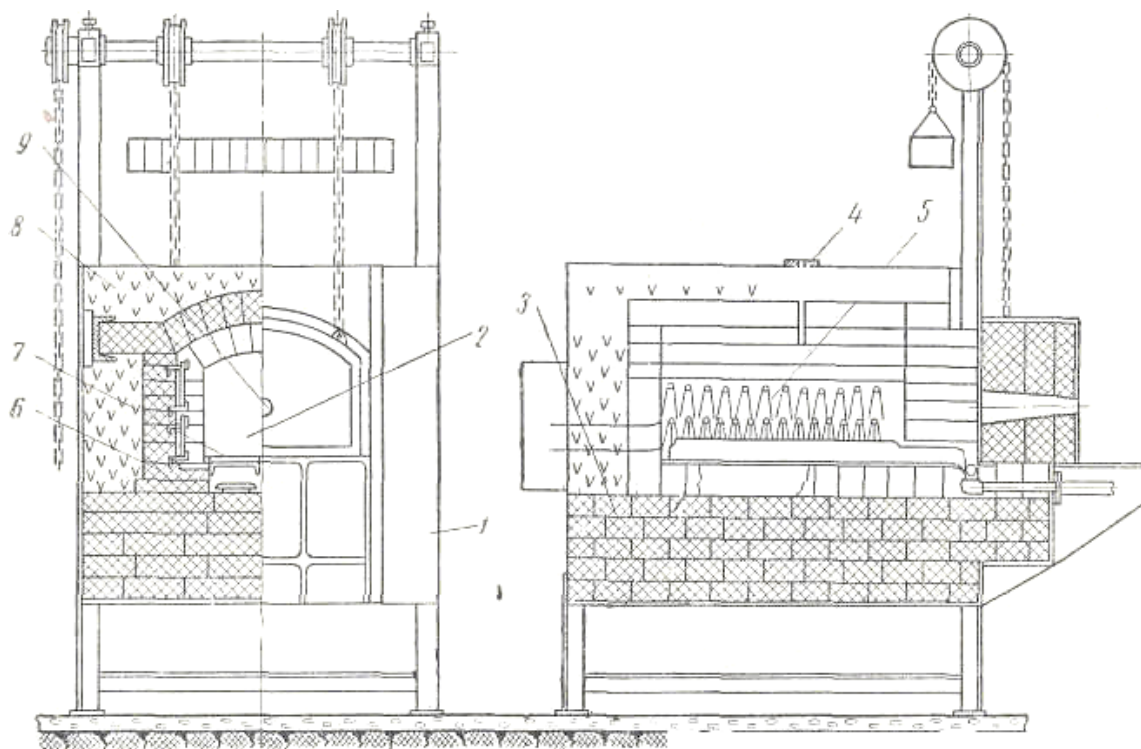


Рисунок 3 – Схема закалочной печи: 1 – каркас, 2 – рабочая камера, 3 – кирпич, 4 – термопара, 5 – нагревательные элементы, 6 – изоляционный кирпич, 7 – шамотная плита, 8 – теплоизоляционная засыпка, 9 – смотровое окно

- ТВЧ-установка

Данный тип оборудования создает высокую температуру за счет электромагнитной индукции. Высокочастотный переменный ток, который проходит по петлям индуктора, создает вихревые токи на поверхности закаливаемой детали и нагревает ее. Схема закаливания представлена на рисунке 3.

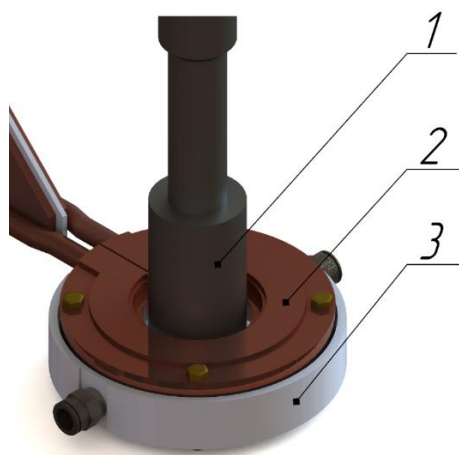


Рисунок 4 – Схема закаливания индуктором: 1 – деталь, 2 – индуктор, 3 – спрейер

- Шахтная электрическая печь

Шахтные печи занимают меньшую площадь, а также на порядок выше производительность, чем у камерных печей. Используемое топливо – мазут или природный газ. Закаляются в основном длинные детали, такие как валы, оси, трубы, а также и небольшие детали, закрепляя их на специальном приспособлении, например втулки, зубчатые колеса. Максимальная температура закаливании в данной печи 1250°C . Схема конструкции представлена на рисунке 4.

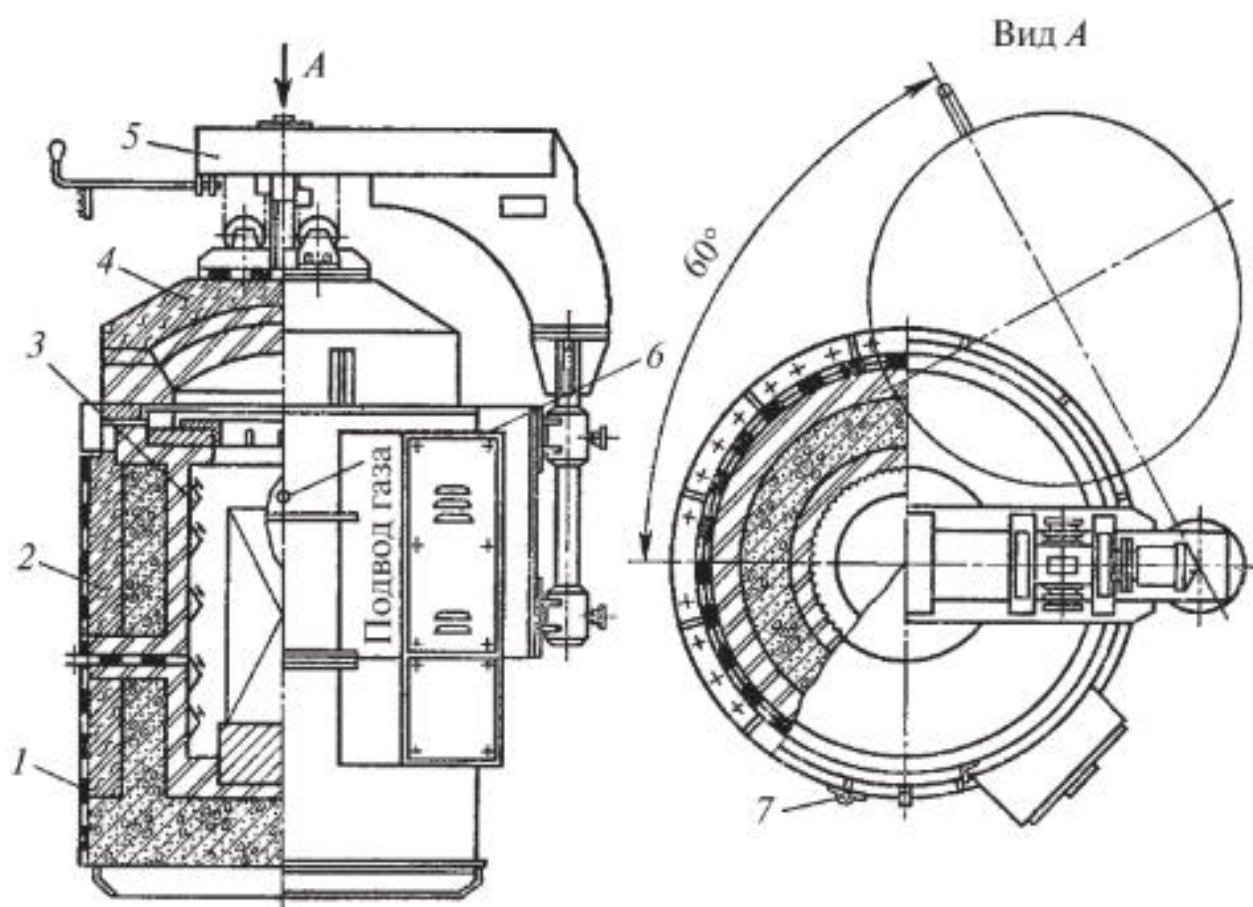


Рисунок 5 – Конструкция шахтной печи: 1 – стальной кожух, 2 – футеровка, 3 – проволочные нагревательные элементы, 4 – крышка, 5 – механизм подъема крышки, 6 – подвод электроэнергии к нагревательным элементам, 7 – трубка для отвода газа

- Вакуумные печи

Закаливание детали происходит в камере с разреженной атмосферой. Детали, прошедшие термообработку в данной печи, получают улучшение к химическим и физическим свойствам металла из-за отсутствия примесей. Схема установки представлена на рисунке 5.

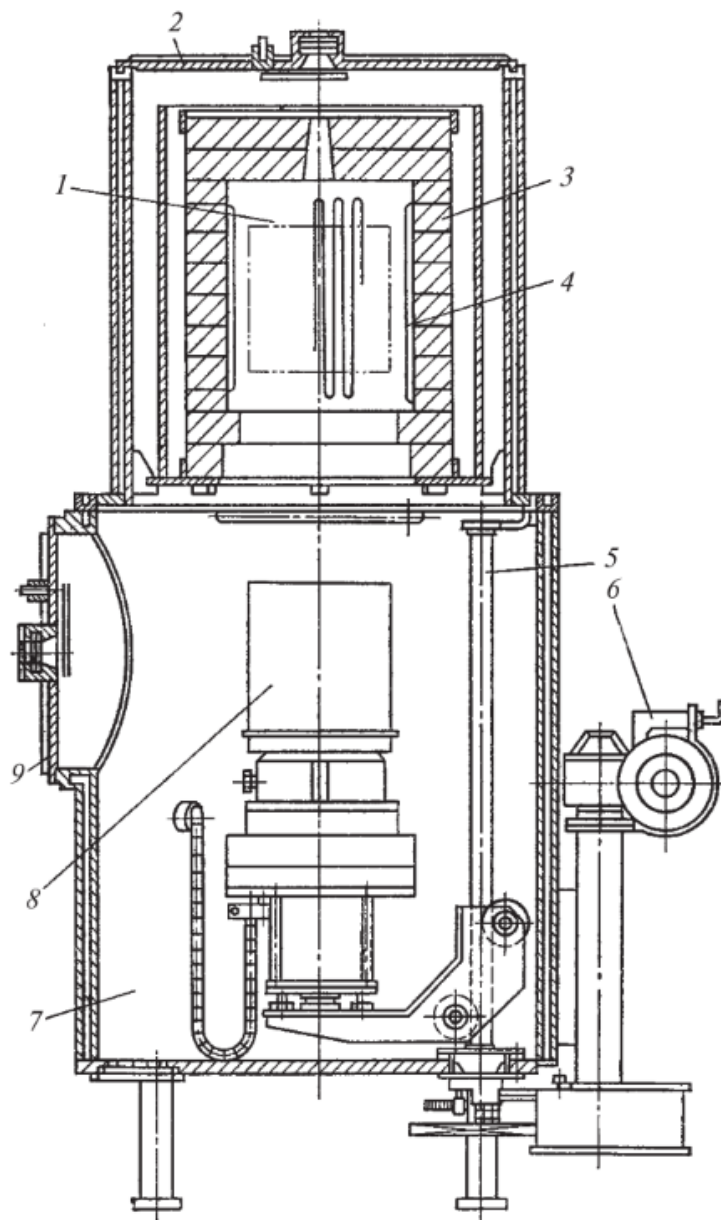


Рисунок 6 – конструкция вакуумной печи: 1 – нагревательная камера, 2 – крышка, 3 – футеровка, 4 – нагреватель, 5 – механизм подъема, 6 – привод, 7 – камера охлаждения, 8 – корзина, 9 – дверца

- Электронно-лучевая установка

Данный тип оборудования основан на электронно-лучевом нагреве за счет выделяемой тепловой энергии при торможении разогнанных электронов в результате контакта их с поверхностью обрабатываемого изделия. Мощность нагрева электронного луча зависит от тока электронного луча, удельной мощности луча и значения ускоряющего напряжения. Схема оборудования представлена на рисунке 6.

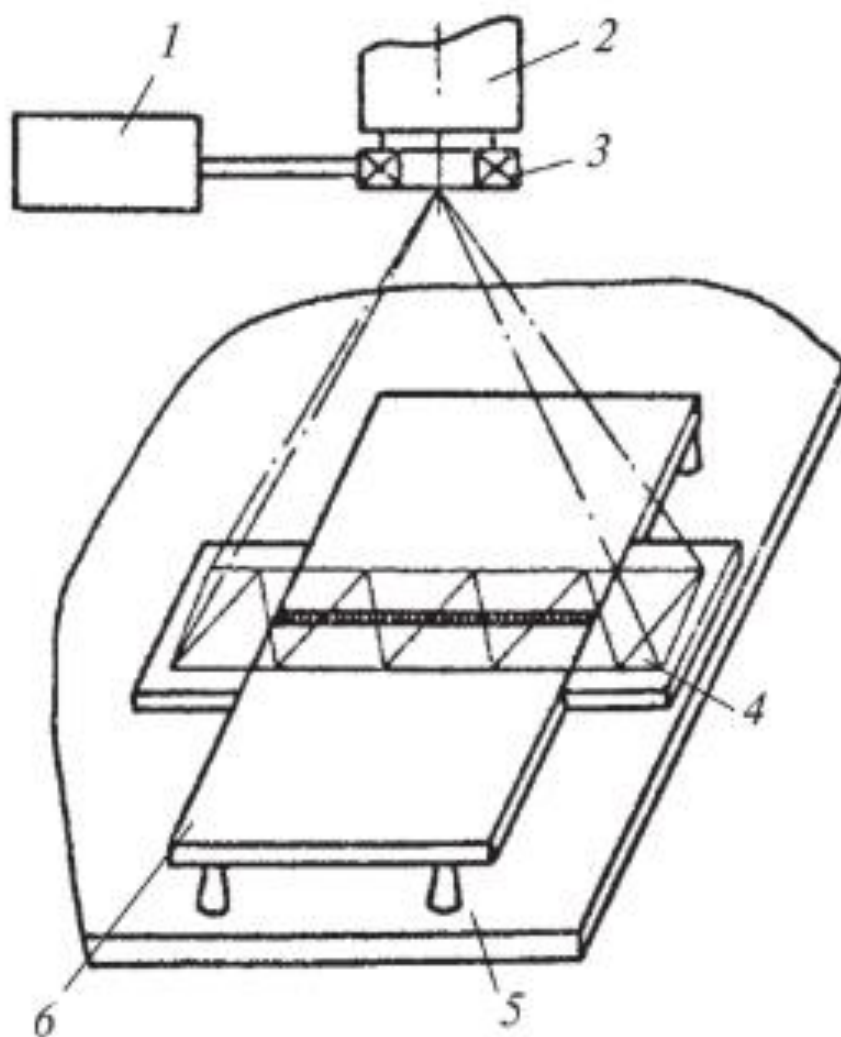


Рисунок 7 – схема проведения локальной термической обработки электронным лучом: 1 – блок управления, 2 – сварочная пушка, 3 – отклоняющие катушки, 4 – зона нагрева, 5 – сборочно-сварочный стол, 6 – обрабатываемая деталь

- Лазерная закалка

В основном для обработки данным способом используется вакуумные камеры. Основная проблема использования данного типа оборудования состоит в быстром разрушении окна для ввода лазерного луча. Чтобы это предотвратить между окном ввода и обрабатываемым изделием помещают пленку из лавсана, что несколько усложняет конструкцию установки. Схема установки представлена на рисунке 7.

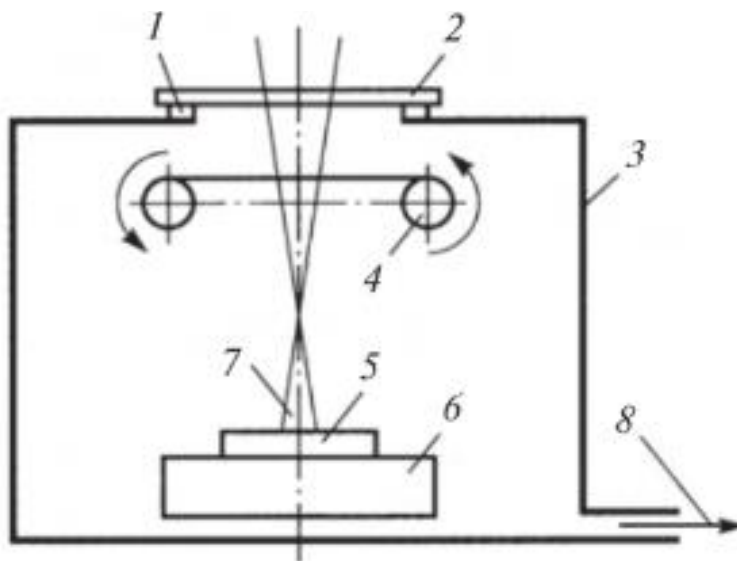


Рисунок 8 – конструкция вакуумной камеры для лазерной обработки: 1 – уплотнение, 2 – входное окно, 3 – вакуумная камера, 4 – система защиты окна, 5 – деталь, 6 – стол, 7 – лазерный луч, 8 – направление движения воздуха к вакуумному насосу

В ходе проделанного обзора можно сделать следующий вывод: соляная электродная ванна не подходит для закалки длинных деталей типа «вал», а также возможно превышение предельно-допустимой концентрации вредных испарений и необходимость в дополнительной химической защиты; несмотря на точное распределение температуры в камерной печи, она не отвечает требованиям поточного производства, а также при загрузке и выгрузке изделий происходит потери теплоты; при проведении закалочных работ в электрической шахтной печи возможна недостаточная герметичность уплотнения крышки, что ведет к потере тепла и неравномерного распределения теплоты; сложность конструкции электронно-лучевой установки не позволяет использовать в мелкосерийном производстве для

обработки деталей, не имеющих высоких требований к «чистоте» материала; лазерная установка не позволяет обрабатывать длинные заготовки, так как данное оборудование, в основном, используется для локальной термообработки. [4]

В следствие этого было выбрано разработать концепцию закалочного комплекса на основе индукционной обработки токами высокой частоты. Высокую стоимость данного оборудования можно уменьшить, прибегнув к упрощению конструкции, использованию более дешевых аналогов стандартных изделий. ТВЧ установка позволяет создать быстрый и прямонаправленный нагрев.

1.2. Разработка схемы и компоновки закалочной установки

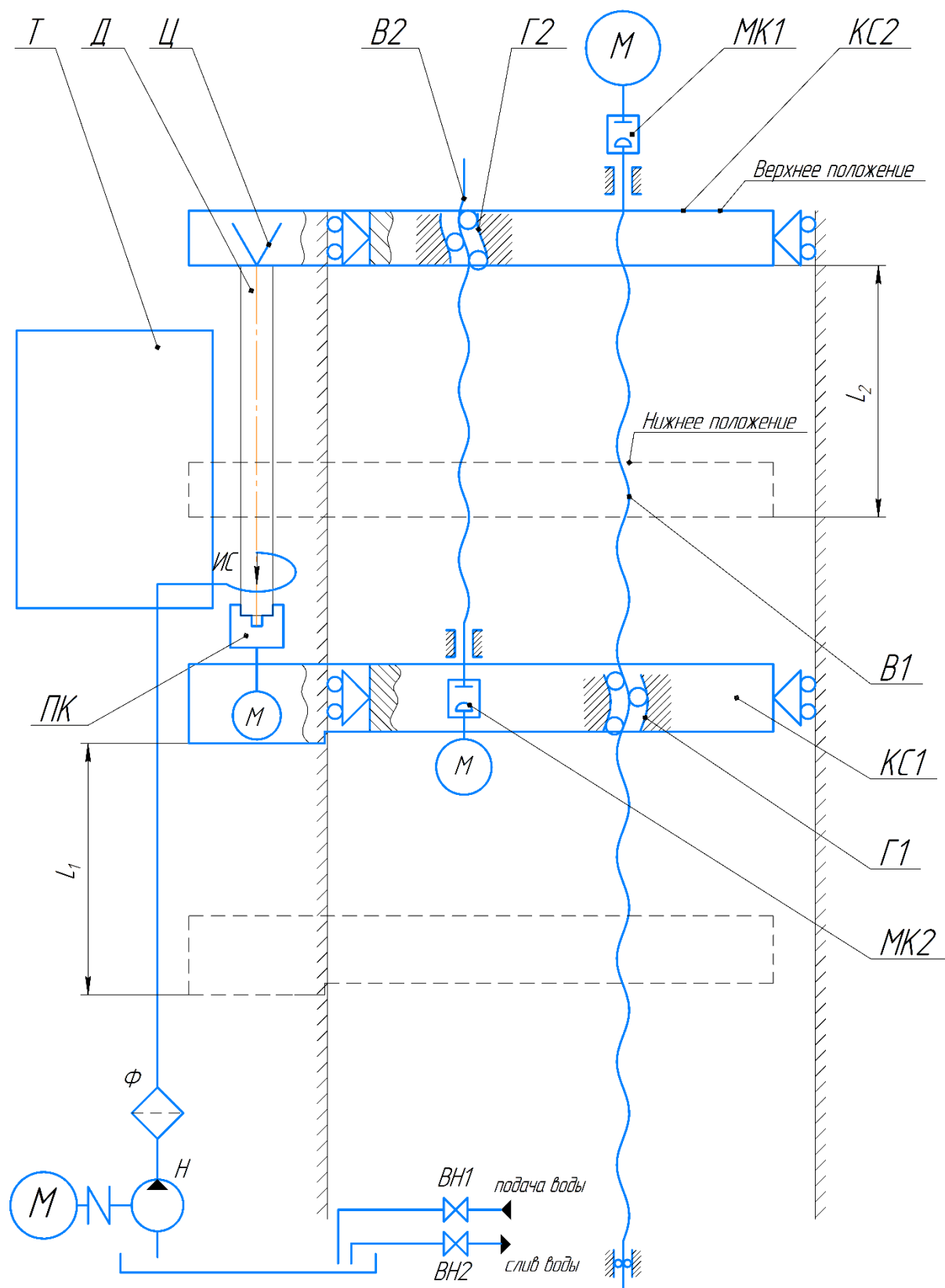


Рисунок 9 – Схема закалочной установки

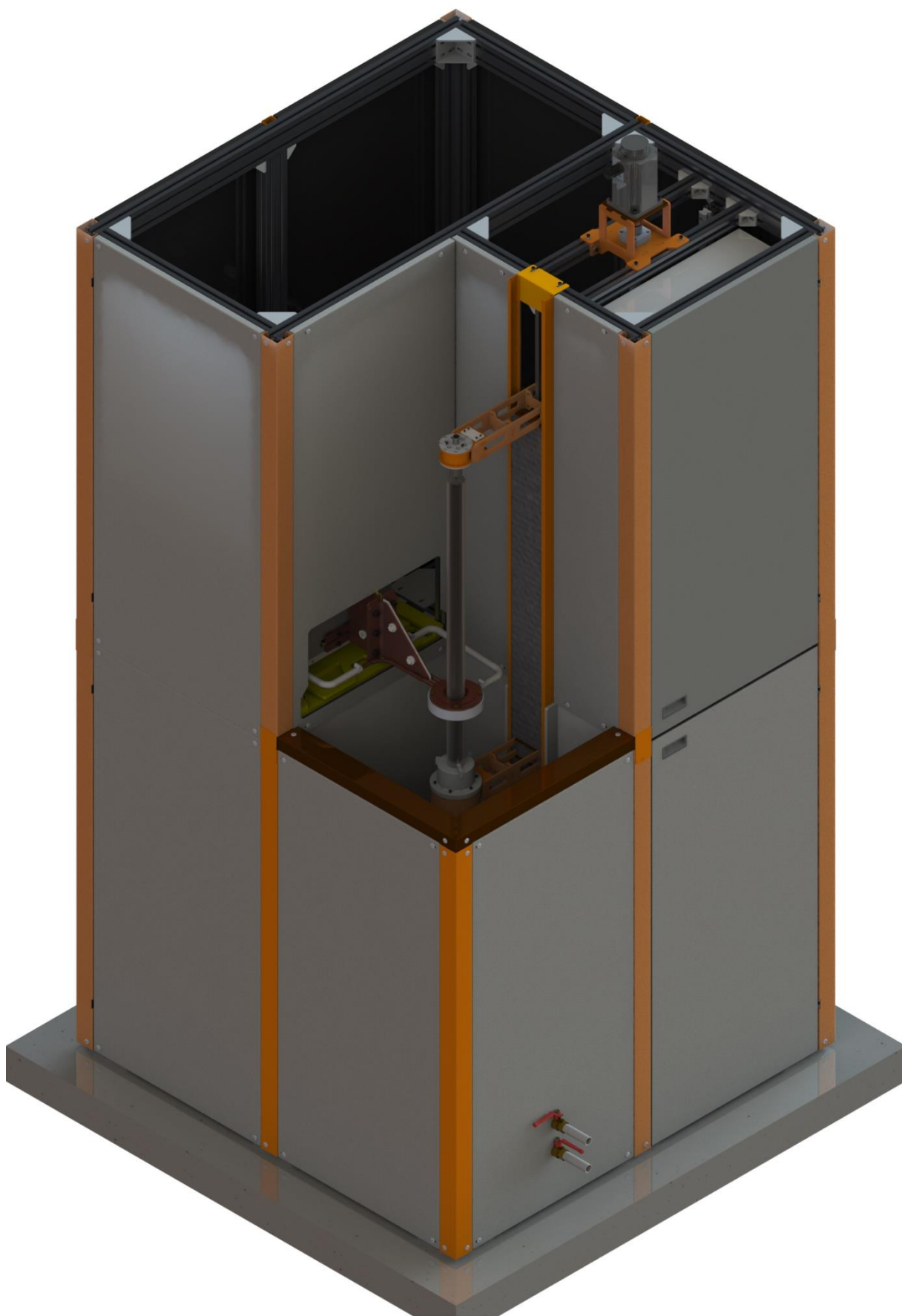


Рисунок 10 – Общий вид установки

Установка закалочная, общий вид и технические характеристики которой приведены на рисунке 10 и таблице 1 соответственно, а чертеж и спецификация представлены в приложении 1, предназначена для проведения закалочных работ деталей типа вал с максимальными размерами 55 мм в диаметре и 1000 мм в длину. Каркас установки выполнен из алюминиевого профиля 3, скрепленного между собой угловыми соединителями 26. Конструкция каркаса 3 показана на рисунке 11. Обшивка установки сделана из гнутого листового материала 27 (для демонстрации показано только два листа) и служит для защиты от попадания грязи и пыли в рабочие органы во время работы. Каркас состоит из трех площадок для закрепления сборочных единиц: основание, средний и верхний уровни. На основание устанавливаются следующие элементы: рама 6 для насоса 7, ванна 8 для слива и циркуляции охлаждающей жидкости. На среднем уровне расположены такие сборочные единицы как: трансформаторно-согласующее устройство 2, направляющие 13 для линейного вертикального движения верхней и нижней кареток, ящик для хранения инструментов и других принадлежностей. На верхнем уровне расположен привод 17 нижней каретки.

Рассмотрим элементы процесса закаливания и охлаждения. Они представлены на рисунке 12. Закалку производят индуктор-спрейером 1, находящийся на трансформаторно-согласующем устройстве (ТСУ) 2, который, как говорилось ранее, устанавливается на среднем уровне алюминиевого каркаса 3. Также к индуктор-спрейеру 1 подключается подача охлаждающей жидкости (воды) посредством трубопровода 29.

Подключение осуществляется через фитинг 4, находящийся на фланце 5 индуктор-спрейера 1. На основании алюминиевого каркаса 3 расположены две металлические квадратные трубы – рама 6 насоса 7. На трубах установлен горизонтальный насос 7. Емкость для охлаждающей жидкости – ванна 8 – сделана из листов полипропилена, сваренных между собой, и имеет форму коробки. Устанавливается на основании алюминиевого каркаса 3.



Рисунок 11 – Алюминиевый профиль и элементы каркаса

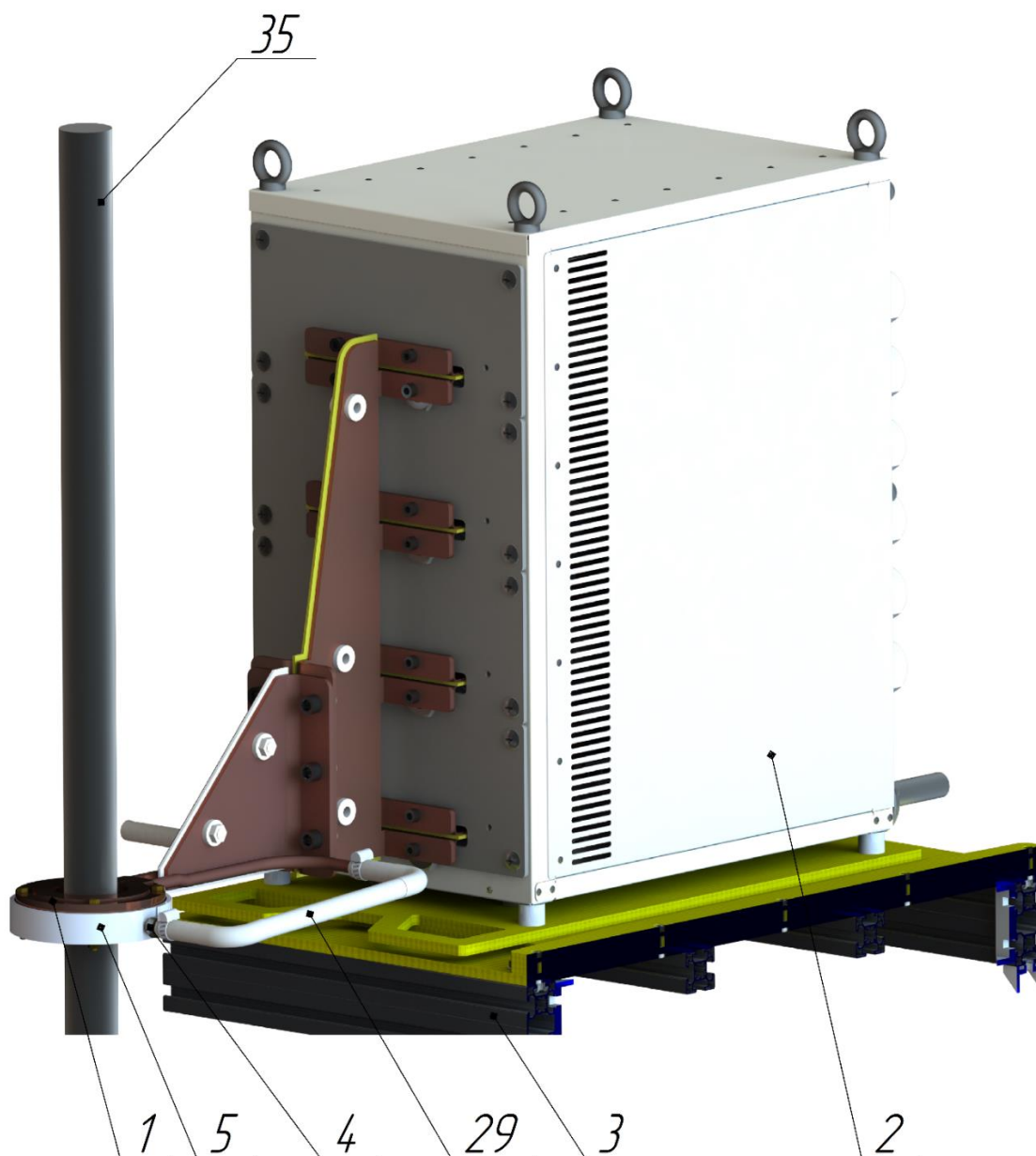


Рисунок 12 – ТСУ и индуктор-спрейер

Процесс охлаждения заготовки 35 следующий: с внешнего торца ванны 8 подключены две трубы – одна для подачи 31 непосредственно в ванну 8, другая для слива 32 охлаждающей жидкости. Ванна 8 заполняется примерно на три четверти жидкостью, а затем включается насос 7 для циркуляции жидкости. На выходе насоса 7 подключен фильтр 30 для очищения жидкости от загрязнений в процессе циркуляции, а далее жидкость течет по трубопроводу 29 к месту закаливанию, огибая индуктор-спрейер 1 и охлаждая его в процессе работы, а после просачивается через фланец 5 для охлаждения детали 35. После этого вода сливается в ванну 8 и подается

посредством насоса 7 в место закаливания. Основные элементы представлены на рисунке 13.

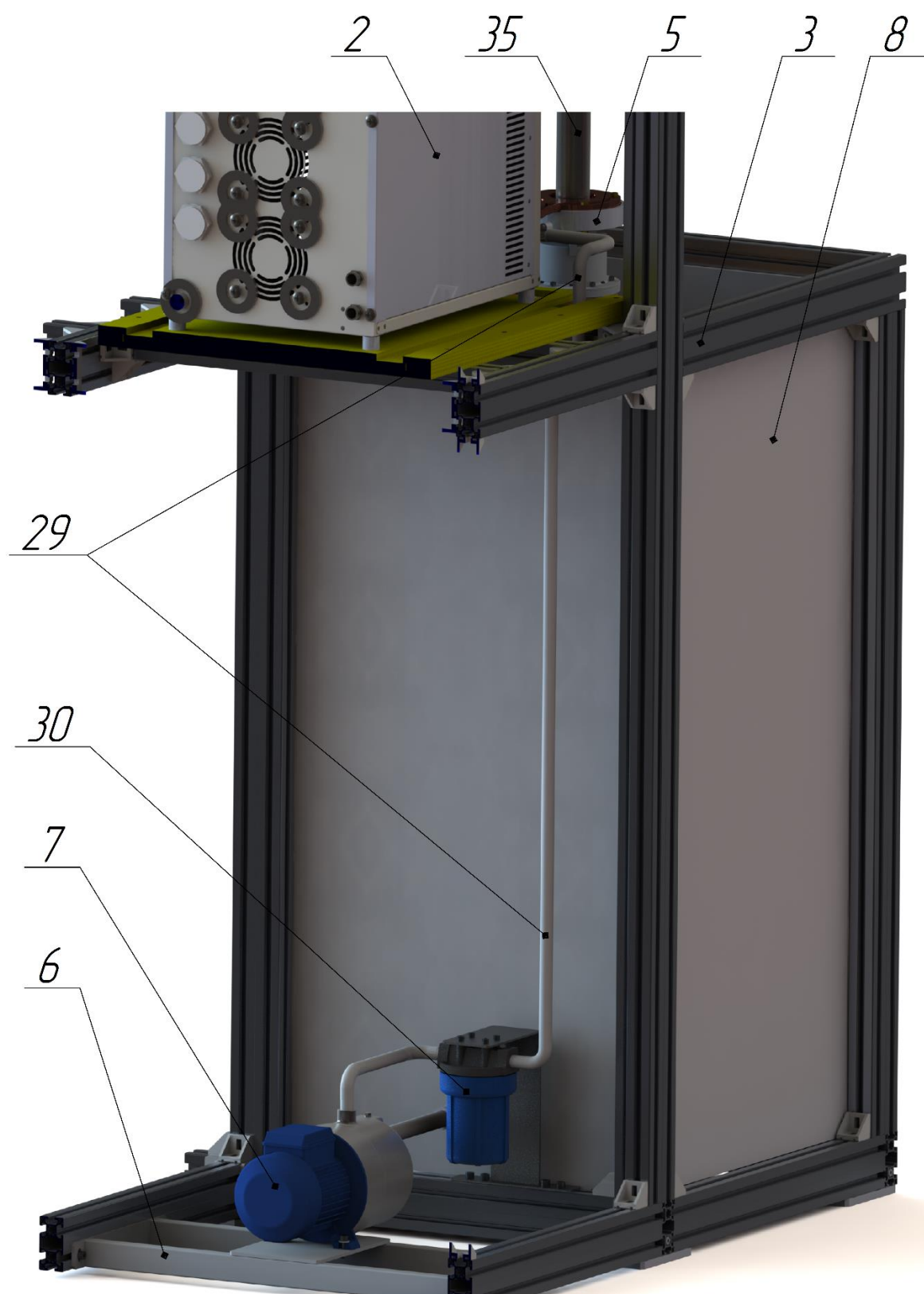


Рисунок 13 – Насосная станция и ванна

В установке имеется 2 подвижных органа: нижняя и верхняя каретки. Нижняя каретка предназначена для закрепления деталей 3-ех кулачковым патроном 10, а верхняя каретка необходима для поджатия детали 35 для центрирования.

В состав нижней каретки входят следующие компоненты: 2 сварных кронштейна 11, 3-ех кулачковый патрон 10, 2 каретки 12 для вертикального перемещения по рельсам 13. Кронштейны 11 выполнены из стального листового металла. Сварные кронштейны 11 скрепляются между собой посредством крепежной пары «винт-гайка». На одном из кронштейнов устанавливаются 2 каретки 12 для посадки на рельсы 13. На другой устанавливается 3-ех кулачковый патрон 10 для зажатия детали 35. Движение нижней каретки происходит через передачу «винт-гайка». Ходовой винт 16 передает вращательное движение шагового двигателя 17, установленного на верхнем уровне алюминиевого каркаса 3, через муфту с необходимой частотой вращения. Нижнюю каретку устанавливают в положение, в котором будет удобно устанавливать деталь 35, а также чтобы оно удовлетворяло габаритам детали 35.

В состав верхней каретки входят следующие компоненты: 2 сварных кронштейна 14, 2 каретки 12 для вертикального перемещения по рельсам 13, датчик прижима 18, прижимной механизм 15. Порядок сборки сварных кронштейнов точно такой же, как и в нижней каретке. Движение происходит посредством передачи «винт-гайка». Ходовой винт 19 передает вращательное движение шагового двигателя 20, установленного на пластине кронштейна 11 нижней каретки, через муфту с необходимой частотой вращения. В конструкции прижимного механизма 15 имеются: 3 пружины 21, конус 22, два фланца 23, язычок 24 и датчик 18. В конус 22 садится центр 25 для реализации поджима детали 35. Во время процесса поджима пружины 21 будут сжиматься, а язычок 24, вкручиваемый в конус 22, будет менять свое положение до тех пор, пока не коснется датчика 18, необходимого для отслеживания уровня поджатия детали 35. Датчик 18 подает показания

поджатия на экран пульта управления. Как только поджим детали 35 удовлетворяет необходимому уровню, привод 20 механизма зажима отключается.

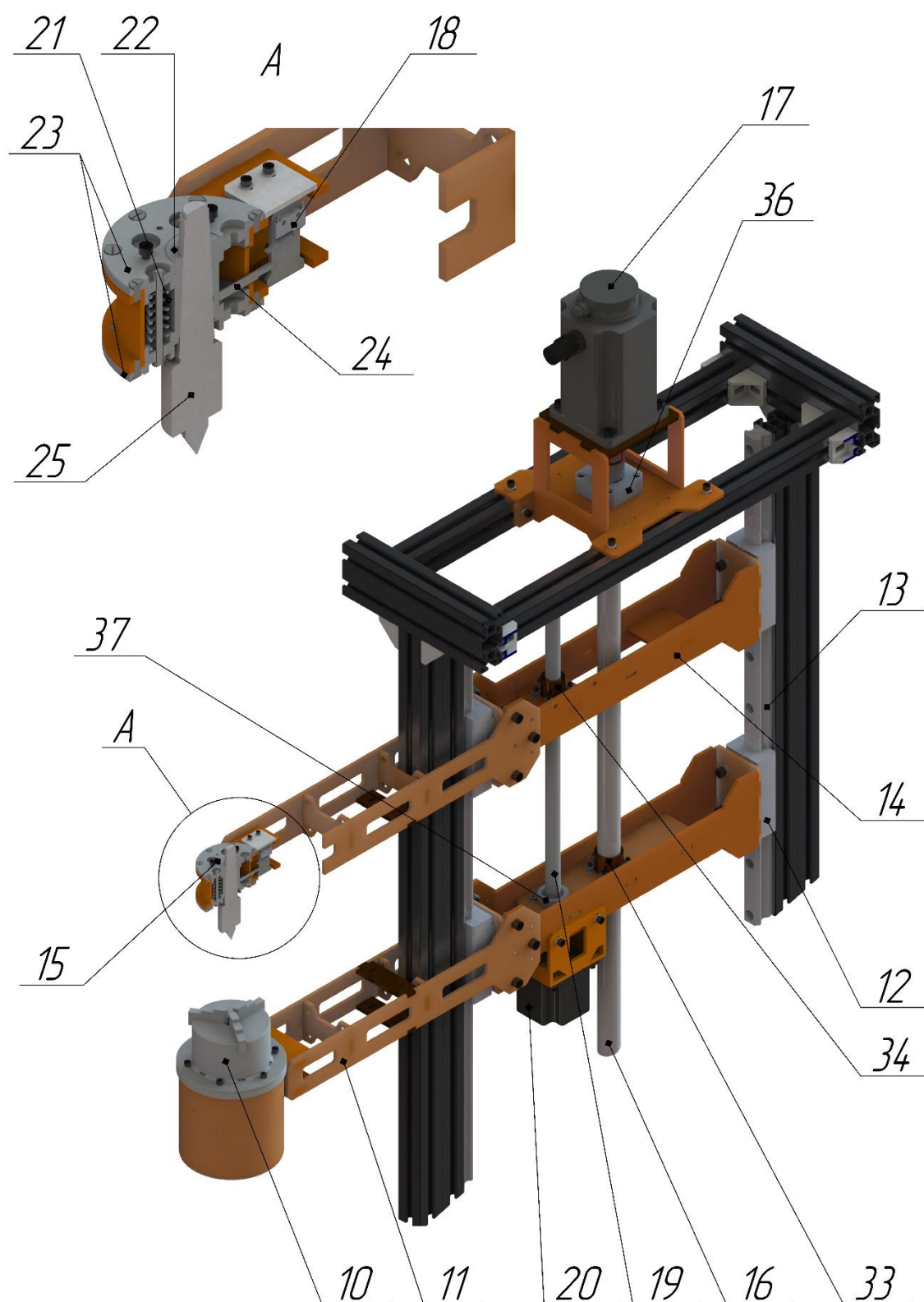


Рисунок 14 – Верхняя и нижняя каретки

После проведения установки и поджима детали 35, запускается процесс закалки нажатием на кнопку на пульте управления, заблаговременно установив необходимые параметры закаливания: частота вращения шагового двигателя 17, температуру нагрева, включение насосной станции.

Для безопасного и надежного нагрева во время эксплуатации закалочной установки используется установка индукционного нагрева ИНМ. Пульт управления нагревом конструктивно отделен от преобразователя частоты 40 и может располагаться в удобном для оператора месте. Манипулятор оснащен кнопками включения/выключения нагрева. Параметры работы: частота, напряжение питания, выходное напряжение, выходной ток, мощность, расход воды, время нагрева. Вся информация выводится на ЖК дисплее.

1.3. Описание полного цикла работы закалочной установки

Прежде чем приступать к работе на закалочной установке необходимо провести некоторые начальные мероприятия:

1. Проверить смазку подвижных органов: каретки 14, гаек 33;34, опоры 36;37 ходовых винтов 16;19. Для того чтобы провести смазку для начала нужно снять обшивку 27 установки. Далее пристыковать приспособление, например шприц, наполненный смазочным материалом, к смазочному ниппелю для смазки кареток 14 линейного перемещения. Для того, чтобы смазать гайки 14 ходовых винтов 16;19 необходимо шприц подвести к специальному смазочному отверстию. Смазка опор 36;37 ходовых винтов 16;19 можно также провести шприцем, обведя по контуру тел качения (шариков).

2. Проверить уровень засорённости фильтра 30 и при необходимости заменить на новый. Слить воду из ванны 8, открыв сливной кран 32. После слива жидкости закрыть кран 32 и набрать новой чистой воды, открыв кран подачи 31. Ванну 8 заполнить примерно на три четверти от ее полного объема.

3. Проверить проводку электрических компонентов: трансформаторно-согласующего устройства 2 и преобразователя частоты 40. Если имеются оголенные провода необходимо устранить неисправности.

После проведения вышеперечисленных мероприятий следует установить обшивку 27 установки на место и подключить установку к электросети. Далее выставить нижнюю каретку таким образом, чтобы положение удовлетворяло габаритам детали 35, а также для удобства установки детали 35 в 3-х кулачковый патрон 10. Для этого необходимо подать на шаговый двигатель 17, который закреплен на верхнем уровне алюминиевого каркаса 3, управляющий сигнал, выбрав соответствующую команду на сенсорном экране дисплея манипулятора. После этого вал двигателя 17 начнет вращаться, передавая крутящий момент посредством муфты на ходовой винт 16, который закреплен на опорах 36. Используемая

передача «винт-гайка» преобразует вращательное движение ходового винта 16 в поступательное вертикальное движение кареток 12 сварного кронштейна 11 нижней каретки по рельсам 13.

После того как нижняя каретка заняла необходимое положение, устанавливается деталь 35 в 3-х кулачковый патрон 10. Для закрепления детали 35 в патроне 10 следует затянуть его специальным ключом. Надежность закрепления можно проверить, приложив внешнюю силу, например, легким толчком руки.

Следующим шагом будет поджим детали 35 верхней кареткой при помощи центра 25. Для управления приводом 20 верхней каретки вводятся необходимые данные. После введения данных происходит процесс работы шагового двигателя 20 верхней каретки, который установлен на сварном кронштейне 11 нижней каретки. Подается управляющий сигнал на двигатель 20 и его вал начинает вращаться. Крутящий момент вала двигателя 20 передается на ходовой винт 19, который закреплен на опоре 37, при помощи муфты. Далее путем передачи «винт-гайка» вращательное движение, создаваемое ходовым винтом 19, преобразуется в вертикальное поступательное движение кареток 12, которые будут передвигаться по рельсам 13 на сварном кронштейне 14. На механизме поджима 15 имеются 3 пружины 21, которые начнут сжиматься, как только центр 25 прикоснется к детали 35. Информация этого сжатия будет приходить на ЖК дисплей посредством датчика 18, установленного на верхней каретке вблизи центра 25. Как только значение поджима, поступающие с датчика 18, удовлетворяет привод 20 верхней каретки отключается автоматически.

Перед тем как включать трансформаторно-согласующее устройство 2 индуктор-спрейера 1, необходимо запустить подачу охлаждающей жидкости в место закаливания детали 35. Так как ванна 8 уже наполнена на три четверти от ее объема, то необходимо включить насос 7 для циркуляции воды по трубопроводу 29, предварительно подключив насос 7 к электросети. Также нужно проконтролировать надежность крепления трубопровода 29 к

насосу 7, крепления хомутов, идущих к индуктор-спрейеру 1. Чтобы это проверить следует произвести пробный пуск насосной станции и устранить имеющиеся неисправности.

Теперь для включения трансформаторно-согласующего устройства 2 и преобразователя частоты 40 требуется выставить нижнюю каретку так, чтобы зазор между нижней частью фланца 5 индуктор-спрейера 1 и 3-ех кулачковым патроном 10 был не менее 15 мм. Подается управляющий сигнал на шаговый двигатель 17. После этого вал двигателя начнет вращаться, передавая крутящий момент посредством муфты на ходовой винт 16, который закреплен на опорах 36. Используемая передача «винт-гайка» преобразует вращательное движение ходового винта 16 в поступательное вертикальное движение кареток 12 сварного кронштейна 11 по рельсам 13 нижней каретки. Верхняя каретка движется в режиме синхронного движения с нижней кареткой. Зазор между фланцем 5 и индуктор-спрейером 1 контролируется визуально.

После выполнения условия зазора можно настроить режим работы закалки. На ЖК дисплее вводятся параметры работы, такие как: частота, выходной ток, мощность, расход воды, время нагрева, скорость синхронного движения кареток 12.

После проведения закалочных работ, необходимо выключить насос 7, трансформатор 2, преобразователь частоты 40. Слить воду из ванны 8, открыв сливной кран 32. Выставить нижнюю каретку на таком уровне, чтобы удобно было снимать обработанную деталь 35, подав управляющий сигнал на шаговый двигатель 17. Вал двигателя 17 завращается, передавая крутящий момент на ходовой винт 16, который закреплен на опорах 36, посредством муфты. Используемая передача «винт-гайка» преобразует вращательное движение ходового винта 16 в поступательное вертикальное движение кареток 12 сварного кронштейна 11 по рельсам 13 нижней каретки. Как только положение удовлетворяет необходимо отжать верхнюю каретку, подав управляющий сигнал на привод 20 верхней каретки. Под действием

сигнала вал двигателя 20 начнет вращаться, передавая крутящий момент на ходовой винт 19 верхней каретки при помощи муфты. Используемая передача «винт-гайка» преобразует вращательное движение ходового винта 19 в поступательное вертикальное движение кареток 12 сварного кронштейна 14 по рельсам 13 верхней каретки. После отжатия верхней каретки, разжать 3-х кулачковый патрон 10 посредством ключа и снять обработанную деталь 35. Выключить питание установки.

1.4. Расчет шарико-винтовой передачи каретки закалочной установки

Необходимо произвести расчет шарико-винтовой передачи (ШВП) для определения геометрических параметров ШВП, таких как: внешний и внутренний диаметр винта, радиус канавки, расчетное количество тел качения (шариков), а также определение прочностных характеристик: ресурс работы пары, проверка гайки и винта на статическую прочность. Расчет будет производиться по формулам представленные в справочнике [5].

Расчет геометрических параметров ШВП

Для начала необходимо определить передаточное отношение винтовой пары по следующей формуле:

$$i = \frac{\omega}{v},$$

где

ω — угловая скорость винта;

v — линейная скорость гайки.

- Угловая скорость винта:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30},$$

где

ω — угловая скорость винта;

n — частота вращения вала двигателя, $n = 750$ об/мин;

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 750}{30} = 78,5 \frac{1}{c}.$$

- Линейная скорость гайки:

$$v = k \cdot t \cdot \frac{n}{60},$$

где

k — число заходов резьбы, обычно ШВП выполняются однозаходными, то есть $k = 1$;

t — шаг ходового винта, $t = 5$ мм;

$$v = 1 \cdot 5 \cdot \frac{750}{60} = 62,5 \frac{\text{мм}}{c}.$$

Определив скорость вращения ходового винта и линейную скорость гайки, рассчитаем передаточное отношение винтовой пары. Предварительно переведем линейную скорость гайки в систему СИ:

$$i = \frac{\omega}{v} = \frac{78,5}{0,0625} = 1257.$$

Далее необходимо рассчитать средний диаметр винта, который зависит от момента инерции J .

- Момент инерции найдем по следующей формуле:

$$J = \frac{n_y \cdot F_H \cdot l^2}{q \cdot E},$$

где

n_y — коэффициент запаса устойчивости, для ШВП закрепленных вертикально принять $n_y = 4$;

F_H — сила нагружения ходового винта. В данном случае сила будет складываться из веса: сварных кронштейнов, приводов, заготовки, взаимодействующих непосредственно с ходовым винтом, $F_H = 650$ Н;

l — рабочая длина гайки, $l = 10$ мм;

q — коэффициент закрепления винта. Для винта, имеющего две опоры принять $q = 40$;

E — модуль упругости, принять $E = 2,1 \cdot 10^{11}$ Па.

Так как все величины известны можно рассчитать момент инерции ходового винта:

$$J = \frac{n_y \cdot F_H \cdot l^2}{q \cdot E} = \frac{4 \cdot 650 \cdot 10^2}{40 \cdot 2,1 \cdot 10^{11}} = 3,25 \cdot 10^{-8} \text{ мм}^4.$$

- Рассчитаем средний диаметр винта:

$$d_{\text{ср}} = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot J}{\pi}} = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot 3,25 \cdot 10^{-8}}{3,14}} = 28,4 \text{ мм}$$

Округляем значение среднего диаметра до ближайшего большего стандартного значения из ряда: 3,5; 4; 4,5; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100.

Принимаем $d_{\text{ср}} = 32$ мм.

Определив средний диаметр, рассчитаем диаметр тел качения (шариков), расчетное количество тел качения, КПД винтовой пары, углы подъема винтовой пары и трения.

- Диаметр шарика:

$$d_{\text{ш}} = K_P \cdot t ,$$

где

$d_{\text{ш}}$ – диаметр шарика;

K_P – коэффициент шага резьбы, $K_P = 0,6$;

t – шаг резьбы, $t = 5$ мм.

$$d_{\text{ш}} = K_P \cdot t = 0,6 \cdot 5 = 3 \text{ мм.}$$

- Угол подъема винтовой пары:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{t}{\pi \cdot d_{\text{ср}}}\right) ,$$

где

t – шаг резьбы, $t = 5$ мм;

$d_{\text{ср}}$ – средний диаметр ходового винта, $d_{\text{ср}} = 32$ мм.

$$\alpha = \arctan\left(\frac{5}{3,14 \cdot 32}\right) = 2,84^\circ .$$

- Приведенный угол трения:

$$\alpha_{\text{тр}} = \arctan\left(\frac{2 \cdot f_{\text{к}}}{d_{\text{ш}} \cdot \sin \beta}\right) ,$$

где

$f_{\text{к}}$ – приведенный коэффициент трения. Назначается в диапазоне $f_{\text{к}} = 0,007 \div 0,01$, примем $f_{\text{к}} = 0,01$;

$d_{\text{ш}}$ – диаметр шарика, $d_{\text{ш}} = 3$ мм;

β – угол контакта шарика с винтом и гайкой. Для круглой канавки принимается $\beta = 30^0$.

$$\alpha_{\text{тр}} = \arctan\left(\frac{2 \cdot 0,01}{3 \cdot \sin 30^0}\right) = 0,764^0.$$

- КПД винтовой пары:

$$\eta = \frac{\tan \alpha}{\tan(\alpha + \alpha_{\text{тр}})},$$

где

α – угол подъема винтовой линии, $\alpha = 2,84^0$;

$\alpha_{\text{тр}}$ – приведенный угол трения, $\alpha_{\text{тр}} = 0,764^0$.

$$\eta = \frac{\tan \alpha}{\tan(\alpha + \alpha_{\text{тр}})} = \frac{\tan 2,84^0}{\tan(2,84^0 + 0,764^0)} = 0,79$$

Таким образом коэффициент полезного действия винтовой пары составил 79%, что примерно равняется справочному значению $\eta_{\text{спр}} = 85\%$.

- Длина рабочей части винтовой шариковой канавки:

$$L = \frac{l}{\sin \alpha},$$

где

l – рабочая длина гайки, $l = 10$ мм;

α – угол подъема винтовой линии, $\alpha = 2,84^0$.

$$L = \frac{l}{\sin \alpha} = \frac{10}{\sin 2,84^0} = 101 \text{ мм}.$$

- Расчетное количество тел качения:

$$N = \frac{L}{d_{\text{ш}}},$$

где

L – длина рабочей части винтовой шариковой канавки, $L = 101$ мм;

$d_{\text{ш}}$ – диаметр шарика, $d_{\text{ш}} = 3$ мм.

$$N = \frac{L}{d_{\text{ш}}} = \frac{101}{3} \approx 33.$$

- Зазор между винтом и шариком:

$$S = 0,04 \cdot d_{\text{ш}} = 0,04 \cdot 3 = 0,12 \text{ мм.}$$

- Радиус канавки:

$$R = 0,51 \cdot d_{\text{ш}} = 0,51 \cdot 3 = 1,53 \text{ мм.}$$

- Внутренний диаметр винта:

$$d_{\text{вн}} = d_{\text{ср}} - 2 \cdot R = 32 - 2 \cdot 1,53 = 28,94 \text{ мм.}$$

- Внешний диаметр винта:

$$d_{\text{н}} = d_{\text{вн}} + 2 \cdot h ,$$

где

h – глубина профиля резьбы у винта и гайки, $h = 0,3 \cdot d_{\text{ш}} = 0,3 \cdot 3 = 0,9 \text{ мм.}$

$$d_{\text{н}} = d_{\text{вн}} + 2 \cdot h = 28,94 + 2 \cdot 0,9 = 30,74 \text{ мм.}$$

Назначим винтовую пару FSB типа 32-5B2 из каталога [6].

После определения геометрических параметров ШВП пары необходимо проверить ее на прочность

Расчет прочностных характеристик ШВП пары

Данном разделе рассчитаем ресурс работы винтовой пары, проверим на статическую прочность ходовой винт и гайку. Расчет будет производиться по формулам, представленным в справочнике [7].

Так как тип ходового винта нам известен, а именно FSB 32-5B2, то значение динамической грузоподъемности $C_{\alpha} = 17020 \text{ Н}$ [6].

- Расчет ресурса работы винтовой пары:

$$L = \left(\frac{C_{\alpha\phi}}{F_H} \right)^3 ,$$

где

$C_{\alpha\phi}$ – фактическая динамическая грузоподъемность;

F_H – сила нагружения, $F_H = 650 \text{ Н.}$

Чтобы определить фактическую динамическую грузоподъемность воспользуемся формулой:

$$C_{\alpha\phi} = C_{\alpha} \cdot K_{\alpha} \cdot K_P \cdot K_M ,$$

где

C_α — значение динамической грузоподъемности, $C_\alpha = 17020$ Н;

K_α — коэффициент точности передачи, $K_\alpha = 0,8 \div 1,0$, примем $K_\alpha = 0,85$;

K_P — коэффициент вероятности безотказной работы, примем $K_P = 0,85$;

K_M — коэффициент, учитывающий качество выплавки, стали, при обычной плавке $K_M = 1,0$.

$$C_{\alpha\phi} = C_\alpha \cdot K_\alpha \cdot K_P \cdot K_M = 17020 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \cdot 1 = 12300 \text{ Н.}$$

$$L = \left(\frac{C_{\alpha\phi}}{F_H} \right)^3 = \left(\frac{12300}{650} \right)^3 = 6,7 \cdot 10^3 \text{ млн об.}$$

- Расчет ресурса работы ШВП пары в часах:

$$L = \frac{10^6 \cdot \left(\frac{C_{\alpha\phi}}{F_H} \right)^3}{60 \cdot n_{\text{ср}}} = \frac{10^6 \cdot \left(\frac{12300}{650} \right)^3}{60 \cdot 750} = 1,5 \cdot 10^5 \text{ ч.}$$

- Условие статической прочности гайки (проверка на прочность):

$$F_{H\max} < C_\alpha \cdot K_{\alpha\kappa},$$

где

C_α — значение динамической грузоподъемности, $C_\alpha = 17020$ Н;

$K_{\alpha\kappa}$ — скорректированное значение коэффициента $K_\alpha = 0,7 \div 1$, примем $K_{\alpha\kappa} = 1$;

Запишем произведение $C_\alpha \cdot K_{\alpha\kappa}$ коэффициентом $C_{\alpha\kappa}$, тогда

$$C_{\alpha\kappa} = 17020 \cdot 1 = 17020 \text{ Н.}$$

$F_{H\max}$ — максимальная сила нагружения.

$$F_{H\max} = F_{\text{нат}} + 0,65 \cdot F_H,$$

где

$F_{\text{нат}}$ — значение натяга, принимается $F_{\text{нат}} = (0,4 \div 0,8) \cdot F_H = 260 \div 520 \text{ Н}$, примем $F_{\text{нат}} = 520 \text{ Н}$.

$$F_{H\max} = 520 + 0,65 \cdot 650 = 942,5 \text{ Н.}$$

- Проверим условие статической прочности гайки:

$$F_{H\max} < C_\alpha \cdot K_{\alpha\kappa}$$

$$942,5 < 17020 - \text{Условие выполняется}$$

Условие статической прочности ходового винта (проверка на прочность):

$$F_{Hmax} < F_{кр} ,$$

где

$F_{кр}$ – значение критической силы

$$F_{кр} = \frac{\pi^3 \cdot E \cdot d_{вн}^4}{64 \cdot S \cdot (q \cdot L)^2} ,$$

где

E – модуль упругости, принять $E = 2,1 \cdot 10^{11}$ Па;

$F_{кр}$ – внутренний диаметр винта, $F_{кр} = 28,94$ мм;

S – коэффициент запаса, принять $S = 1,4$;

q – коэффициент закрепления винта. Для винта, имеющего две опоры принять $q = 40$;

L – длина винта, $L = 1000$ мм;

$d_{вн}$ – внутренний диаметр ходового винта, $d_{вн} = 28,94$ мм.

$$F_{кр} = \frac{\pi^3 \cdot E \cdot d_{вн}^4}{64 \cdot S \cdot (q \cdot L)^2} = \frac{3,14^3 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 28,94^4}{64 \cdot 1,4 \cdot (40 \cdot 1000)^2} = 1384 \text{ Н.}$$

- Проверим условие статической прочности ходового винта:

$$F_{Hmax} < F_{кр}$$

$$942,5 < 1384 - \text{Условие выполняется.}$$

Вывод

В ходе работы над конструкторской частью был проведен литературный анализ аналогичных способов термообработки деталей типа «вал», в следствие чего был выбран способ обработкой ТВЧ. Смоделирована концепция закалочной установки в программной среде SolidWorks, построена гидравлическая и кинематическая схемы установки. Рассчитан минимально допустимый диаметр ШВП винта.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Введение

Технологией называют науку о получении сырья и изготовлении из него определенной продукции. Основная задача специалиста при разработке технологического процесса заключается в нахождении оптимального варианта перехода от заготовки к готовой детали требуемого качества при ее наименьшей себестоимости.

2.1. Анализ технологичности детали

Под технологичностью детали понимают совокупность ее свойств, позволяющих изготовить деталь с наименьшими затратами.

Оценку технологичности детали проводят по 4 группам признаков (критериев технологичности):

- технологичность заготовки;
- технологичность общей конфигурации детали;
- технологичность базирования и закрепления;
- технологичность обрабатываемых поверхностей. [8]

Оценим технологичность детали типа фланец (рисунок 15).

Заготовкой для фланца выбран стальной круглый прокат, максимально приближенный по форме к готовой детали для уменьшения себестоимости обработки. Материал заготовки – сталь 06ХН28МДТ – обладает коррозионной стойкостью, так как на данную деталь постоянно воздействует жидкость; возможностью обработки резанием, что позволяет точить деталь на токарном станке с последующим шлифованием.

Общая конфигурация фланца приближена к типовому, что позволяет использовать типовой технологический процесс как основу для данной детали. Имеется возможность обработки одновременно нескольких поверхностей детали.

Деталь имеет опорную поверхность (базу) для установки в приспособление. Маршрут обработки детали построен по принципу

совпадения технологической и измерительной баз для получения минимальной погрешности установки.

Значения шероховатости поверхностей детали ($Ra\ 3,2$) и класс точности обработки резьбовых отверстий (6) увеличивают себестоимость обработки детали, т.к. требуют дополнительных чистовых обработок для достижения требуемых параметров поверхностей.

В итоге, деталь может считаться не технологичной только по показателям обрабатываемых поверхностей. В остальном фланец отвечает требованиям технологичности.

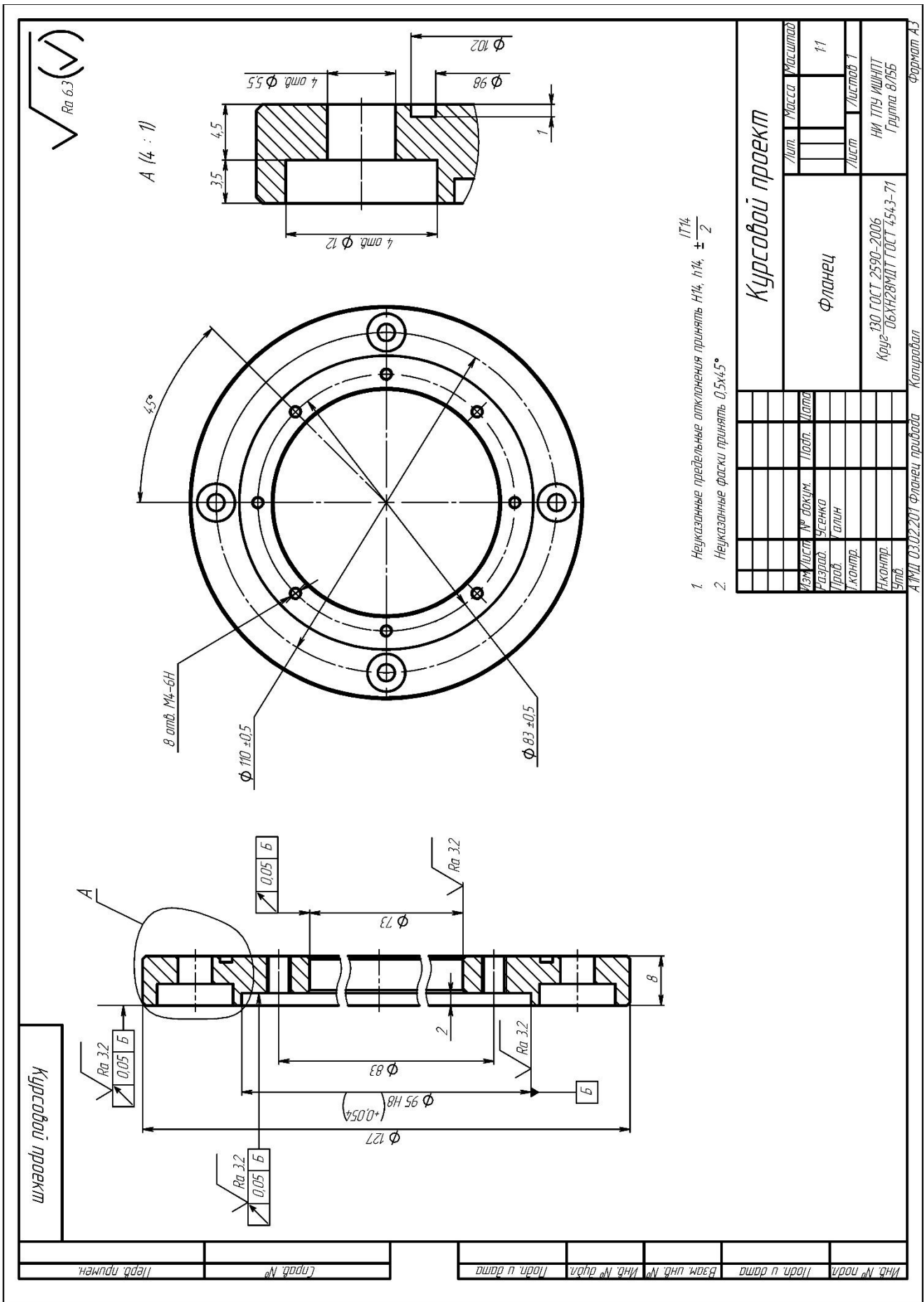
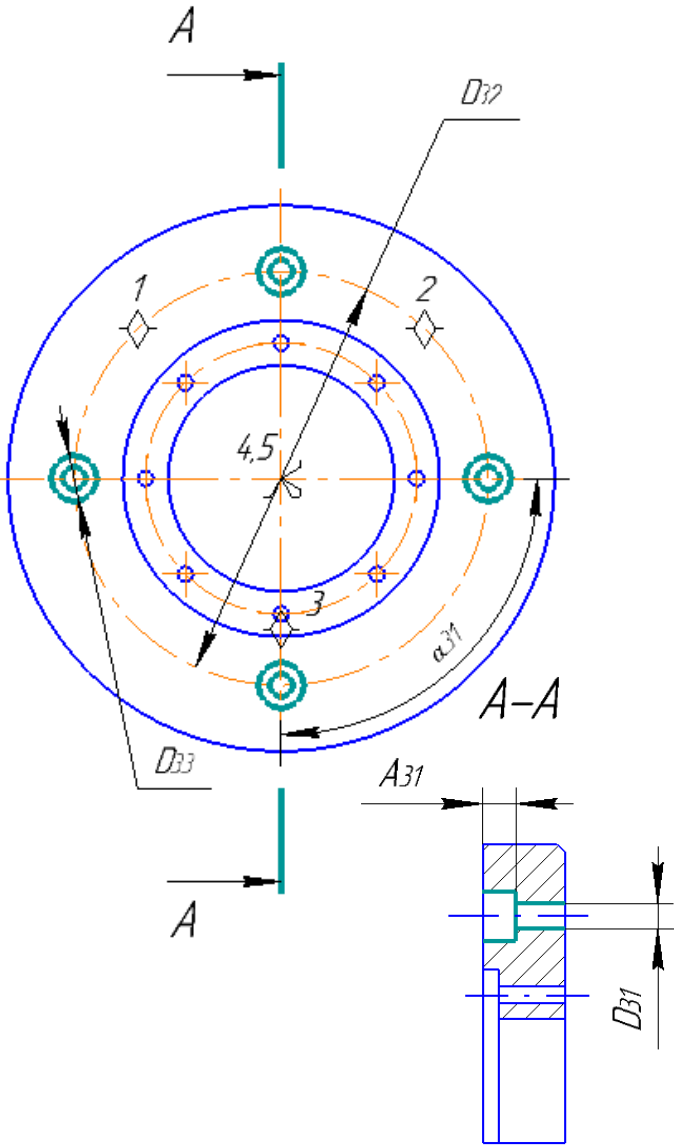
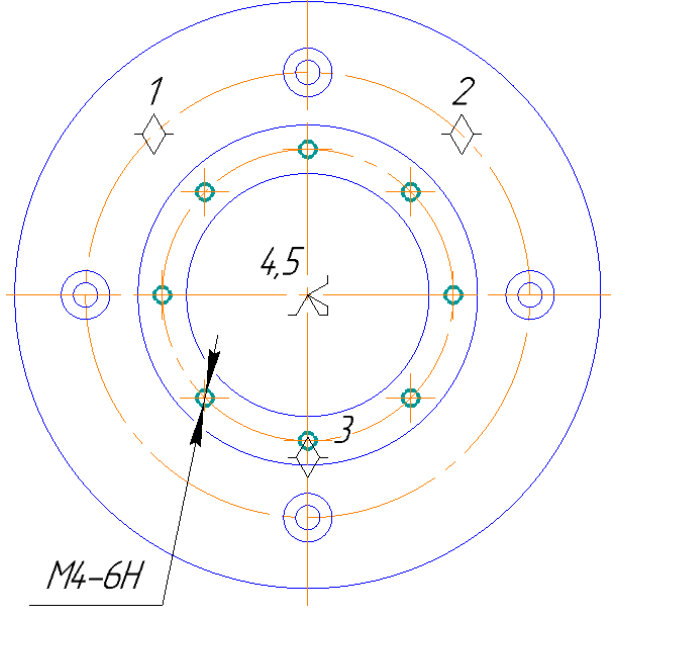


Рисунок 15 – Чертеж детали

2.2. Составление технологического маршрута

№ п/п	Операция	Наименование	Операционный эскиз
1.	000 Заготовительная	А. Установить заготовку в самоцентрирующемся 3-ёх кулачковом патроне: 1. Подрезать торец 1, выдерживая размер A_{01}. 2. Проточить поверхность, выдерживая размер D_{01}. 3. Центровать торец. 4. Просверлить сквозное отверстие D_{02}. 5. Отрезать заготовку, выдерживая размер A_{02}.	
2.	005 Черновая токарная	А. Установить заготовку в самоцентрирующемся 3-ёх кулачковом патроне: 1. Подрезать торец 1, выдерживая размер A_{11}. 2. Расточить отверстие 2, выдерживая размер D_{11}. 3. Расточить отверстие 3, выдерживая размеры A_{12}, D_{12}.	

		Б. Установить заготовку в самоцентрирующемся 3-ёх кулачковом патроне: 1. Подрезать торец 1, выдерживая размер A_{13}. 2. Проточить канавку 2, выдерживая размеры: A_{14}, D_{13}, D_{14}. 3. Точить фаски, выдерживая размеры: $A_{16} \times 45^\circ, A_{15} \times 45^\circ$.	
3.	010 Сверлильная	А. Установить и закрепить заготовку: 1. Сверлить 8 отв. насквозь, выдерживая размеры: $D_{21}, D_{22}, \alpha_{21}$.	

4.	015 Сверлильная	А. Установить и закрепить заготовку: 1. Сверлить 4 отв. насквозь, выдерживая размеры: $D_{31}, D_{32}, \alpha_{31}$. 2. Цековать 4 отв., выдерживая размер D_{33}, A_{31}.	
5.	020 Резьбонарезная	А. Установить и закрепить заготовку 1. Нарезать резьбу М4-6Н.	

6.	025 Чистовая токарная	А. Установить заготовку в самоцентрирующемся 3-х кулачковом патроне: 1. Подрезать торец 1, выдерживая размер A_{61}. 2. Расточить отверстие 2, выдерживая размер D_{61}. 3. Расточить отверстие 3, выдерживая размеры A_{62}, D_{62}. 4. Проточить фаски, выдерживая размеры: $A_{53} \times 45^\circ, A_{54} \times 45^\circ$.	
----	-----------------------	--	--

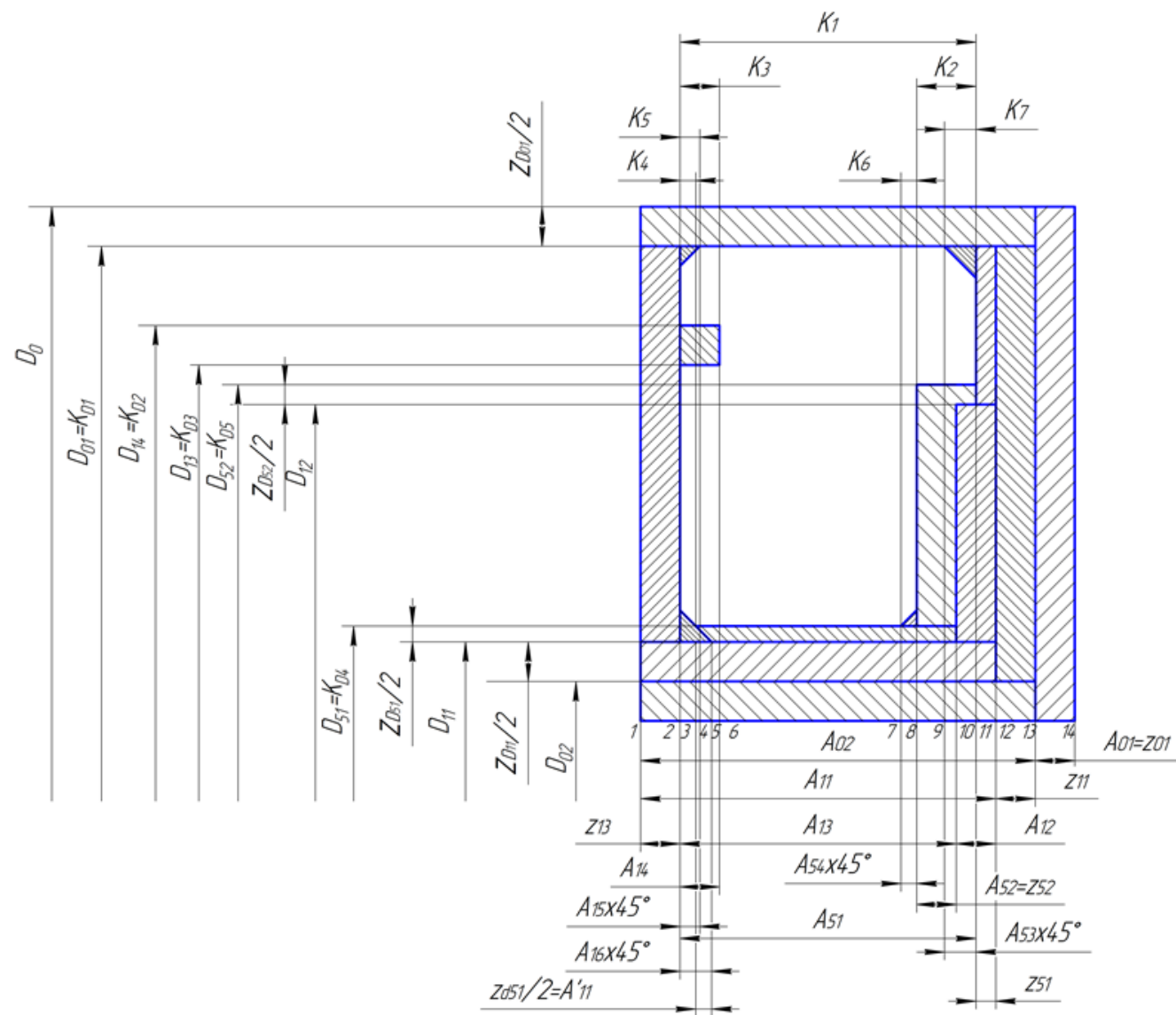


Рисунок 16 – Размерная схема

Проверка:

$$\Sigma A = \Sigma k + \Sigma z$$

$$13 = 7 + 6$$

$$\Sigma A + 1 = \Sigma \text{ вершин}$$

$$13 + 1 = 14$$

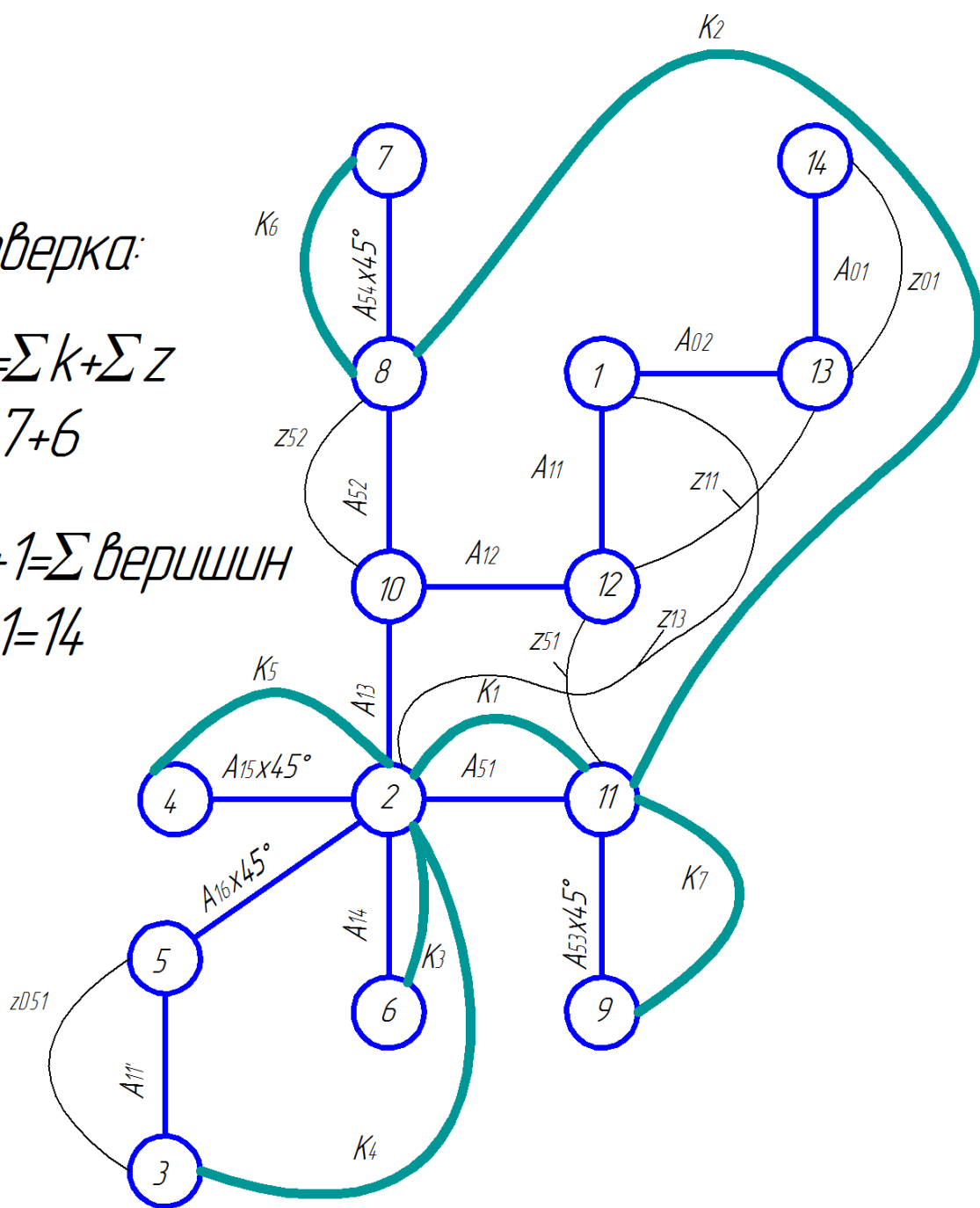


Рисунок 17 – Граф-дерево

2.3. Определение допусков на технологические диаметральные размеры

Допуски на диаметральные размеры могут быть приняты равными статистической погрешности ω_c (Приложение 1 [1]).

Определим допуски на диаметральные размеры:

$$TD_{01} = 1 \text{ мм};$$

$$TD_{02} = 0,3 \text{ мм};$$

$$TD_{11} = 0,15 \text{ мм};$$

$$TD_{12} = 0,2 \text{ мм};$$

$$TD_{13} = 0,87 \text{ мм};$$

$$TD_{14} = 0,87 \text{ мм};$$

$$TD_{51} = 0,74 \text{ мм};$$

$$TD_{52} = 0,054 \text{ мм}.$$

2.4. Определение минимальных припусков на обработку поверхностей вращения

Формула для определения минимального припуска на обработку поверхности вращения имеет следующий вид:

$$z_{i \min} = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{i-1}^2} \right),$$

где

Rz – шероховатость поверхности, мкм (Приложение 2 [9]);

h – величина дефектного слоя поверхности, мкм (Приложение 2 [9]);

ρ – точность геометрической формы, мкм (Приложение 3 [9]);

ε – погрешность закрепления заготовки, мкм (Приложение 4 [9]).

Необходимо определить следующие припуски: $z_{D01}, z_{D11}, z_{D51}, z_{D52}$.

Запишем все величины из формулы в таблицу 3 для всех вышеизложенных припусков.

Таблица 3 – Параметры определения минимального припуска

	Rz , мкм	h , мкм	ρ , мкм	ε , мкм
z_{D01}	100	70	75	600
z_{D11}	100	70	40	120
z_{D11}	20	25	40	50
z_{D52}	20	25	40	0

Подставив все значения в формулу, получим следующие значения:

$$z_{D01} = 1,549 \text{ мм};$$

$$z_{D11} = 0,593 \text{ мм};$$

$$z_{D51} = 0,218 \text{ мм};$$

$$z_{D52} = 0,17 \text{ мм}.$$

2.5. Расчет диаметральных технологических размеров

Расчет выполняется методом максимума-минимума с использованием способа средних значений. Для расчета составляются размерные схемы технологических маршрутов обработки поверхностей вращения.

Расчет диаметра проката. Для определения диаметра проката D_0 необходимо рассмотреть технологическую цепь D_0, D_{01}, z_{D01} . В этой цепи известно: полностью составляющее звено D_{01} ($D_{01} = K_{D1} = 127_{-1}$), предельные отклонения составляющего звена D_0 и минимальное значение замыкающего звена – припуска $z_{D01} = 1,549$.

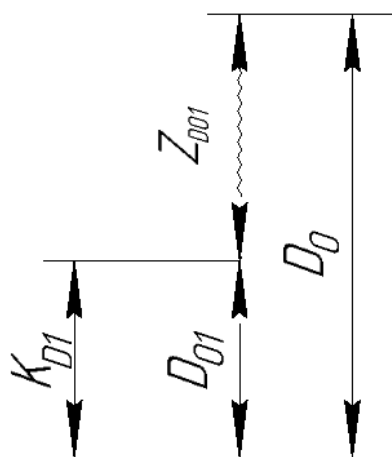


Рисунок 18 – Размерная схема обработки наружной поверхности

Решение:

- 1) Определим среднее значение D_{01} :

$$D_{01}^c = D_{01} + \frac{HOD_{01} + BOD_{01}}{2} = 127 + \frac{0 + (-1)}{2} = 126,5 \text{ мм.}$$

Звено D_{01} записывается в виде $D_{01} = 126,5 \pm 0,5 \text{ мм}$

- 2) Определим допуск звена D_0 :

$$TD_0 = BOD_0 - HOD_0 = 0,6 - (-2,0) = 2,6 \text{ мм.}$$

- 3) Находим среднее значение z_{D01} :

$$z_{D01}^c = z_{D01 \min} + \frac{TD_{01} + TD_0}{2} = 1,549 + \frac{1 + 2,6}{2} = 3,349 \text{ мм.}$$

- 4) Определим среднее значение звена D_0 :

$$D_0^c = D_{01}^c + z_{D01}^c = 126,5 + 3,349 = 129,849 \text{ мм.}$$

- 5) Вычислим номинальное значение звена D_0 :

$$D_0 = D_0^c - \frac{BOD_0 + HOD_0}{2} = 129,849 - \frac{0,6 - 2,0}{2} = 128,549 \text{ мм.}$$

Следовательно, расчетное значение этого звена составляет

$128,549_{-2,0}^{+0,6}$ мм. Выбираем прокат диаметром $D_{0\phi} = 130_{-2,0}^{+0,6}$.

- 6) Рассчитаем фактическое значение припуска z_{D01} :

$$z_{D01\phi} = D_{0\phi} - D_{01} = 130_{-2,0}^{+0,6} - 127_{-1} = 3_{-2,0}^{+1,6}.$$

Расчет технологических диаметральных размеров при обработке отверстия $\varnothing 95^{+0,054}$ мм. Начинаем расчет с рассмотрения цепи D_{12}, D_{52}, z_{D52} . В этой цепи известно: составляющее звено D_{52} ($D_{52} = K_{D5} = 95^{+0,054}$) и значение припуска $z_{D52} = 0,17 \text{ мм}$.

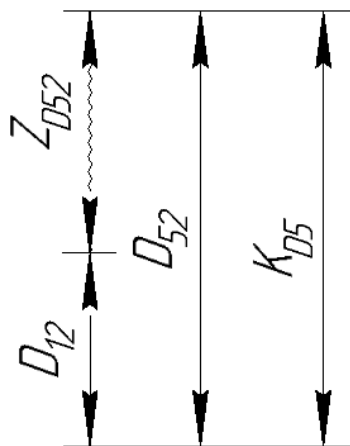


Рисунок 19 – Размерная схема обработки отверстия

Решение:

1) Определим среднее значение D_{52} :

$$D_{52}^c = D_{52} + \frac{HOD_{52} + BOD_{52}}{2} = 95 + \frac{0 + 0,054}{2} = 95,027 \text{ мм.}$$

2) Находим среднее значение z_{D52} :

$$z_{D52}^c = z_{D52 \text{ min}} + \frac{TD_{12} + TD_{52}}{2} = 0,17 + \frac{0,2 + 0,054}{2} = 0,297 \text{ мм.}$$

3) Определим среднее значение звена D_{12} :

$$D_{12}^c = D_{52}^c - z_{D52}^c = 95,027 - 0,297 = 94,73 \text{ мм.}$$

$$D_{12} = 94,73 \pm 0,1 \text{ мм.}$$

4) Определим фактическое значение припуска z_{D52} :

$$z_{D52} = D_{52} - D_{12\phi} = 95^{+0,054} - 94,63^{+0,2} = 0,37_{-0,200}^{+0,054} \text{ мм.}$$

Учитывая, что для размеров отверстий, формируемых механической обработкой, в качестве номинального принято брать наименьший предельный размер, запишем: $D_{12\phi} = 94,63^{+0,2} \text{ мм.}$

Расчет технологических диаметральных размеров при обработке отверстия $\varnothing 73^{+0,74} \text{ мм.}$ Начинаем расчет с рассмотрения цепи D_{51}, D_{11}, z_{D51} . В этой цепи известно: составляющее звено D_{51} ($D_{51} = K_{D4} = 73^{+0,74}$) и значение припуска $z_{D51} = 0,218 \text{ мм.}$

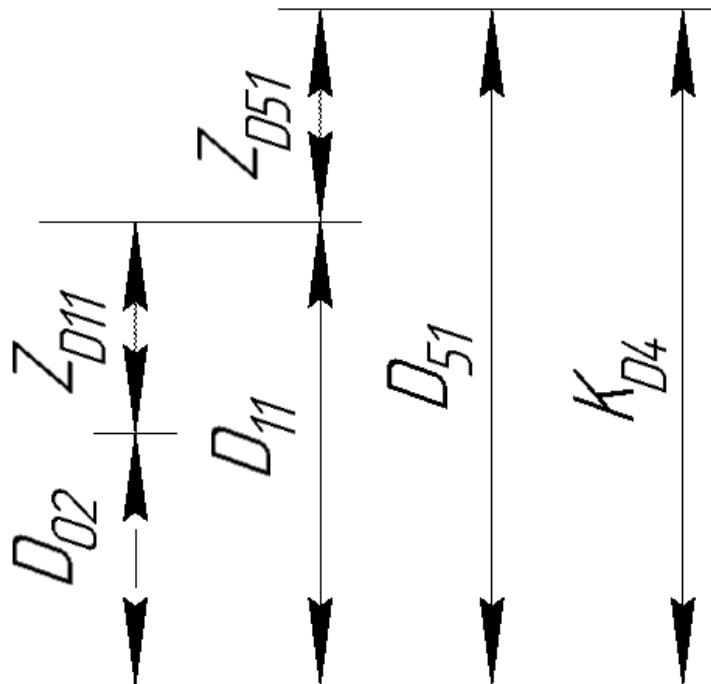


Рисунок 20 – Размерная схема обработки отверстия

Решение:

1) Определим среднее значение D_{51} :

$$D_{51}^c = D_{51} + \frac{HOD_{51} + BOD_{51}}{2} = 73 + \frac{0 + 0,74}{2} = 95,027 \text{ мм.}$$

2) Находим среднее значение z_{D51} :

$$z_{D51}^c = z_{D51 \min} + \frac{TD_{11} + TD_{51}}{2} = 0,218 + \frac{0,15 + 0,74}{2} = 0,218 + 0,445 = 0,663 \text{ мм.}$$

3) Определим среднее значение звена D_{11} :

$$D_{11}^c = D_{51}^c - z_{D51}^c = 73,37 - 0,663 = 72,707 \text{ мм.}$$

$$D_{11} = 72,707 \pm 0,075 \text{ мм.}$$

4) Определим фактическое значение припуска z_{D51} :

$$z_{D51} = D_{51} - D_{11\phi} = 73^{+0,74} - 72,632^{+0,15} = 0,368_{-0,15}^{+0,74} \text{ мм.}$$

Учитывая, что для размеров отверстий, формируемых механической обработкой, в качестве номинального принято брать наименьший предельный размер, запишем: $D_{11\phi} = 72,632^{+0,15} \text{ мм.}$

Далее рассмотрим размерную цепь D_{11}, D_{02}, z_{D11} .

1) Находим среднее значение z_{D11} :

$$z_{D11}^c = z_{D11 \min} + \frac{TD_{11} + TD_{02}}{2} = 0,593 + \frac{0,15 + 0,3}{2} = 0,593 + 0,225 = 0,818 \text{ мм.}$$

2) Определим среднее значение звена D_{02} :

$$D_{02}^c = D_{11}^c - z_{D11}^c = 72,707 - 0,818 = 71,889 \text{ мм.}$$

$$D_{02} = 71,889 \pm 0,15 \text{ мм.}$$

3) Определим фактическое значение припуска z_{D11} :

$$z_{D11} = D_{11} - D_{02\phi} = 72,632^{+0,15} - 71,739^{+0,30} = 0,893_{-0,30}^{+0,15} \text{ мм.}$$

Учитывая, что для размеров отверстий, формируемых механической обработкой, в качестве номинального принято брать наименьший предельный размер, запишем: $D_{02\phi} = 71,739^{+0,30} \text{ мм.}$

Расчет технологических диаметральных размеров двухзвенной цепи. Рассмотрим две двухзвенные размерные цепи на обработку канавки и произведем расчеты для них.

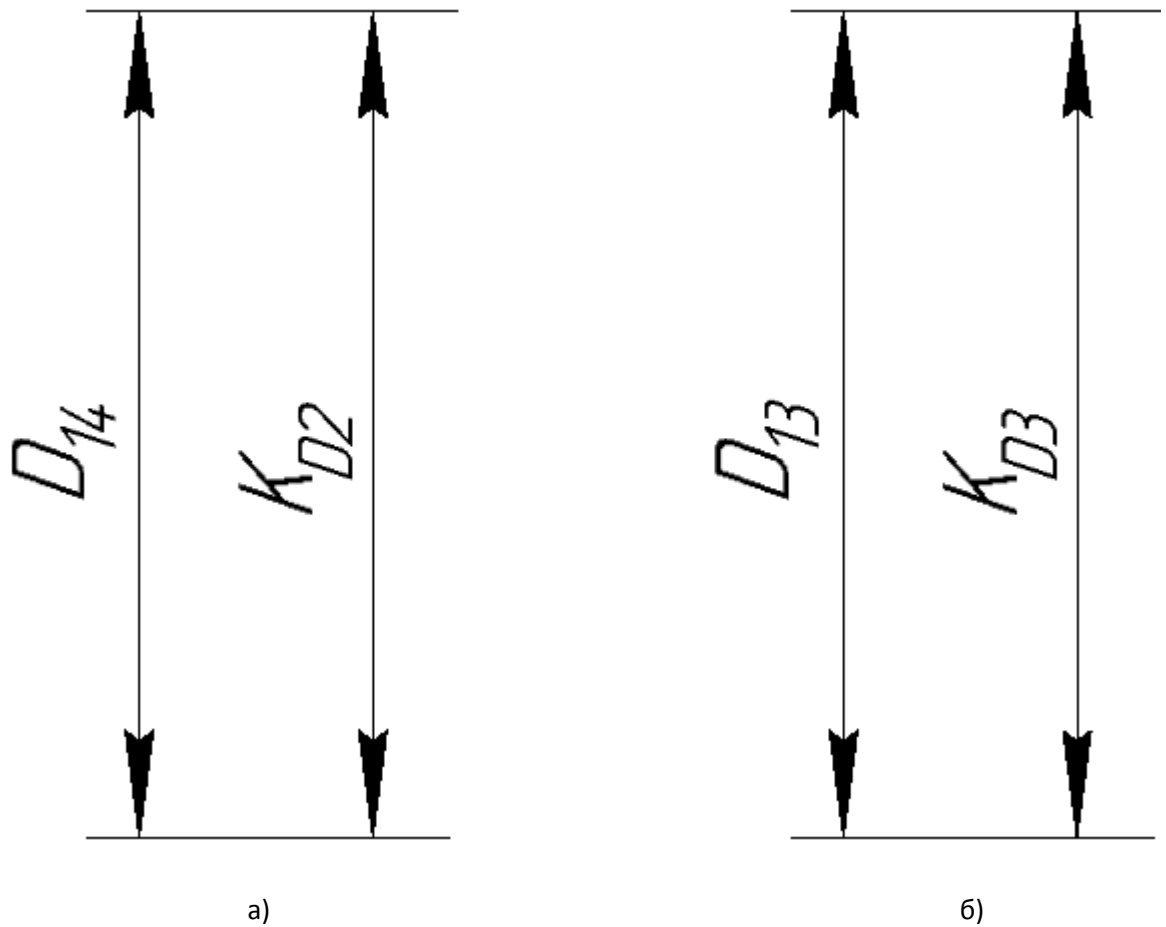


Рисунок 21 – Двухзвенные цепи

Рассмотрим рисунок 6а

Здесь $D_{14} = K_{D2} = 102^{+0,87}$, тогда рассчитаем среднее значение D_{14}

$$D_{14}^c = D_{14} + \frac{BOD_{14} + HOD_{14}}{2} = 102 + \frac{0,87 + 0}{2} = 102,435 \text{ мм}$$

$$D_{14} = 102,435 \pm 435 \text{ мм.}$$

Рассмотрим рисунок 6б

Здесь $D_{13} = K_{D3} = 98^{+0,87}$, тогда рассчитаем среднее значение D_{14}

$$D_{13}^c = D_{13} + \frac{BOD_{13} + HOD_{13}}{2} = 98 + \frac{0,87 + 0}{2} = 98,435 \text{ мм}$$

$$D_{14} = 98,435 \pm 435 \text{ мм.}$$

2.6. Определение допусков на технологические осевые размеры

Допуски на осевые размеры могут быть приняты равными по следующей формуле:

$$TA_i = \omega_c + \rho_{\text{и}} + \varepsilon_6 [9].$$

Определим допуски на осевые размеры, предварительно записав значения входящих слагаемых:

Таблица 4 – Определение допусков на осевые размеры

	ω_c , мм	$\rho_{\text{и}}$, мм	ε_6 , мм	Σ , мм
TA_{01}	0,12	0,01	0,220	0,35
TA_{02}	0,12	—	0,220	0,34
TA_{11}	0,12	—	—	0,12
TA_{12}	0,12	—	—	0,12
TA_{13}	0,12	—	—	0,12
TA_{14}	0,12	—	—	0,12
TA_{15}	0,12	—	—	0,12
TA_{16}	0,12	—	—	0,12
TA_{51}	0,12	—	—	0,12
TA_{52}	0,12	—	—	0,12
TA_{53}	0,12	—	—	0,12
TA_{54}	0,12	—	—	0,12
$TA_{11'}$	—	—	—	0,223

Особенность назначения допуска на размер $A_{11'}$ является то, что при обработке отверстия $\varnothing 73^{+0,74}$ происходят изменения продольных размеров фаски. Указанные изменения при угле фаски 45° могут быть приняты равными половине удаляемых при обработке припусков на диаметр $z_{D51}/2$.

2.7. Определение минимальных припусков на обработку плоскости

Формула для определения минимального припуска на обработку плоскости имеет следующий вид:

$$z_{i \min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1},$$

где

Rz – шероховатость поверхности, мкм (Приложение 2 [9]);

h – величина дефектного слоя поверхности, мкм (Приложение 2 [9]);

ρ – точность геометрической формы, мкм (Приложение 3 [9]).

Необходимо определить следующие припуски: $z_{01}, z_{11}, z_{13}, z_{51}, z_{52}$.

Запишем все величины из формулы в таблицу 5 для всех вышеизложенных припусков.

Таблица 5 – Определение минимального припуска на осевые размеры

	Rz , мкм	h , мкм	ρ , мкм	Σ , мкм
z_{01}	100	70	10	180
z_{11}	100	70	10	180
z_{13}	100	70	10	180
z_{51}	20	25	10	55
z_{52}	20	25	10	55

2.8. Расчет продольных технологических размеров

Перед началом расчета технологических размеров необходимо проанализировать технологические размерные цепи, замыкающими звеньями которых являются непосредственно не выдерживаемые конструкторские размеры и проверить возможность их обеспечения с требуемой точностью.

Для размерной цепи №1:

$$TK_1 = 0,58 \geq 0,12 = TA_{51};$$

Приравняем $TK_1 = TA_{51}$ для большей точности.

Для размерной цепи №2:

$$TK_2 = 0,4 \geq 0,36 = TA_{51} + TA_{52} + TA_{13};$$

Для размерной цепи №3:

$$TK_3 = 0,4 \geq 0,12 = TA_{14};$$

Для размерной цепи №4:

$$TK_4 = 0,4 \geq 0,343 = TA_{16} + TA'_{11};$$

Для размерной цепи №5:

$$TK_5 = 0,4 \geq 0,12 = TA_{15};$$

Для размерной цепи №6:

$$TK_6 = 0,4 \geq 0,12 = TA_{54};$$

Для размерной цепи №7:

$$TK_7 = 0,4 \geq 0,12 = TA_{53};$$

Убеждаемся, что спроектированный технологический процесс будет обеспечивать требуемую точность всех конструкторских размеров.

Рассмотрим двухзвенные цепи с конструкторскими размерами, а именно: №1, №3, №5, №6, №7.

$$A_{51} = K_1 = 8_{-0,12};$$

$$A_{14} = K_3 = 1 \pm 0,2;$$

$$A_{15} = K_5 = 0,5 \pm 0,2;$$

$$A_{54} = K_6 = 0,5 \pm 0,2;$$

$$A_{53} = K_7 = 0,5 \pm 0,2.$$

Перейдем к анализу двухзвенных цепей с припусками

№8

$$A_{01min} = z_{01min} = 0,18 \text{ мм};$$

$$A_{01max} = z_{01min} + TA_{01} = 0,18 + 0,35 = 0,53 \text{ мм};$$

$$A_{01}^c = \frac{A_{01min} + A_{01max}}{2} = \frac{0,18 + 0,53}{2} = 0,355 \text{ мм};$$

$$A_{01} = 0,355 \pm 0,175 \text{ мм}.$$

№9

$$A'_{11min} = z_{51min} = 0,055 \text{ мм};$$

$$A'_{11max} = z_{51min} + TA'_{11} = 0,055 + 0,223 = 0,278 \text{ мм};$$

$$A'_{11}^c = \frac{A'_{11min} + A'_{11max}}{2} = \frac{0,055 + 0,278}{2} = 0,167 \text{ мм};$$

$$A'_{11} = 0,167 \pm 0,111 \text{ мм}.$$

№10

$$A_{52min} = z_{52min} = 0,055 \text{ мм};$$

$$A_{52max} = z_{52min} + TA_{52} = 0,18 + 0,12 = 0,30 \text{ мм};$$

$$A_{52}^c = \frac{A_{52min} + A_{52max}}{2} = \frac{0,055 + 0,300}{2} = 0,178 \text{ мм};$$

$$A_{52} = 0,178 \pm 0,027 \text{ мм.}$$

Рассмотрим цепь №4 и найдем размер A_{16} . Среднее значение этого размера будет равно:

$$A_{16}^c = K_4^c + A_{11}'^c = 0,7 + 0,167 = 0,767;$$

Окончательно запишем $A_{16} = 0,767 \pm 0,06 \text{ мм.}$

Рассмотрим цепь №2 и найдем размер A_{13} . Среднее значение этого размера будет равно:

$$A_{13}^c = A_{52}^c + A_{51}^c - K_2^c = 0,178 + 7,94 - 2 = 6,12;$$

Окончательно запишем $A_{13} = 6,12 \pm 0,06 \text{ мм.}$

Рассмотрим цепь №11 и найдем размер A_{12} . Среднее значение этого размера будет равно:

$$A_{12}^c = z_{51}^c + A_{51}^c - A_{13}^c;$$

Для начала необходимо определить z_{51}^c

$$z_{51}^c = z_{51min} + \frac{TA_{13} + TA_{12} + TA_{51}}{2} = 0,055 + \frac{0,12 \cdot 3}{2} = 0,235 \text{ мм};$$

$$A_{12}^c = 0,235 + 7,94 - 6,12 = 1,64$$

Окончательно запишем $A_{12} = 2,05 \pm 0,06 \text{ мм.}$

Рассмотрим цепь №12 и найдем размер A_{11} . Среднее значение этого размера будет равно:

$$A_{11}^c = z_{13}^c + A_{13}^c + A_{12}^c;$$

Для начала необходимо определить z_{13}^c

$$z_{13}^c = z_{13min} + \frac{TA_{13} + TA_{12} + TA_{11}}{2} = 0,055 + \frac{0,12 \cdot 3}{2} = 0,235 \text{ мм};$$

$$A_{11}^c = 0,235 + 6,12 + 2,05 = 8,4$$

Окончательно запишем $A_{11} = 8,4 \pm 0,06 \text{ мм.}$

Рассмотрим цепь №13 и найдем размер A_{02} . Среднее значение этого размера будет равно:

$$A_{02}^c = z_{11}^c + A_{11}^c;$$

Для начала необходимо определить z_{11}^c

$$z_{11}^c = z_{11min} + \frac{TA_{11} + TA_{02}}{2} = 0,18 + \frac{0,12 + 0,34}{2} = 0,41 \text{ мм};$$

$$A_{02}^c = 0,41 + 8,4 = 8,81$$

Окончательно запишем $A_{02} = 8,81 \pm 0,06 \text{ мм}$.

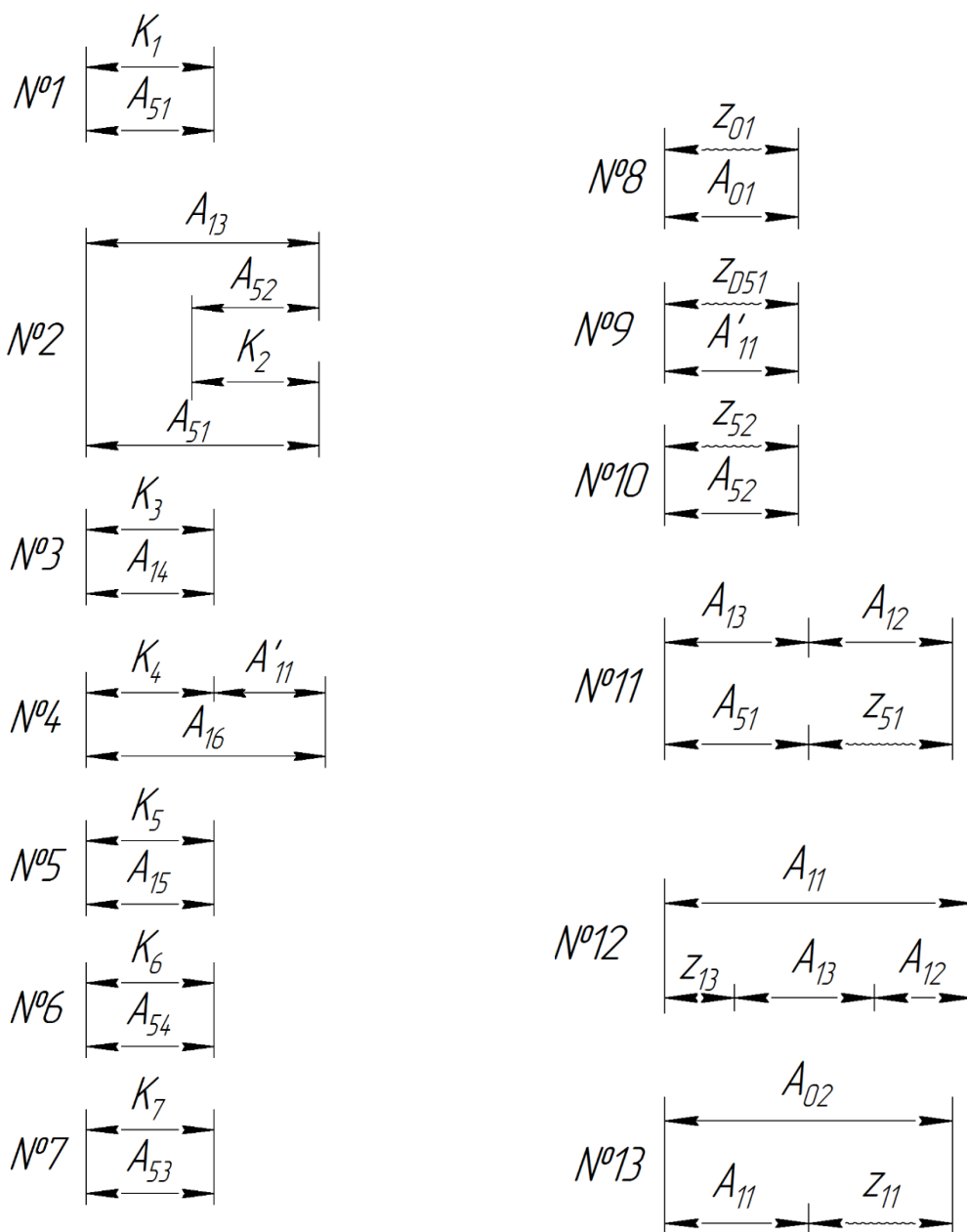


Рисунок 22 – Размерные цепи

Таблица 6 – Результаты решения

Обозначение технологического размера	Принятое номинальное значение и предельные отклонения технологического размера
A_{01}	$0,355 \pm 0,175$
A_{02}	$8,81 \pm 0,06$
A_{11}	$8,4 \pm 0,06$
A_{12}	$2,05 \pm 0,06$
A_{13}	$6,12 \pm 0,06$
A_{14}	$1 \pm 0,2$
A_{15}	$0,5 \pm 0,2$
A_{16}	$0,767 \pm 0,06$
A_{51}	$8_{-0,12}$
A_{52}	$0,178 \pm 0,027$
A_{53}	$0,5 \pm 0,2$
A_{54}	$0,5 \pm 0,2$
A'_{11}	$0,167 \pm 0,111$

Вывод

В ходе работы над технологической частью были выполнены следующие пункты: составлен технический маршрут обработки детали, построены размерная схема и граф-дерево, рассчитаны все диаметральные и осевые технологические размеры и значения их предельных отклонений.

3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Тема ВКР: Разработка конструкции технологического комплекса закалки деталей типа вал

Студенту:

Группа	ФИО
8Л5Б	Усенко Яков Алексеевич

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Материаловедения
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Материально-технические ресурсы: установка для получения закалки (486226р); компьютер (35000р); энергетические ресурсы: электрическая энергия (2,39р/КВт).
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	30% премии; 20% надбавки; 13,5% дополнительная заработная плата; 16% накладные расходы; 1,3 районный коэффициент.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды – 30%
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Разработка концепции проекта	Название, описание и актуальность проекта
2. Оценка конкурентоспособности проекта	Составление таблицы оценочной конкурентоспособности, составление многоугольника конкурентоспособности
3. Планирование проекта	Продолжительность каждого этапа проекта, составление графика Ганта
4. Оценка рисков проекта	Определение возможных рисков в проекте, составление матрицы рисков
5. Составление ответственности проекта <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Распределение ответственности на каждого участника проектной команды за выполнение отдельных этапов и задач проекта
6. Формирование бюджета на затраты проекта	Расчет затрат на материальные расходы, основную и дополнительную зарплаты, отчисления во внебюджетные фонды, накладные расходы
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Дерево целей проекта 2. SWOT анализ 3. Многоугольник конкурентоспособности 4. График Ганта 5. Матрица рисков 6. Матрица ответственности	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП.	Скаковская Наталия Вячеславовна	к.ф.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л5Б	Усенко Яков Алексеевич		

3.1. Разработка концепции проекта

1) Сформировать концепцию проекта

Результат этапа 1 представлен в таблице 1.

Таблица 7 – Концепция проекта

Наименование	Описание
Название проекта	Закалочная установка
Описание проекта	Установка для закалки деталей типа вал при подвижном индукторе и неподвижной заготовке
Актуальность проекта	Повышение механических свойств деталей (прочность и твердость)
Цель проекта	Разработка закалочной установки
Состав проектной группы	Усенко Я.А.

2) Построить дерево целей проекта

Результат этапа 2 представлен на рисунке 1.

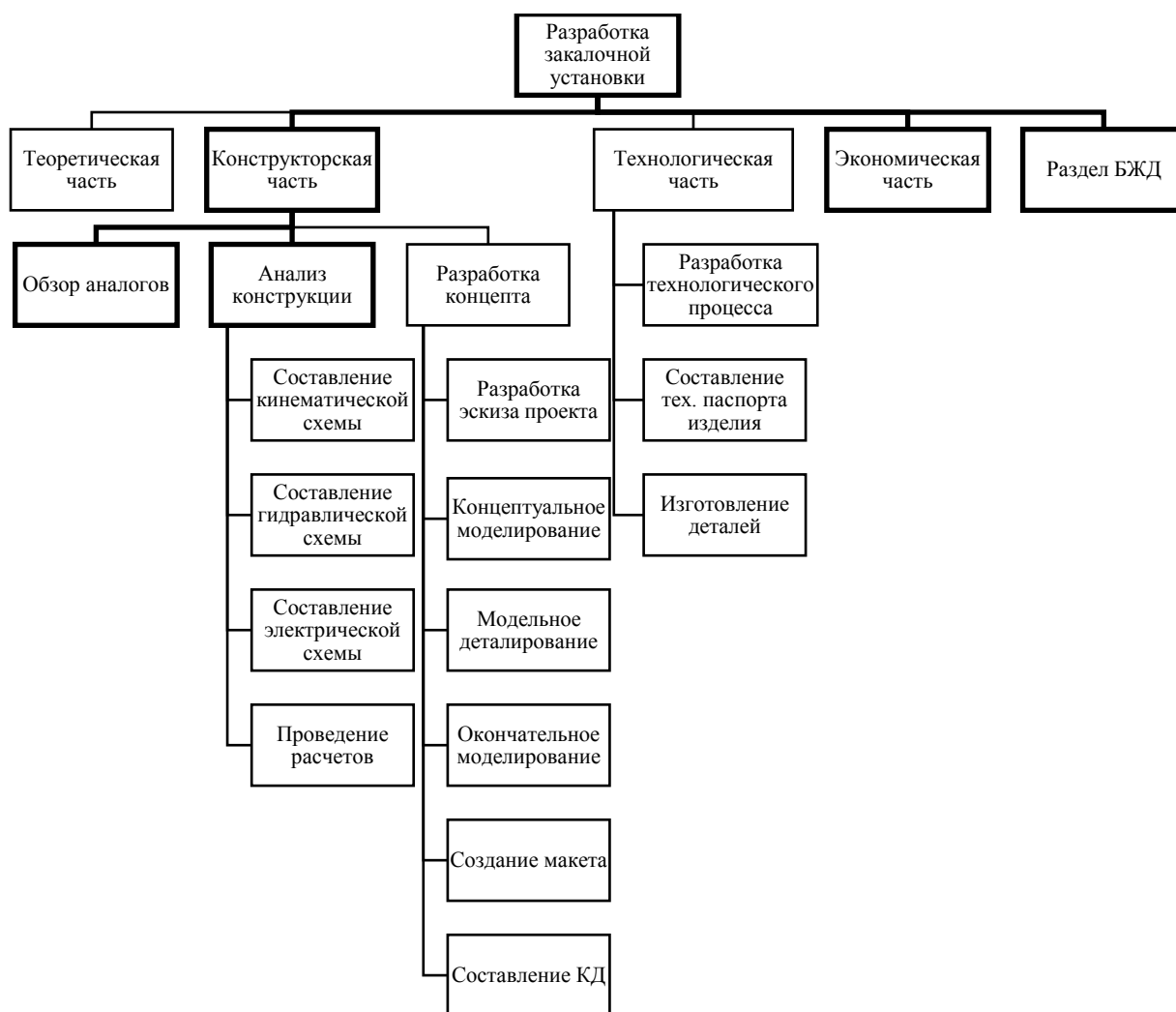


Рисунок 23 – Дерево целей проекта

3) Выполнить SWOT-анализ проекта

Результат этапа 3 представлен в таблице 2.

Таблица 8 – SWOT-анализ проекта

Внешние факторы		Внутренние факторы	
		Сильные стороны проекта: 1. Малые габариты 2. Высокая точность 3. Закалка больших заготовок 4. Получение высокой прибыли	Слабые стороны проекта: 1. Трудность проектирования 2. Сложность изготовления комплектующих деталей 3. Затраты на изготовление
	Возможности: 1. Отсутствие аналогов 2. Новые технологии закалки 3. Отсутствие выброса в окружающую среду вредных веществ	Получение новейшего, экологичного, высококачественного закалочного оборудования	Трудозатратный, дорогостоящий закалочный комплекс с использованием новых технологий
	Угрозы: 1. Высокая конкуренция 2. Малый спрос 3. Узкоспециализированное направление	Высокая конкуренция нивелируется сильными сторонами комплекса	Ввиду дороговизны и трудозатратности проекта может наблюдаться низкий спрос

3.2. Оценка конкурентоспособности экспертным методом

Методика оценки конкурентоспособности:

- ✓ Определить критерии конкурентоспособности, по которым будет производиться оценка
- ✓ Составить оценочную таблицу «Оценка конкурентоспособности» (таблица 9)
- ✓ Определить оценочную шкалу факторов конкурентоспособности (1-10-бальная шкала)
- ✓ Прописать по какому признаку будет присваиваться тот или иной балл
- ✓ Определить оценочную шкалу важности фактора (1-5-бальная шкала)
- ✓ Прописать по какому признаку будет присваиваться тот или иной балл
- ✓ Расставить баллы по всем факторам и по важности факторов
- ✓ Рассчитать весовой коэффициент по каждому фактору
- ✓ Умножить полученные весовые коэффициенты на оценку эксперта (от 1 до 10) и сумма полученных значений даст итоговую оценку эксперта
- ✓ По результатам расчетов сделать выводы и построить многоугольник конкурентоспособности (рисунок 24)

Таблица 9 – Оценка конкурентоспособности

№ п/п	Товары конкуренты	Факторы конкурентоспособности товаров						Итоговая оценка
		Цена	D _{max} заготовки	Дизайн	Обслуживание	H _{max} закалки (глубина)	L _{max} заготовки	
1	ООО «АМБИТ»	5,5/ 0,825	5,5/ 1,045	7,5/0,6	7,5/ 1,425	7,5/ 1,425	6,5/ 1,235	6,56
2	ООО «Магнит-М»	7/1,05	9/1,71	5,5/ 0,44	8/1,52	6/1,14	9,5/ 1,805	7,665
3	Проект	7,5/ 1,125	6,5/ 1,235	9,5/ 0,76	10/1,9	9,5/ 1,805	8/1,52	8,345
	b _i	4	5	2	5	5	5	26
	w _i	0,15	0,19	0,08	0,19	0,19	0,19	-

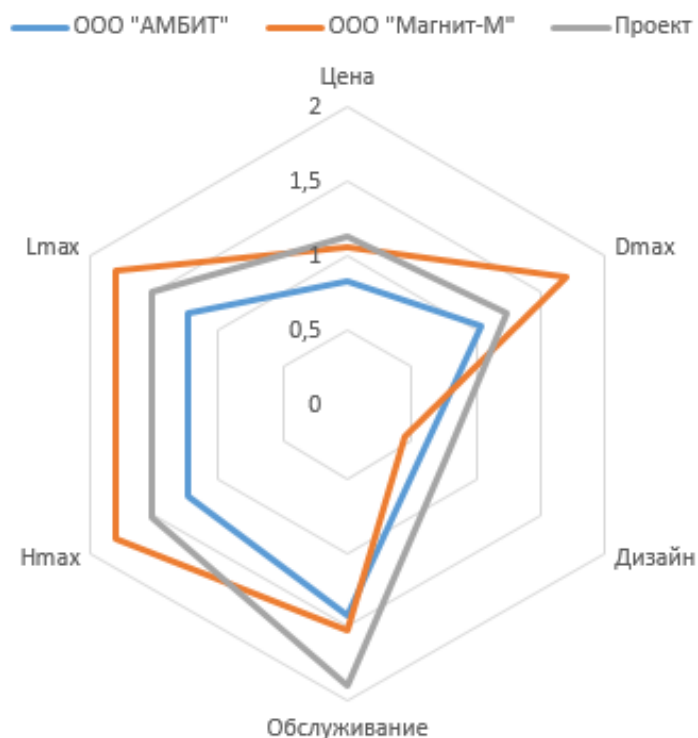


Рисунок 24 – Многоугольник конкурентоспособности

В ходе оценки конкурентоспособности проекта экспертным методом было выявлено, что проект уступает продукции некоторых конкурентов по техническим характеристикам (L_{max} , H_{max} , D_{max}), но при этом имеет свои преимущества перед ними (цена, обслуживание, дизайн). В целом проект имеет достаточно высокие показатели для успешной конкуренции с другими производителями закалочных установок.

3.3. Планирование проекта

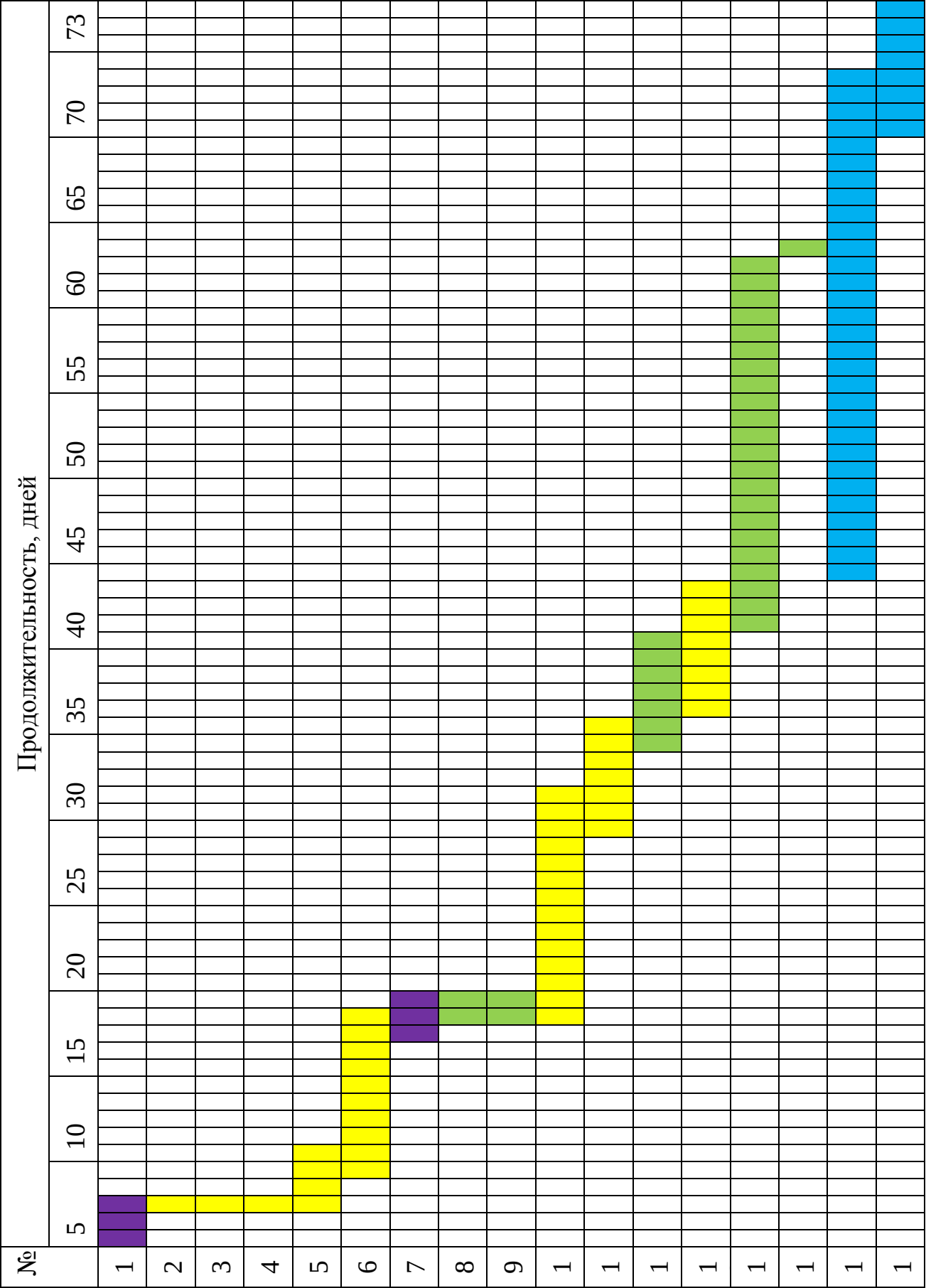
1) На основании задания №1 (дерево целей проекта) составлена табличная модель, определены основные параметры каждой работы проекта: ее номер, наименование, продолжительность, требуемые ресурсы для ее выполнения. Результаты сведены в таблицу 10.

Таблица 10 – Работы при реализации проекта

Номер	Наименование	Продолжительность, дней	Ресурсы
1	Обзор аналогов	3	Менеджер
2	Составление кинематической схемы	1	Конструктор
3	Составление гидравлической схемы	1	Конструктор
4	Составление электрической схемы	1	Конструктор
5	Разработка эскиза	4	Конструктор
6	Концептуальное моделирование	10	Конструктор
7	Экономическая часть	3	Менеджер
8	БЖД	2	Технолог
9	Произведение технических расчетов	2	Технолог
10	Модельное детализирование	14	Конструктор
11	Окончательное моделирование	7	Конструктор
12	Создание макета	7	Технолог
13	Составление КД	8	Конструктор
14	Составление тех. процесса	22	Технолог
15	Составление тех. паспорта	1	Технолог
16	Изготовление деталей	30	Рабочие
17	Сборка	8	Рабочие

2) На основании составленной табличной модели построен график Ганта (таблица 11).

Таблица 11 – График Ганта



	Менеджер
	Конструктор
	Технолог
	Рабочие

По итогам планирования с помощью графика Ганта был установлен предполагаемый срок выполнения проекта – 73 дня.

3.4. Оценка рисков проекта

Риск – это возможность наступления некоторого неблагоприятного события, влекущего за собой возникновение различного рода потерь. Единой классификации рисков проекта не существует. Можно выделить следующие основные группы рисков, присущие практически всем проектам: политические, экономические, социальные, технологические, экологические, финансовые, организационные, маркетинговые, кадровые, технические.

1) Определим основные группы рисков проекта, опишем, в чем заключается каждая группа рисков. Результат этапа 1 представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Определение рисков

№ п/п	Наименование риска	Описание риска
1	Политические	Введение санкций → отсутствие импортных материалов → приостановка производства
2	Экономические	Кризис → повышение стоимости сырья → повышение стоимости проекта → проблемы с продажами
3	Экологические	Выплаты штрафов за выбросы вредных веществ в окружающую среду → повышение стоимости изделия → проблемы с продажами
4	Технологические	Отсутствие оборудования для изготовления сложных деталей
5	Финансовые	Прекращение инвестирования проекта → приостановка производства
6	Организационные	Забастовка рабочих вследствие невыполнения обязанностей со стороны руководства → приостановка производства
7	Маркетинговые	Дезинформация о состоянии рынка со стороны конкурентов → проблемы с продажами
8	Кадровые	Низкая квалификация рабочих → повышение брака → увеличение стоимости изделия → проблемы с продажами

2) Выполним оценку вероятности риска по шкале вероятности риска (таблица 13) и шкале оценки уровня потерь (таблица 14). Результат этапа 2 представлен в таблицах 15 и 16.

Таблица 13 – Шкала оценки вероятности риска

Оценка вероятности риска	
Вероятность	Значение
Нулевая	Нет ни одного шанса, что данное событие произойдет.
Низкая	Вероятность того, что данное событие произойдет, лежит в диапазоне от 1 до 40%.
Средняя	Вероятность того, что данное событие произойдет, лежит в диапазоне от 41 до 70%.
Высокая	Вероятность того, что данное событие произойдет, лежит в диапазоне от 71 до 99%.

Таблица 14 – Шкала оценки уровня потерь

Оценка уровня потерь	
Уровень потерь	Значение
Нулевой	Даже если данное событие произойдет, то оно не повлечет за собой никаких потерь.
Низкий	Потери проекта в случае, если данное событие произойдет, незначительны, но заметны как для заказчика, так и для спонсора.
Средний	Потери проекта в случае, если данное событие произойдет, существенны, могут привести к нарушению приемных критериев заказчика, выходу за временные или бюджетные рамки.
Высокий	Потери проекта в случае, если данное событие произойдет, значительны, могут поставить проект под серьезную угрозу или полностью провалить его.

Таблица 15 – Оценка вероятности риска

№ п/п	Наименование риска	Оценка вероятности риска (низкая, средняя, высокая)
1	Политические	Низкая
2	Экономические	Средняя
3	Экологические	Средняя
4	Технологические	Низкая
5	Финансовые	Низкая
6	Организационные	Средняя
7	Маркетинговые	Низкая
8	Кадровые	Высокая

Таблица 16 – Оценка уровня потерь

№ п/п	Наименование риска	Оценка уровня потерь (низкий, средний, высокий)
1	Политические	Средний
2	Экономические	Высокий
3	Экологические	Низкий
4	Технологические	Средний
5	Финансовые	Высокий
6	Организационные	Средний
7	Маркетинговые	Низкий
8	Кадровые	Средний

3) Заполним таблицу «Матрица вероятности рисков/потерь» на основе выполненной оценки вероятности риска и уровня потерь.

Матрица вероятности рисков/потерь				
		Уровень потерь		
		Высокий	Средний	Низкий
Вероятность	Высокая		8	
	Средняя	2	6	3
	Низкая	5	1, 4	7

Красная область – высокий риск;

Желтая область – существенный риск;

Синяя область – умеренный риск;

Зеленая область – незначительный риск.

4) Разработаем мероприятия по снижению рисков. Результат этапа 4 представлен в таблице 17.

Таблица 17 – Основные мероприятия по снижению риска

№ п/п	Наименование риска	Мероприятия по снижению риска
1	Политические	Импортозамещение
2	Экономические	Использование более дешевых материалов или более выгодных поставщиков
3	Экологические	Использование экологичных материалов в процессе производства или более эффективной системы очистки
4	Технологические	Унификация деталей
5	Финансовые	Формирование резервного капитала или поиск новых инвесторов
6	Организационные	Равномерное распределение работы и

		заработной платы со стороны управляющих
7	Маркетинговые	Прием квалифицированных сотрудников
8	Кадровые	Проведение мероприятий для повышения квалификации сотрудников

3.5. Составление матрицы ответственности проекта

Матрица ответственности устанавливает степень ответственность каждого участника проектной команды за выполнение отдельных этапов и задач проекта.

Методика ARCI:

Ответственный (Accountable) – полностью отвечает за исполнение этапа/задачи, вправе принимать решения по способу реализации. В качестве ответственного за задачу может назначаться только один человек.

Исполнитель (Responsible) – исполняет задачу, не несет ответственность за выбор способа её решения, но отвечает за качество и сроки реализации. У каждой задачи должен быть хотя бы один исполнитель.

Консультант (Consult before doing) – оказывает консультации в ходе решения задач проекта, контролирует качество реализации.

Наблюдатель (Inform after doing) – может оказывать консультации в ходе решения задач проекта, не несет ответственности.

На основании задания №1 (дерево целей проекта) и №3 (работы при реализации проекта) составлена матрица ответственности проекта: составлен перечень работ, сформирован список участников проекта, распределена степень ответственности за каждый вид работ по участникам проекта. Результат представлен в таблице 18.

Таблица 18 – Матрица ответственности проекта

Перечень работ/ Участники проекта	Должность 1	Должность 2	Должность 3	Должность 4
Работа 1	И, О	К	К	
Работа 2	Н	И, О		
Работа 3	Н	И, О		

Работа 4	Н	И, О		
Работа 5	К	И, О		
Работа 6	К	И, О	Н	
Работа 7	И, О	Н	Н	
Работа 8	О	К	И	
Работа 9		К	И, О	
Работа 10	Н	И, О	К	
Работа 11	Н	И, О	К	
Работа 12	О	К	И	
Работа 13		И, О	Н	
Работа 14		Н	И, О	
Работа 15		К	И, О	
Работа 16		Н	О	И
Работа 17		Н	О	И

Примечание:

О – ответственный

И – исполнитель

К – консультант

Н – наблюдатель

Работа 1 – обзор аналогов

Работа 2 – составление кинематической схемы

Работа 3 – составление гидравлической схемы

Работа 4 – составление электрической схемы

Работа 5 – разработка эскиза

Работа 6 – концептуальное моделирование

Работа 7 – экономическая часть

Работа 8 – БЖД

Работа 9 – произведение технических расчетов

Работа 10 – модельное детализирование

Работа 11 – окончательное моделирование

Работа 12 – создание макета

Работа 13 – составление КД

Работа 14 – составление тех. процесса

Работа 15 – составление тех. паспорта

Работа 16 – изготовление деталей

Работа 17 – сборка

Должность 1 – менеджер

Должность 2 – конструктор

Должность 3 – технолог

Должность 4 – рабочие

3.6. Расчет затрат на проект

При планировании бюджета проекта необходимо учесть все виды расходов, которые связаны с его выполнением. Для формирования бюджета проекта используется следующая группа затрат

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

3.6.1. Расчет материальных затрат проекта

К материальным затратам относятся: приобретаемые со стороны сырье и материалы, сортовой прокат, стандартные изделия и т.п.

Таблица 19 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Алюминиевый профиль 40x40	м	5,5	485	2700
Алюминиевый профиль 40x80	м	30,6	820	25100
Алюминиевый профиль 80x80	м	17	1290	22000
Каретка HIWIN	шт.	4	3500	14000

Рельса HIWIN	м	5	6400	32000
Муфта	шт.	2	750	1500
Подшипниковая опора FK20	шт.	1	8100	8100
Подшипниковая опора FF20	шт.	1	2100	2100
Подшипниковая опора FK15	шт.	1	6200	6200
Насос Calpeda MXH 202	шт.	1	18000	18000
Шаговый двигатель PL86H75	шт.	2	3900	7800
Шаговый двигатель PL110H168	шт.	1	15500	15500
ШВП винт $\varnothing$ 20	м	1,2	5000	6000
ШВП винт $\varnothing$ 30	м	2,5	8000	20000
Гайка фланцевая $\varnothing$ 20	шт.	1	6200	6200
Гайка фланцевая $\varnothing$ 30	шт.	1	8700	8700
Листовой металл горячекатаный	м ²	1	2034	2034
Угловой соединитель 40x40	шт.	78	75,5	5889
Угловой соединитель 80x80	шт.	14	528,5	7399
Индуктор-спрейер	шт.	1	30000	30000

Трансформаторно-согласующее устройство	шт.	1	110000	110000
Преобразователь частоты	шт.	1	130000	130000
Крепеж	шт.	278	18	5004
Итого, руб.				486226

3.6.2. Основная заработная плата исполнителей проекта

Расчет включает в себя основную заработную плату $Z_{\text{осн}}$ и дополнительную заработную плату $Z_{\text{доп}}$

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}$$

Дополнительная заработная плата составляет 12-20% от $Z_{\text{осн}}$.

Основная заработная плата работника

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p,$$

где T_p – продолжительность работ, выполняемых исполнителем проекта, *раб. дн.* (табл. 5);

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

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, *руб.*;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года

при отпуске в 28 *раб. дней* $M=11$ месяцев, 5 – дневная неделя;

при отпуске в 56 *раб. дней* $M=10$ месяцев, 6 – дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей проекта, *раб. дн.*.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p,$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, *руб.*;

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

κ_d – коэффициент доплат и надбавок, принимаем 0,2;

κ_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Дополнительная заработная плата

$$З_{\text{доп}} = \kappa_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}},$$

где $\kappa_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,135).

Расчет заработной платы конструктора (пятидневная рабочая неделя)

$$З_m = З_{\text{тс}} \cdot (1 + \kappa_{\text{пр}} + \kappa_d) \cdot \kappa_p = 18000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 35100 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} = \frac{35100 \cdot 11}{365 - 117 - 28} = 1755 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_p = 1755 \cdot 33 = 57915 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{доп}} = \kappa_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,135 \cdot 57915 = 7818,53 \text{ руб.}$$

Расчет заработной платы технолога (пятидневная рабочая неделя)

$$З_m = З_{\text{тс}} \cdot (1 + \kappa_{\text{пр}} + \kappa_d) \cdot \kappa_p = 19000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 37050 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} = \frac{37050 \cdot 11}{365 - 117 - 28} = 1852,5 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_p = 1852,5 \cdot 32 = 59280 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{доп}} = \kappa_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,135 \cdot 59280 = 8002,8 \text{ руб.}$$

Расчет заработной платы менеджера (пятидневная рабочая неделя)

$$З_m = З_{\text{тс}} \cdot (1 + \kappa_{\text{пр}} + \kappa_d) \cdot \kappa_p = 20000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 39000 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} = \frac{39000 \cdot 11}{365 - 117 - 28} = 1950 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_p = 1950 \cdot 6 = 11700 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{доп}} = \kappa_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,135 \cdot 11700 = 1579,5 \text{ руб.}$$

Расчет заработной платы рабочего (шестидневная рабочая неделя)

$$З_m = З_{\text{тс}} \cdot (1 + \kappa_{\text{пр}} + \kappa_d) \cdot \kappa_p = 15000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 29250 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} = \frac{29250 \cdot 10}{365 - 117 - 56} = 1523,44 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_p = 1523,44 \cdot 32 = 48750,1 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{доп}} = К_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,135 \cdot 57915 = 6581,3 \text{ руб.}$$

Таблица 20 – Расчет заработной платы работников

Исполнитель проекта	З _{тс} , руб.	К _{пр}	К _д	К _р	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.	К _д	З _{доп} , руб.	Итого, руб.
Конструктор	18000	0,3	0,2	1,3	35100	1755	33	57915	0,135	7818,53	65733,53
Технолог	19000				37050	1852,5	32	59280		8002,8	67282,8
Менеджер	20000				39000	1950	6	11700		1579,5	13279,5
Рабочий	15000				29250	1523,44	32	48750,1		6581,3	55333,4

3.6.3. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды включают в себя установленные законодательством РФ нормы органов государственного социального страхования (ФСС), пенсионный фонд (ПФ) и медицинское страхование (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

На 2017 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212 – ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%.

В таблице 21 представлены результаты по расчету отчислений во внебюджетные фонды всех исполнителей проекта.

Таблица 21 – Отчисления во внебюджетные фонды

Таблица 21. Отчисления во внебюджетные фонды		
Исполнитель проекта	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Конструктор	57915	7818,53
Технолог	59280	8002,8
Менеджер	11700	1579,5
Рабочий	48750,1	6581,3
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Итого		
Конструктор	19720,1	
Технолог	20184,84	
Менеджер	3983,85	
Рабочий	16600	

3.6.4. Накладные расходы

Накладные расходы включают прочие затраты организации, которые не учтены в предыдущих статьях расходов: оплата услуг связи, электроэнергии, интернета и т.д.

Накладные расходы

$$З_{\text{нак}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot K_{\text{нр}},$$

где $K_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы, принимаем в размере 16%

$$Z_{нак} = (Z_{м} + Z_{осн} + Z_{доп} + Z_{внеб}) \cdot 0,16$$

$$Z_{нак} = (486226 + 177645,1 + 23982,13 + 60038,79) \cdot 0,16$$

$$= 119662,72 \text{ руб.}$$

3.6.5. Формирование затрат на проект

Определение бюджета на проект приведено в таблице 22.

Таблица 22 – Бюджет затрат на проектирование закалочной установки

Наименование	Сумма, руб.	В % к итогу
Материальные затраты проекта	486226	56,02
Затраты по основной зарплате	177645,1	20,48
Затраты по дополнительной зарплате	23982,13	2,7
Отчисления во внебюджетные фонды	60038,79	7
Накладные расходы	119662,72	13,8
Бюджет затрат на проектирование	867554,74	100

Бюджет всех затрат проекта равен 867554,74 *рублей*. Наибольший процент бюджета составляет материальные затраты проекта (56,02 %).

Вывод

В результате выполнения данного раздела 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 – 73 дня.

Бюджет затрат на реализацию проекта составил 867554,74 *рублей*. [10]

4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Студенту:

Группа	ФИО
8Л5Б	Усенко Якову Алексеевичу

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Материаловедения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Машиностроение

Тема ВКР:

Разработка конструкции технологического комплекса закалки деталей типа вал	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является место оператора – закалочный комплекс. Рабочее место состоит из закалочной установки и места для оператора. Область применения: термический цех завода.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: — специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; — организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	— ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ — ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ — ГОСТ Р 22.0.02-2016 — СП 52.13330.2016 — ГОСТ 30494-2011
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Анализ выявленных вредных факторов: — недостаточная освещенность рабочей зоны; — отклонение параметров микроклимата в помещении; — повышенный уровень шума
3. Экологическая безопасность:	— выбросы химикатов в атмосферу и гидросферу
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Чрезвычайная ситуация техногенного

	характера для места– пожар. Установка общих правил поведения и рекомендаций во время пожара, огнетушитель.
--	---

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Белоевко Е.В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л15Б	Усенко Яков Алексеевич		

Введение

В данном разделе рассматриваются вредные и опасные факторы, которые влияют на человека и окружающую среду в процессе проектирования, производства и эксплуатации закалочного комплекса для деталей типа «вал». Так же рассматриваются мероприятия по предотвращению и устранению несчастных случаев и чрезвычайных ситуаций, способы снижения вредных воздействий на окружающую среду и человека.

Инженерные разработки должны учитывать требования законодательных и правовых актов, технических регламентов в области безопасности производства, охраны труда и защиты окружающей среды.

В данной работе представлена закалочная установка для закалки деталей типа «вал». Установка служит для проведения закалочных операций, путем нагрева заготовки. Данная операция позволяет повысить твердость и прочность детали.

При проектировании, изготовлении и эксплуатации прибора возможно столкновение со множеством опасных работ, с риском получения вреда здоровью человека. Рассмотрим подробнее возможные опасности.

4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Для осуществления практической деятельности в области обеспечения безопасности жизнедеятельности необходимо соблюдение нормативов и правил ведения соответствующих работ, позволяющие их обеспечить. Соблюдение рабочего режима, правил ведения работ и т.д.

ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности - нормативный документ, устанавливающий допустимый уровень шума на рабочих местах производственных помещений. [11]

ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам - нормативный документ, определяющий общие требования, предъявляемые к безопасности производственного оборудования. [12]

ГОСТ Р 22.0.02-2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий» - нормативный документ, устанавливающий нормы безопасности при чрезвычайных ситуациях. [13]

СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Свод правил устанавливает нормы естественного, искусственного и совмещенного освещения зданий и сооружений. [14]

ГОСТ 30494-2011 Параметры микроклимата. Настоящий стандарт устанавливает параметры микроклимата обслуживаемой зоны помещений, а также качества воздуха в обслуживаемой зоне указанных помещений и устанавливает общие требования к оптимальным и допустимым показателям микроклимата и качеству воздуха. [15]

4.2. Описание рабочего места

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

В данной работе рассмотрен термический цех завода «ТЭТА», расположенный в поселке Лоскутово Томской области, и находящийся в нем закалочный комплекс.

При проектировании рабочего места для технологического комплекса закалки деталей типа «вал» должны быть учтены освещенность, влажность, шум, температура, наличие электромагнитных полей и другие санитарно-гигиенические требования к организации рабочего места.

При проектировании рабочего места необходимо уделить внимание охране окружающей среды, а именно организации безотходного производства.

Также необходимо учесть возможность чрезвычайных ситуаций. Так как рабочее место находится в Томске, наиболее типичной ЧС является мороз, низкие температуры.

4.2.1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

Таблица 23 – Вредные и опасные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата от нормы	+	+	+	ГОСТ 30494-2011 Параметры микроклимата
2. Наличие производственного шума		+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и
3. Недостаточная освещённость		+	+	искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* ГОСТ 12.1.003-2014 Параметры шума

В дальнейшем анализе будем рассматривать этап «Эксплуатация»

4.2.2. Микроклимат

Микроклимат в производственных условиях определяется следующим параметрами:

1. Относительная влажность воздуха;
2. Скорость движения воздуха;
3. Температура воздуха.

Основными источниками отклонения показателей в микроклимате будут: токарные, фрезерные и сверлильные станки, камерные печи для термообработки, находящиеся на территории завода.

Повышенная влажность воздуха ($\phi > 85\%$) затрудняет терморегуляцию организма, т.к. происходит снижения испарения пота, а пониженная влажность ($\phi < 20\%$) вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей.

Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 1 [ГОСТ 12.1.005-88].

Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей микроклимата в холодный период года системы отопления: газовые дровяные или угольные печи, системы централизованного водяного отопления, чтобы не было охлаждения. В теплый период года необходимо предусмотреть защиту от попадания прямых солнечных лучей.

Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа, относящаяся к инженерам, относится к категории легких работ. Допустимые значения микроклимата для этого случая даны в таблице 24.

Таблица 24 – Требования к микроклимату

Период года	Категория работы	Температура, °C	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Легкая Ia	22 – 24	40 – 60	≤ 0.1
Теплый	Легкая Ia	23 – 25	40 – 60	≤ 0.1

Одними из основных мероприятий по оптимизации микроклимата и состава воздуха в производственных помещениях являются обеспечение надлежащего воздухообмена и отопления, тепловая изоляция нагретых поверхностей оборудования, воздухопроводов и гидротрубопроводов.

4.2.3. Производственный шум

Основными источниками производственного шума на территории завода являются: токарные, фрезерные, строгальные и сверлильные станки.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 80 дБА.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть средства коллективной защиты (СКЗ) и средства индивидуальной защиты (СИЗ).

СКЗ

- устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
- изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения;
- применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения.

СИЗ

- респираторы и ватно-марлевые повязки;
- для защиты рук от перегрева использовать термоперчатки.

4.2.4. Недостаточная освещенность

Согласно ВСН 196-83 в термическом цеху освещенность должна составлять 10 Лк.

Проведем расчет общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности методом коэффициента светового потока, учитывая световой поток, отраженный от потолка и стен. Длина рабочего места $A = 4\text{м}$, ширина $B = 3\text{м}$, высота $h = 4,5\text{м}$. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 1,5\text{м}$.

Площадь помещения:

$$S = A \cdot B,$$

где

A — длина, м;

B — ширина, м.

$$S = 4 \cdot 3 = 12 \text{ м}^2.$$

Коэффициент отражения темно-покрашенных стен $p_c = 10\%$, потолка $p_n = 30\%$. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для промышленных помещений $K_z = 1,8$. Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп $Z = 1$.

Выбираем лампу дневного света типа ЛДЦ, световой поток которой равен $\Phi_{\text{л}} = 600 \text{ Лм}$.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОД. Этот светильник имеет 2 лампы мощностью 30 Вт каждая, длина светильника $a = 933 \text{ мм}$, ширина $b = 204 \text{ мм}$.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников без защитной решетки имеет значение $\lambda = 1,4$. Расстояние светильников от перекрытия $h_n = 0,5 \text{ м}$.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h_{\text{рп}} = H - h_n - h_p,$$

где

H — наименьшая допустимая высота подвеса над полом

h_n — высота подвеса светильника,

h_p — высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильника типа ОД: $H = 3,5 \text{ м}$.

Рассчитаем высоту светильника над рабочей поверхностью:

$$h_{\text{рп}} = H - h_n - h_p = 3,5 - 0,5 - 1,5 = 1,5 \text{ м}.$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 1,5 = 2,1 \text{ м}$$

Число рядов светильников в помещении:

$$Nb = \frac{B}{L} = \frac{3}{2,1} \approx 1$$

Число светильников в ряду:

$$Na = \frac{A}{L} = \frac{4}{2,1} \approx 2$$

Общее число светильников:

$$N = Na \cdot Nb = 1 \cdot 2 = 2$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$l = \frac{L}{3} = \frac{2,1}{3} = 0,7 \text{ м}$$

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{4 \cdot 3}{4,5 \cdot (4 + 3)} = 0,4$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОД с люминесцентными лампами при $p_{\text{п}} = 30\%$, $p_{\text{с}} = 10\%$ и индексе помещения $i = 0,3$ равен $\eta = 23\%$.

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{п}} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{n \cdot \eta} = \frac{10 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 1,8 \cdot 1,1}{2 \cdot 0,23} = 516 \text{ Лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{600 - 516}{600} \cdot 100\% = 14\%.$$

Таким образом: $-10\% \leq 14\% \leq 20\%$, необходимый световой поток.

4.3. Экологическая безопасность

Данный закалочный комплекс оказывает негативное воздействие на атмосферу и гидросферу. На литосферу комплекс никакого воздействия не оказывает.

Во время проведения закалочных работ для охлаждения заготовки подается охлаждающая жидкость. Во время испарения данной жидкости происходит выброс токсичных химикатов в атмосферу, тем самым пагубно влияя на дыхательные органы человека.

Также после проведения закалочной операции охлаждающую жидкость сливают в канализацию. Так как в ее состав входят токсичные вещества, это пагубно влияет на гидросферу.

Для защиты окружающей среды от негативного воздействия закалочного комплекса на атмосферу и гидросферу необходимо принять следующие меры:

- Установка герметичной конструкции для предотвращения распространения токсичных веществ при испарении охлаждающей жидкости;
- Установка фильтров для очищения охлаждающей жидкости при сливе в канализацию

4.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При эксплуатации закалочного комплекса возможна следующая ЧС - возникновение пожара. Возгорание комплекса практически невозможно, однако вероятность возникновения пожара в цеху завода обуславливается следующими факторами: возникновение короткого замыкания в электропроводке вследствие неисправности самой проводки или электросоединений и электrorаспределительных щитов. Для защиты и уменьшения вреда жизни, здоровью и окружающей среде из-за пожара необходимо выполнять комплекс профилактических мероприятий, направленных на предупреждение или устранение пожара.

К пожарно-профилактическим мероприятиям относятся:

- надзор за выполнением правил технической эксплуатации устройства;
- проверка наличия и исправности первичных средств пожаротушения;
- прохождение противопожарного инструктажа.

При возникновении пожара нужно, прежде всего, вызвать пожарную команду, обеспечить полную эвакуацию людей из помещения, где возник пожар, и принять меры по ликвидации пожара с помощью первичных средств пожаротушения. В случае неисправности устройства или аварии необходимо её устранить и сообщить в соответствующие службы. В соответствии с правилами, разработанное устройство, относится к наименее опасной категории с пониженной пожароопасностью, потому что оно не имеет горючих веществ, и все рабочие узлы и материалы находятся в относительно холодном состоянии.

Вывод

Анализ вредных и опасных факторов в данной работе может быть использован в реальных условиях проектирования, изготовления и эксплуатации закалочного комплекса. Проект отвечает всем требованиям и нормам безопасности в случае соблюдения всех необходимых мер по предотвращению опасных ситуаций и вредных воздействий на человека и окружающую среду.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была исследована конструкция технологического комплекса для закалки деталей типа «вал» согласно заданиям конструкторского, технологического раздела, а также разделов финансового менеджмента и социальной ответственности.

При выполнении конструкторской части был проведен литературный обзор аналогичных способов термообработки деталей типа «вал», в следствие чего был выбран способ обработкой ТВЧ. Поэлементно рассмотрен концепт закалочного комплекса с наглядными иллюстрациями. Описан пошагово полный цикл работы закалочного комплекса. Использовалась трехмерная модель, разработанная в программной среде SolidWorks. Построена гидравлическая и кинематическая схемы установки. Рассчитан минимально допустимый диаметр ШВП винта.

При выполнении технологической части данная деталь типа «фланец» была исследована на технологичность, после чего был составлен технологический маршрут обработки детали, составлены размерная схема и граф-дерево, и рассчитаны все технологические размеры на обработку детали.

При выполнении раздела финансового менеджмента был проведен анализ конкурентоспособности проекта, произведено планирование. Также был рассчитан бюджет на реализацию проекта, который составил 867554,74 рублей.

При выполнении раздела социальной ответственности были рассмотрены возможные опасные и вредные факторы при проектировании, изготовлении и эксплуатации закалочного комплекса, а также приведены меры по их устранению и предотвращению.

Список литературы

1. ГОСТ 15150-88 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических условий.
2. Блантер М.Е. Металловедение и термическая обработка. Учебное пособие. – Москва: Изд. Машгиз, 1963. – 416 с.
3. Натапов Б.С. Термическая обработка металлов. Учебное пособие для вузов. – Киев: Изд. Вища школа, 1980. – 288 с.
4. Овчинников, В. В. Оборудование термических цехов. Учебное пособие. – Москва: Изд. ИД Форум, 2014. – 368 с.
5. Расчет шарико-винтовой передачи [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
https://studbooks.net/1429376/tovarovedenie/raschyotno_konstruktorskaya_chast. – (Дата обращения 07.03.2019).
6. Каталог ШВП винтов HIWIN [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.hiwin.com.ru>. – (Дата обращения 07.03.2019).
7. Передача винт-гайка. Учебное пособие [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://nizrp.narod.ru/metod/kokmisap/12.pdf>. – (Дата обращения 07.03.2019).
8. Анализ технологичности детали [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://megaobuchalka.ru/>. – (Дата обращения 12.03.2019).
9. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей. Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. – 100 с.
10. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2014. – 36 с.
11. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.
12. ГОСТ 12.2.061-81 Оборудование производственное. Общие требования к рабочим местам.

13. ГОСТ Р 22.0.02-2016 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

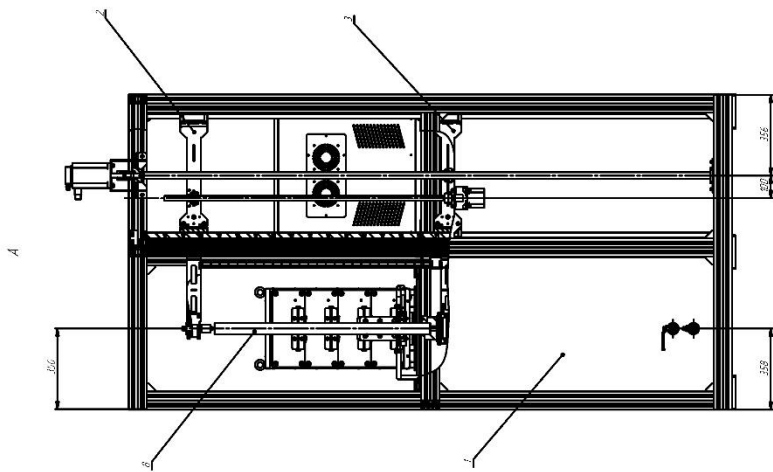
Термины и определения.

14. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.

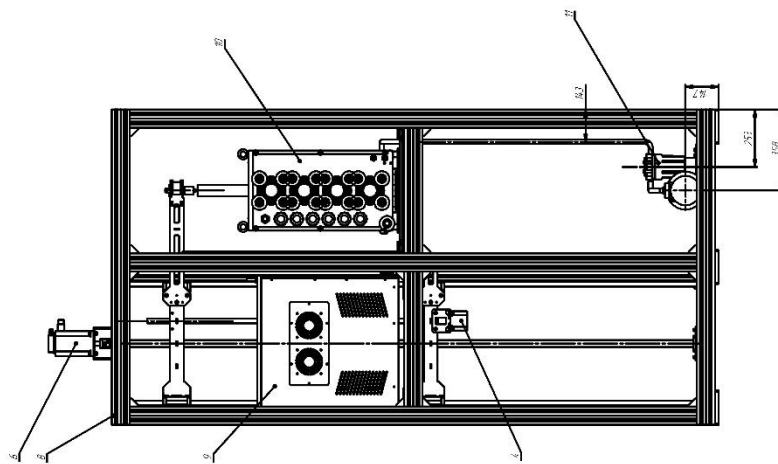
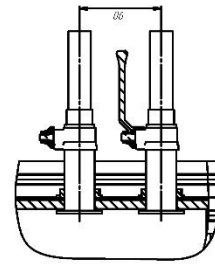
15. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.

Приложение 1

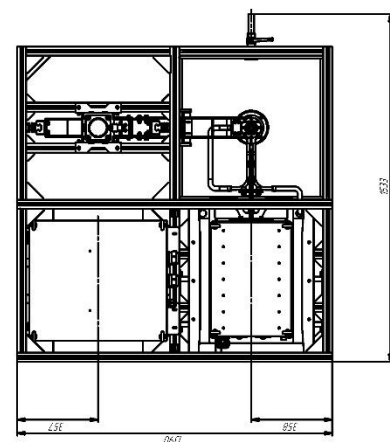
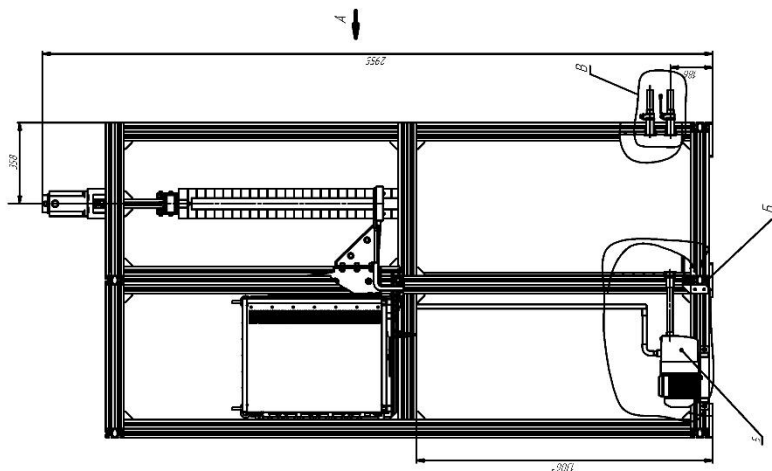
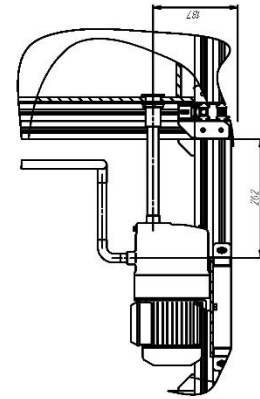
[illegible]



В (1:25)

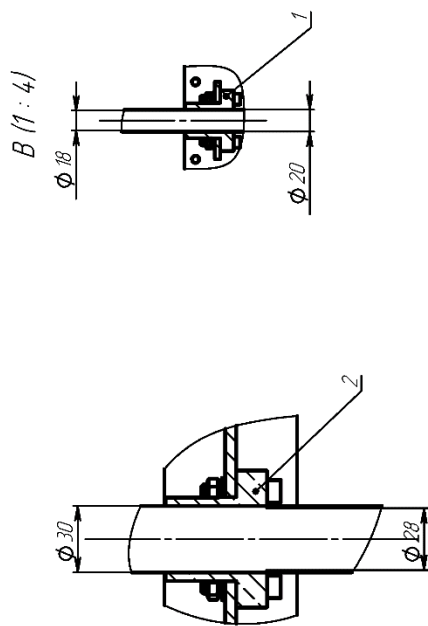


Б (1:5)



Уменьшение изображения:
 Диаметр вала шпинделя - 15 мм
 Диаметр вала шпинделя - 15 мм
 Диаметр вала шпинделя - 15 мм
 Диаметр вала шпинделя - 15 мм
 Диаметр вала шпинделя - 15 мм
 Диаметр вала шпинделя - 15 мм
 Диаметр вала шпинделя - 15 мм
 Диаметр вала шпинделя - 15 мм

ИЗМ.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
ИЗМ.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

5 (1:2)

1. Размеры указанные в скобках являются минимальными

Инв. № подл.	Идент. и дата	Взам. инв. №	Инв. № подл.
--------------	---------------	--------------	--------------

Формат А3

Копирован

Сборка кареток

Формат	Зона	Изготовитель	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		1	А ИМД 02.00.00	Каретка верхняя	1	
		2	А ИМД 03.00.00	Каретка нижняя	1	
		3	А ИМД 04.00.00	Прибор каретки	1	
		4	А ИМД 05.00.00	Механизм зажима	1	

Верхняя и нижняя каретки		Лист		Масса	Масштаб
				65.92	1:10
		Лист		Листов 1	

Формат АЗ

Конуробдан

Горка кареток