

Школа ИШНПТ

Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение

Отделение школы (НОЦ) Материаловедение

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Оптимизация режимов виброабразивной обработки деталей сложной конфигурации
УДК <u>621.923-045.79</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А6В	Русин Александр Александрович		05.06.2020

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШНПТ	Гаврилин А.Н.	к.т.н.		05.06.2020

#### Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ИШНПТ	Кувшинов К.А.			05.06.2020

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кащук Ирина Вадимовна	к.т.н., доцент		05.06.2020

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна			05.06.2020

### 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 (выпускник должен быть готов)
<i><b>Профессиональные компетенции</b></i>	
Р1	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; 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.
Р2	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.
Р3	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.
Р4	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.
Р5	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.

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, 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
P7	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
P8	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы, составлять и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования, 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.
<b>Универсальные компетенции</b>	
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.

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) Материаловедение

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      Ефременков Е.А.  
(Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
4А6В	Русин Александр Александрович

Тема работы:

Оптимизация режимов виброабразивной обработки деталей сложной конфигурации	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.02.2020 №59-67/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2020
--	------------

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><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></p>	<p>Объект исследования: вибрационный источник сейсмических сигналов.</p> <p>Чертеж делали типа «корпус».</p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><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></p>	<p>Литературный обзор вибрационных характеристик и методов обработки: сущность метода, разновидности вибрационных станков, сравнение вибрационных характеристик; составление технологического процесса изготовления детали конструкции; разработка раздела финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения; разработка раздела социальной ответственности; заключение по работе</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация на 16 листах</p>

<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
<b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>	Кащук Ирина Вадимовна
<b>Социальная ответственность</b>	Черемискина Мария Сергеевна
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>16.12.2019</p>
--	-------------------

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ст. преподаватель ИШНПТ	Кувшинов К.А.			16.12.2019

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4А6В	Русин Александр Александрович		16.12.2019

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 144 с., 51 рис., 38 табл., 25 источника, 8 прил.

Ключевые слова: вибрация; виброударные системы; динамическое воздействие; вибрационные характеристики; вибрационная обработка.

Объектом исследования является вибрационная обработка для улучшения качества поверхности детали сложной конфигурации.

Цель работы – провести анализ влияния вибрационных характеристик на процесс виброобработки, а также найти оптимальные значения характеристик для тех или иных задач.

В процессе работы произведен литературный обзор и выполнен анализ влияния вибрационных характеристик на процесс виброобработки, разработан технологический маршрут детали типа «корпус» с расчетом всех технологических размеров.

Степень внедрения: финишные операции изготовления детали.

Область применения: изготовление детали с большими требованиями поверхностного слоя

Экономическая эффективность/значимость работы: благодаря анализу влияния вибрационных характеристик на процесс виброобработки возможно получить оптимальные значения для улучшения качества поверхности детали, что приведет к уменьшению времени на финишную операцию. Простота процесса позволяет без трудностей справиться с процессом виброобработки не имея специальных навыков.

В будущем планируется: создать 3D-модель вибрационного станка; изготовить, собрать и протестировать вибрационный станок при определённых вибрационных характеристиках, полученных при анализе.

## Оглавление

Введение.....	9
1 Конструкторская часть .....	11
1.1 Метод обработки и анализ существующих конструкций.....	11
1.2 Влияние амплитуды на съём металла и качество поверхности детали..	18
1.3 Влияние частоты на съём металла и качество поверхности детали .....	21
1.4 Влияние времени обработки на съём металла и качество поверхности детали .....	22
1.5 Влияние вибрационной обработки на точность размеров, полученных при обработке деталей на станках.....	23
1.6 Влияние галтовочных материалов на съём металла и качество поверхности детали.....	25
1.7 Влияние СОЖ на съём металла и качество поверхности детали.....	28
1.8 Стенд для виброабразивной обработки .....	30
1.9 Заключение .....	33
2 Технологическая часть .....	34
2.1 Анализ технологичности детали .....	34
2.2 Технологический маршрут.....	36
2.3 Расчет диаметральных технологических размеров .....	42
2.4 Расчет продольных технологических размеров.....	51
2.5 Выбор режущего инструмента и расчет режимов резания.....	62
2.6 Выбор оборудования .....	75
2.7 Нормирование .....	79
2.8 Заключение .....	82
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	84
3.1 Анализ конкурентных технических решений .....	84

3.2 SWOT-анализ.....	86
3.3 Планирование научно-исследовательских работ .....	88
3.4 Бюджет исследовательской работы .....	95
3.5 Определение ресурсоэффективности исследования .....	102
3.6 Вывод.....	105
4 Социальная ответственность .....	108
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ....	109
4.2. Производственная безопасность .....	111
4.3 Экологическая безопасность.....	117
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	120
4.5 Вывод.....	122
Заключение .....	123
Список литературы .....	125
Приложение А – Гидравлическая схема.....	128
Приложение Б – Спецификация .....	130
Приложение В – Чертеж детали “Корпус” .....	133
Приложение Г – Размерная схема .....	135
Приложение Д – Граф дерево .....	137
Приложение Е – Расчетно-технологическая схема .....	139
Приложение Ж – Карта наладки.....	141
Приложение З – Операционная карта .....	143



## Введение

Надежность и ресурс силовых двигателей современных летательных аппаратов, их двигателей и агрегатов в процессе эксплуатации обеспечивается не только рациональной конструкцией деталей и высоким качеством материалов, применяемых для их изготовления, но в значительной мере определяются качеством обработанных поверхностей, которые зависят от принятой технологии изготовления.

Технические условия изготовления силовых деталей предусматривают снятия дефектных слоев, обеспечения низкой шероховатости поверхности и технологических концентраторов напряжений, обеспечиваемых, как правило, чистовыми и финишными операциями. Так как многие детали отличаются сложностью форм, финишные или чистовые виды обработки на металлорежущих станках в большинстве случаев оказываются практически невозможными. Поэтому при выполнении финишных операций значительный объем шлифовальных и полированных работ выполняется вручную с помощью абразивных полировальных кругов, закрепляемых на пневматических фортунах.

При этом ручные операции не обеспечивают стабильного качества поверхностного слоя. Механизировать выполнение отделочных операций можно путем применения объемной виброабразивной обработки, которая находит все больше применение в отечественном и зарубежном машиностроении.

Надежность и долговечность работы машин и механизмов в значительной мере определяется качеством обработки деталей, технологией их производства, поэтому становятся понятными высокие требования, предъявляемые к финишным операциям, которые, в основном, ответственны за формирование качества поверхности деталей. В этой связи задача технологического обеспечения функциональных параметров качества обрабатываемых деталей является актуальной.

К финишным методам относится вибрационная обработка деталей в различных средах, обеспечивающая создание требуемой шероховатости и физико-механических свойств поверхности и поверхностных слоев. Внедрение вибрационных методов обработки способствует интенсификации различных процессов, повышает уровень механизации и автоматизации трудоемких работ.

# 1 Конструкторская часть

## 1.1 Метод обработки и анализ существующих конструкций

Сущность метода вибрационной обработки заключается в том, что обрабатываемые детали и обрабатывающая абразивная среда помещаются в контейнер, которому сообщаются гармонические колебательное движение. Под действием вибрации обрабатывающая среда приобретает свойство текучести и перемещается в контейнере во взвешенном состоянии. Это дает возможность абразивным частицам скользить по поверхностям обрабатываемых деталей, а также проникать в труднодоступные участки детали и производить их всестороннюю обработку. В результате соударения частиц рабочей среды с поверхностями обрабатываемых деталей происходит съем мельчайших частиц металла и сглаживании микронеровностей путем их пластического деформирования.

При работе вибрационного станка гранулы, входящие в контакт с поверхностью контейнера, получают от него силовые импульсы. От нижнего слоя импульсы передаются вышележащим слоям абразивных гранул. При наличии сил трения и необратимых деформаций импульсы по мере передачи их от слоя к слою постепенно ослабляют, причем степень их затухания определяется характером и величиной силовых импульсов, создаваемых контейнером. При дальнейшем перемещении контейнера в движение вовлекаются вышележащие слои и т.д., до тех пор, пока вся масса груза не приходит в движение.

Контейнер вибрационного станка совершает сложное колебательное движение: поступательное в двух взаимно перпендикулярных направлениях и вращательное вокруг центра тяжести системы, поэтому масса абразивных гранул совершает вращательное движение по определенным траекториям.

На траекторию движения абразивной среды будет влиять форма контейнера, а также расположение несбалансированных грузов относительно контейнера.

К числу основных параметров вибрационного процесса относятся траектории движения рабочего контейнера и частиц рабочей среды в нем, их скорость и ускорения, от которых будут зависеть силы микроударов и контактные давление рабочей среды на поверхность детали, а так же температура в зоне микроударов и средняя температура в рабочем контейнере.

Вибрационная обработка широко используется для выполнения таких операций, как очистка от окалины, коррозии, нагара и других загрязнений литых, штампованных и термообработанных деталей. Она с успехом применяется на операциях удаления облоя и заусенцев, скругления острых кромок и получение радиусов, шлифования и полирования сложнофасонных поверхностей. Ударный характер воздействия рабочей среды по поверхностям детали способствует повышению микротвердости слоя металла и созданию в нем сжимающих остаточных напряжений, а так же уменьшает или полностью ликвидирует концентраторы напряжения.

Вибрационную обработку деталей укреплено можно разделить на три способа.

Первый способ. Обработка деталей “в навал”, когда рабочая среда и детали свободно перемещаются в контейнере вибрационного станка относительно друг друга.

Второй способ. Обработка деталей с закреплением их внутри контейнер. В этом случае детали совершают движением по траектории контейнера, а рабочая среда обтекает их, совершая движение в зависимости от формы рабочего контейнера и закономерности его движения, заданного вибратором. Для равномерной обработки поверхностей необходимо предусмотреть в конструкции приспособления возможность поворота обрабатываемой детали.

Вибрационная обработка с закреплением деталей на подвижной части вибрационного станка позволяет упрочнять и шлифовать детали самых различных форм и размеров, исключая возможность их соударения и образования забоин, что может наблюдаться при обработке “в навал”.

Третий способ. Обработка деталей с закреплением их на манипуляторе (рисунок 1.1.1). Этот способ применяется для вибрационной обработки легких деталей с весьма сложными конструктивными формами, тонкими стенками и ребрами, а также для интенсификации процесса вибрационной обработки. В этом случае манипулятору сообщают самостоятельное, независимое от контейнера движение.

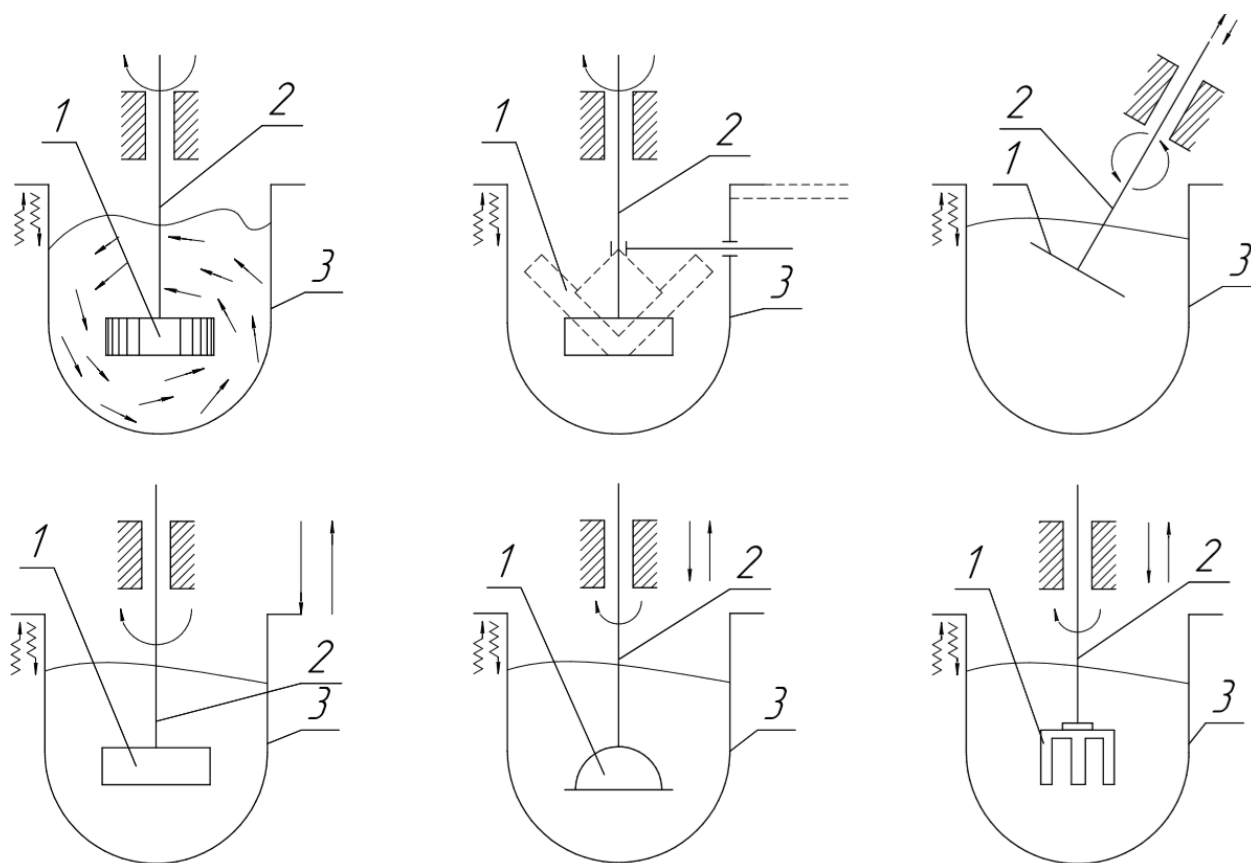


Рисунок 1.1.1 - Схемы движений обрабатываемой детали, закрепленной на манипуляторе: 1 – обрабатываемая деталь; 2 – манипулятор; 3 – рабочий контейнер; — (сплошные стрелки) – главное направление движения; — (криволинейные) – направление движения подачи

Рассмотрим работу вибрационного станка с U-образным контейнером (рисунок 1.1.2). Обрабатываемые детали загружаются в рабочий контейнер 1, заполненный абразивными гранулами. Контейнер смонтирован на подвижной раме, которая соединена с пружинами 6 и 10. Под подвижной рамой в соединении с ней расположен вал 7 с несбалансированными грузами 8. Под подвижной рамой в соединении с ней расположен вал 7 с несбалансированными грузами 8.

Движение контейнера происходит под действием возмущающей силы вибратора, которая возникает при вращении неуравновешенной массы (с эксцентриком), вращающейся с угловой скоростью. Контейнер с платформой, а также жестко присоединенные к ней части вибровозбудителя принято называть рабочим органом.

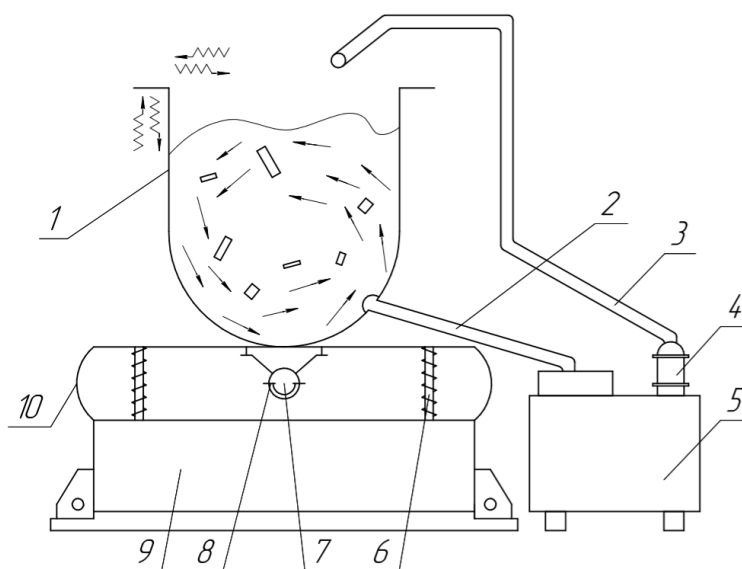


Рисунок 1.1.2. Схема вибрационного станка: 1 – контейнер; 2 – сливной шланг; 3 – шланг подачи раствора; 4 – насос; 5 – бак отстойник; 6 – спиральная пружина; 7 – вал с несбалансированными грузами; 8 – груз; 9 – рама; 10 – ленточная пружина.

В последнее время появилось, и широко внедряются в промышленность разновидности процесса вибрационной обработки, направленные на увеличение производительности. К ним относится виброабразивная электрохимическая обработка деталей (рисунок 1.1.3). Сущность разновидности процесса электролитического виброабразивного состоит в дополнении обычного виброабразивного шлифования процессом

электролитической обработки. Обрабатываемая деталь закрепляется на манипуляторе с необходимым характером движения и погружается в вибрирующую абразивную среду, увлажненную электролитом требуемого состава. Детали, являющиеся анодом, соединены через токосъемное кольцо и меднографитовые щетки с положительным зарядом источника тока, а электролит (катод) с отрицательным. При включении источника тока происходит электролитическое (анодное) растворение поверхностного слоя обрабатываемой детали и непрерывное механическое удаление зернами абразива продуктов анодного растворения. Интенсивность съема металла возрастает в 5-7 раз.

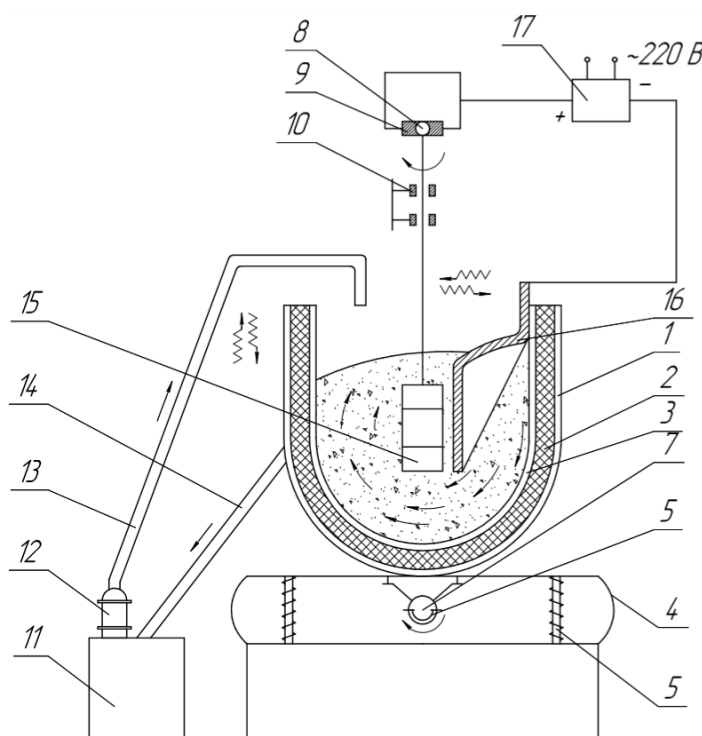


Рисунок 1.1.3 - Схема процесса электрохимического виброабразивной обработки: 1 – обшивка контейнера стальная; 2 – резиновая облицовка; 3 – внутренняя облицовка из нержавеющей стали; 4 – ленточная пружина; 5 – спиральная пружина; 6 – груз; 7 – вал с несбалансированным грузом; 8 – токосъемное кольцо; 9 – щетки меднографитовые; 10 – текстолитовые подшипники; 11 – бак с электролитом; 12 – насос; 13 – шланг подачи электролита; 14 – шланг отлива электролита; 15 – набор обрабатываемых деталей; 16 – катод; 17 - выпрямитель

Одной из разновидностей обработки является магнитно-вибраоабразивная обработка (рисунок 1.1.4), сущность которой заключается в том, что на объем вибрирующего рабочего контейнера накладывается магнитное поле, наведенное электромагнитами и направленное вдоль оси циркуляционного движения рабочей среды. Контейнер при это выполняется из диамагнитного материала: нержавеющей сталь, дюралюминий и др.

Рабочая среда под действием вибрации интенсивно перемешивается, а обрабатываемые детали удерживаются магнитным полем, что исключает возможность забоин на обрабатываемых поверхностях. Путем переключения электромагнитов деталям, возможно, сообщаться осциллирующее движение, что позволяет интенсифицировать процесс вибрационной обработки. С помощью магнитного поля можно управлять расположением и движением деталей в процессе обработки.

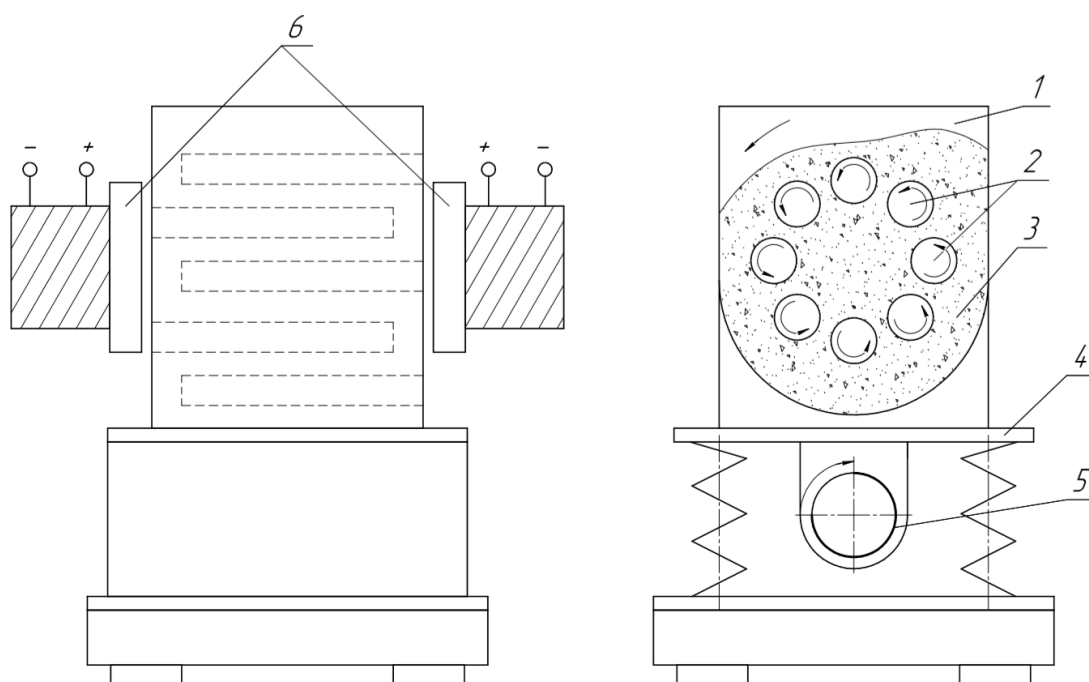


Рисунок 1.1.4 - Схема устройства для магнитно-вибраоабразивной обработки:  
1 – контейнер; 2 – ферромагнитные детали; 3 – рабочая среда; 4 – подвижная платформа; 5 – вибратор; 6 - электромагниты

Другой из разновидностей вибрационного упрочнения деталей является устройство ударно-импульсной обработки деталей (рисунок 1.1.3). Работа



этого устройства осуществляется следующим образом. Гибкая нить 1 через систему блоков соединена с механизмом возвратно-поступательного движения, который состоит из качающейся кулисы 6, кулачка 7, редуктора 8, и двигателя 9. На гибкой нити расположены жесткие площадки 2, 3, 4. В камере 5 располагаются обрабатываемые детали, а на площадке 3 – рабочие частицы. При перемещении кулис вниз жесткая площадка движется вертикально вверх с ускорением. В верхнем положении площадки рабочие частицы, получив высокую начальную скорость, наносят на поверхность детали многократные удары, тем самым упрочняя поверхностный слой металла.

Этот способ упрочнения деталей имеет целый ряд преимуществ по сравнению с дробеструйным упрочнением. Основные преимущества состоят в том, что рабочие частицы нет необходимости собирать и отправлять в рабочую камеру. Рабочие частицы получают одинаковую скорость и воздействуют на поверхность всей массой.

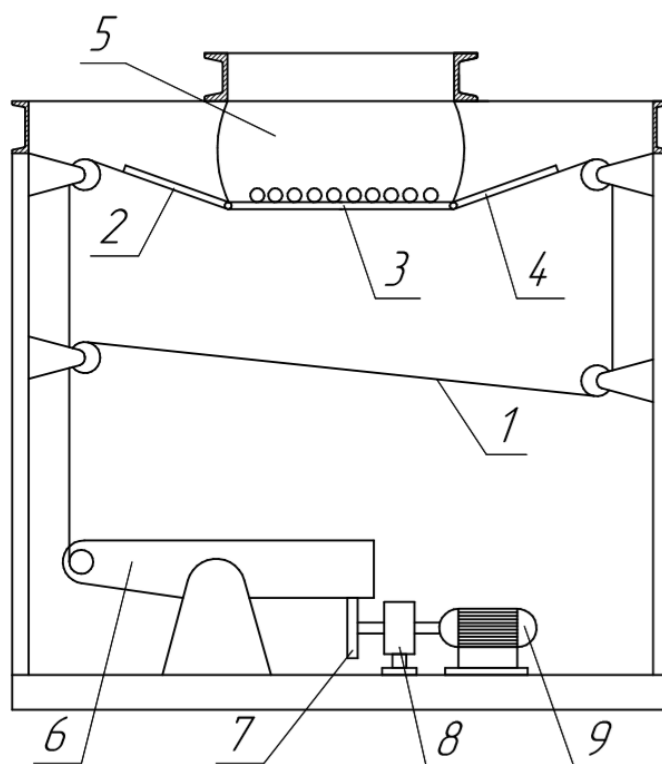


Рисунок 1.1.6 - Принципиальная схема устройства для вибрационной ударно-импульсной обработки деталей: 1 – гибкая нить; 2, 3, 4 – жесткие площадки; 5 – рабочая камера; 6 – кулиса; 7 – кулачок; 8 – редуктор; 9 – двигатель

## 1.2 Влияние амплитуды на съём металла и качество поверхности детали

Производительность процесса, как известно, характеризуется количеством обработанных деталей в единицу времени. Производительность виброобработки зависит от режимов вибрирования (время, амплитуда и частота), характеристики и размеров рабочей среды, материала обрабатываемых деталей, их веса и формы, соотношения обрабатываемых деталей и рабочей среды, в определенной степени производительность характеризуется количеством одновременно обрабатываемых деталей и объемом рабочей камеры.

В ряды случаев производительность вибрационной обработки целесообразно оценивать по интенсивности съема металла. С увеличением амплитуды съема металла растет, что объясняется увеличением сил микроударов частиц рабочей среды и пути активного воздействия их на обрабатываемую поверхность.

Зависимость съема металла от амплитуды колебаний для некоторых материалов показана на рисунке 1.2.1 [2]. Уравнение, характеризующие зависимость  $Q - A$  имеет вид:  $Q = A_k \pm b$ , где  $k$  и  $b$  коэффициенты, определяемые из таблиц.

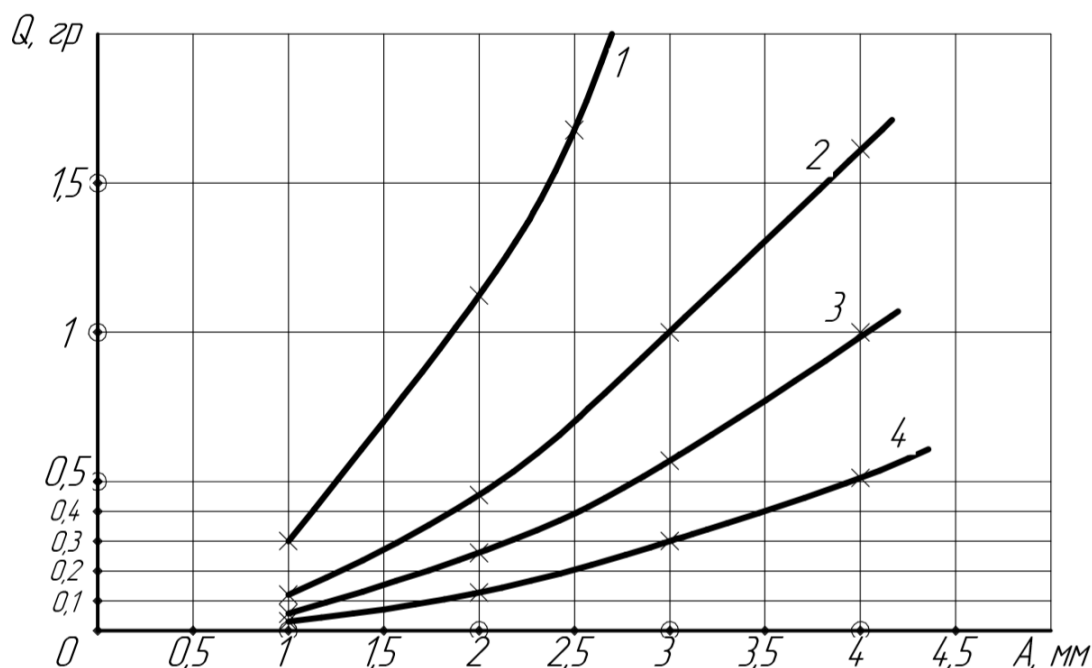
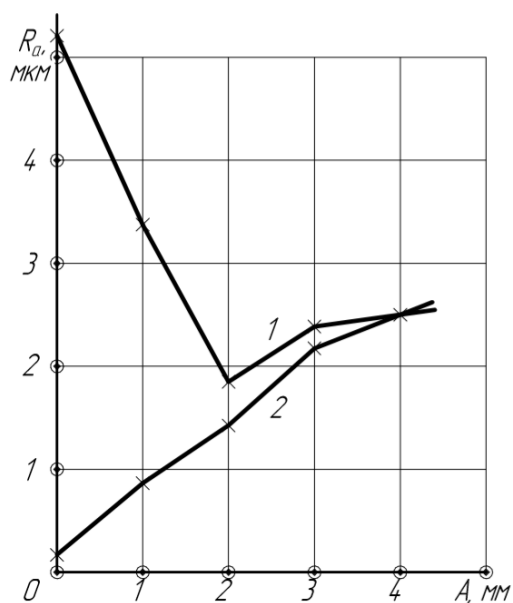
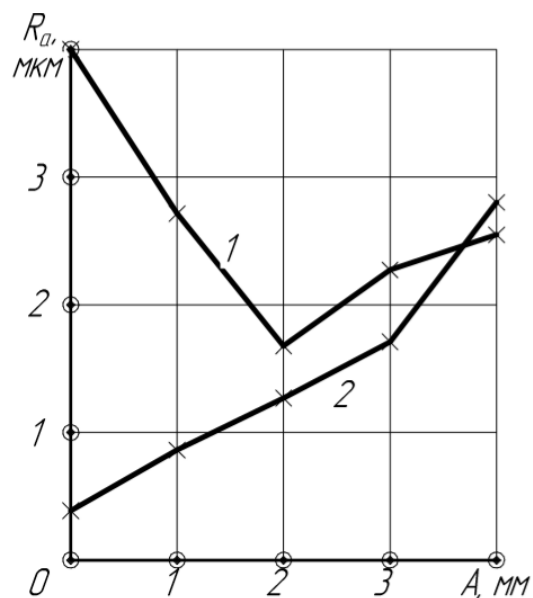


Рисунок 1.2.1 - Зависимость съема металла от амплитуды колебаний: 1 – бабит Б-83; 2 – бронза Бр. 014; 3 – чугун СЧ 12-28; 4 – сталь У10А (закаленная). Условия обработки: абразив ЭБ63СТК грануляции 20-40 мм,  $f = 25$  Гц,  $t = 3$  ч

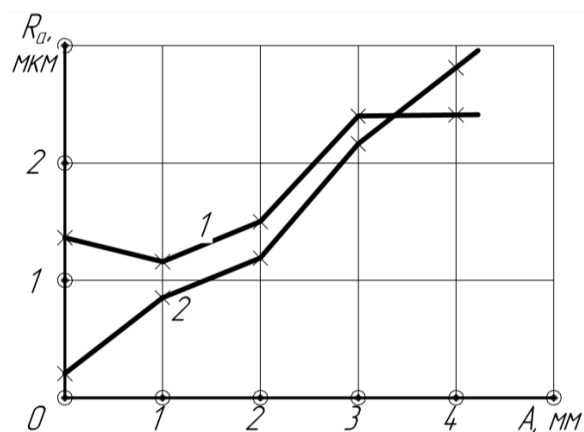
На величину микронеровностей, образующихся в процессе виброобработки, оказывают влияние режимы вибрирования (амплитуда и частота колебаний). Наиболее существенные изменения высоты микронеровностей происходит при изменении амплитуды колебаний. Большим значениям амплитуды колебаний соответствует более грубая обработка. На рисунке 1.2.2 представлена зависимость шероховатости обрабатываемой поверхности от амплитуды колебаний ( $R_a - A$ ) для некоторых материалов с различной исходной шероховатостью [2]. Следует так же отметить заметное влияния исходной высоты микронеровностей на конечный результат при работе с малыми амплитудами ( $A = 1 \div 2$  мм). Из приведённых зависимостей видно, что характер зависимостей видно, что характер зависимости  $R_a - A$  для шлифованных и фрезерованных поверхностей различен. В первом случае изменение  $R_a$  пропорционально изменению  $A$ .



а)



б)



в)

Рис 1.2.2 - Зависимость  
шероховатости поверхности от  
амплитуды колебаний:  
а – сталь 45; б – чугун СЧ 12-28; в –  
бронза Бр. 014; 1 – после  
фрезерования, 2 – после  
шлифования

При виброобработке фрезерованной поверхности, имеющей большую высоту микронеровностей по сравнению с шлифованной, вначале (с увеличением  $A$  до 2) происходит уменьшение  $R_a$ , а затем характер зависимости  $R_a - A$  становится таким же, как и для шлифованной поверхности. Это различие объясняется следующим образом. При наличии грубых микронеровностей поверхности (в данном случае фрезерованной) интенсивность съема металла при  $A = 1$  мм недоступна для их удаления в течении 3 ч обработки, вследствие чего на обрабатываемой поверхности остаются сравнительно большие (но меньшие чем у исходной поверхности) гребешки микронеровностей. С увеличением амплитуды колебаний до 2 мм

съем металла возрастает и становится достаточным для удаления исходных микронеровностей. В этом случае образуется новая шероховатость поверхности, соответствующая принятой характеристике абразива и величине амплитуды колебаний и являющаяся в данном случае по высоте меньшей, чем шероховатость исходной поверхности.

При обработке материалов небольшой твердости ( $HB\ 30 - 70$ ), когда интенсивность съема металла достаточно высока, даже при малых амплитудах, порядка 1 - 2 мм, различные в изменении величины  $R_a$  фрезерованной и шлифовальной поверхности при увеличении амплитуды уменьшается. Частота колебаний также оказывает влияние на изменение высоты микронеровностей. С увеличением частоты колебаний высота микронеровностей вначале возрастает, а затем уменьшается. Увеличение частоты колебаний способствует также более равномерной обработке всех участков поверхности, в том числе труднодоступных.

### 1.3 Влияние частоты на съем металла и качество поверхности детали

На производительность процесса оказывает влияние и частота колебаний  $n$ . С увеличением частоты колебаний съем металла растет до определённого значения. На рисунок 1.3.1 представлена зависимость съема металла  $Q$  от частоты колебаний  $n(f)$  Гц [2]. Рост съема металла с увеличением  $n$  объясняется увеличением числа микроударов абразивных частиц об обрабатываемую поверхность в единицу времени, возрастанием скорости относительно скольжения их и сил микроударов в результате увеличения ускорений абразивных частиц при неизменной их массе. Наблюдение за поведением рабочей среды в рабочей камере установки показало, что с увеличением частоты колебаний вращений всей массы ускоряется. Следовательно, рост съема металла в данном случае происходит вследствие более интенсивного перемешивания рабочей среды.

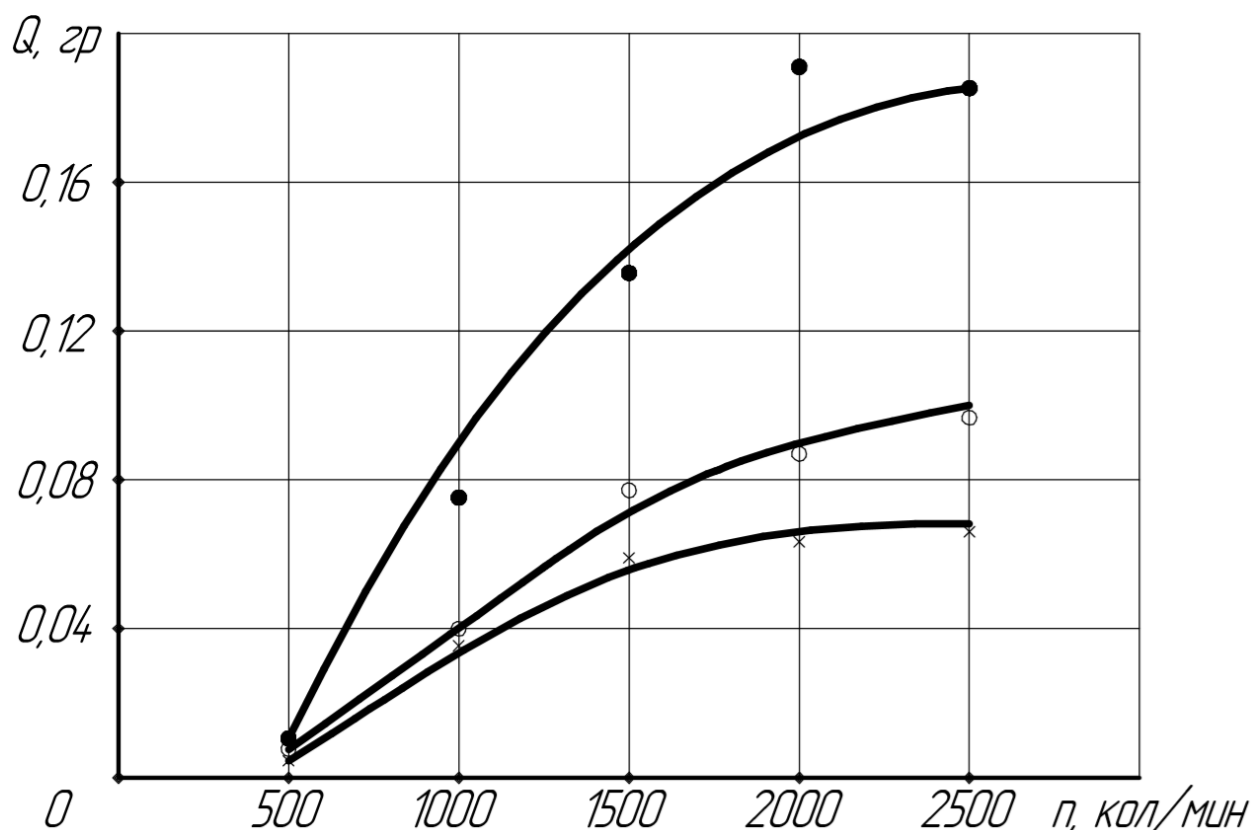


Рисунок 1.3.1 - Зависимость объема металла от частоты колебаний. Условия обработки: абразив Э16СТ<sub>3</sub>Б грануляции 20 – 40 мм,  $A = 2$  мм,  $t = 1.5$  ч; ● - бронза Бр 014; ○ - алюминий Ал 3; × - сталь Ст 3

Увеличение частоты колебаний наряду с повышением производительности способствует более равномерной обработке всей поверхности и исключению возможности повреждений и поломок тонкостенных и хрупких деталей. Существует, однако, оптимальное значение  $n$ , с превышением которого сьем металла уменьшается.

#### 1.4 Влияние времени обработки на сьем металла и качество поверхности детали

При изучении протекания процесса виброобработки по времени было установлено, что сьем металла происходит достаточно равномерно в течении всего периода обработки (время непрерывной обработки – 9 часов) с некоторым увеличением в начальный период, когда происходит удаление сравнительно грубых микронеровностей и скругление острых кромок. Зависимость съема металла по времени при обработке стали 45 в течении 9

часов показана в таблица 1.4.1 [2] ( $Q = kt$ , где  $k$  – продолжительность обработки,  $k$  – эмпирический коэффициент). Важное значение оказывает характеристика и размеры рабочей среды.

Таблица 1.4.1 - Зависимость съема металла по времени при обработке стали 45 в течении 9 часов

Операция	Съем металла в г за время $t$ в ч								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,135	0,22	0,32	0,40	0,47	0,54	0,50	0,65	0,73
2	0,125	0,24	0,34	0,41	0,48	0,55	0,615	0,685	0,745
3	0,100	0,26	0,38	0,45	0,52	0,61	0,663	0,733	0,793
Средний съем металла	0,120	0,24	0,346	0,42	0,49	0,66	0,623	0,689	0,756
Часовой съем металла	0,120	0,120	0,106	0,074	0,07	0,076	0,057	0,066	0,067

### 1.5 Влияние вибрационной обработки на точность размеров, полученных при обработке деталей на станках

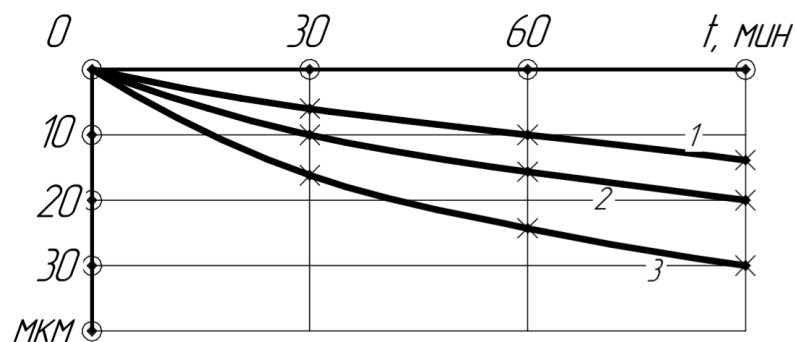
В большинстве имеющихся исследований считается, что вибрационная обработка практически не изменяет точность размеров, полученных при обработке деталей на станках, так как съем металла обычно не превышает 3 – 5 мкм. В ряде выполненных исследований (рисунок 1.5.1) так же не отмечалось заметных изменений размеров в процессе виброобработки. Однако все перечисленные случаи относятся к обработке поверхностей, имеющих достаточно высокий класс чистоты ( $\nabla 7 - \nabla 9$ ). При обработке сравнительно грубых поверхностей 4 – 6-го классов чистоты изменения размеров становится более заметным и достигает 15 – 40 мкм на диаметр. Для

проверки изменения размеров были проведены экспериментальные исследования на вибрационной установке лабораторного типа с объектом рабочей камеры 10 дм<sup>3</sup>. Образцы цилиндрической формы  $d = 18$  мм,  $l = 50$  мм изготовлены из стали ШХ15 отожженной (НВ 190) и закалённой (HRS 62 – 64) и дюралюминия Д16Т (НВ 55). Шероховатость поверхности образцов изменялась от  $\nabla 6$  до  $\nabla 9$ .

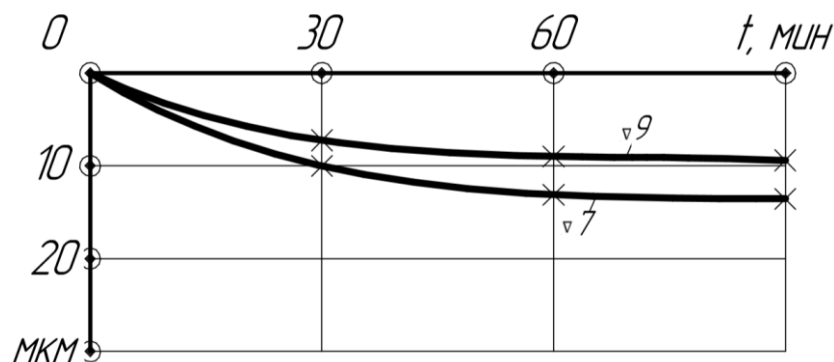
В качестве рабочей среды применялась абразивная крошка ЭБ40СТ<sub>1</sub>К и КЧ-6ВТК, размеры гранул 15 – 30 мм и стальные полированные шарики диаметром 9 мм; обработка производилась с непрерывной промывкой 3%-ым раствором кальцинированной соды. Режимы обработки во всех случаях приняты постоянными:  $A = 3$  мм,  $n_k = 1500$  кол/мин (25 Гц), продолжительность обработки составляла 10, 30, 60, 90 мин. В процессе исследований изучалось влияние на изменение размеров продолжительность обработки, исходной шероховатости обрабатываемой поверхности, характеристики рабочей среды, твердости материала образцов.

Зависимость изменения размеров деталей от условий вибрационной обработки представлена на рис 1.2.4 [2]. Результаты экспериментов показывают, что в процессе вибрационной обработки могут изменяться размеры обрабатываемых деталей. Это изменение размеров зависит от принятых условий обработки и от исходной высоты микронеровностей обрабатываемой поверхности. В зависимости от перечисленных условий уменьшение исходных размеров обрабатываемых деталей может достигать 30 – 40 мкм и более. Поэтому широко распространено мнение о том, что вибрационной обработка не оказывает существенное влияние на изменение размеров может относиться только к некоторым отделочным операциям, где обработка сопровождается минимальным съемом металла или пластическим деформированием и осуществляется в среде полирующих сред или металлических тел в виде шариков, роликов и т.п.





а)



б)

Рис 1.5.1 - Влияние вибрационной обработки на изменение размеров детали: а – продолжительность обработки; б – исходная шероховатость

## 1.6 Влияние галтовочных материалов на съём металла и качество поверхности детали

Одним из основных этапов разработки технологического процесса виброобработки, оказывающих решающее влияние на достижение требуемых результатов, с точки зрения качества поверхности и производительности, является выбор рабочей среды. В зависимости от назначения выполняемой операции, материал детали состав рабочей детали может быть различным.

Классифицируют рабочие среды по нескольким признакам. По роду материалов рабочие среды бывают из различных абразивных материалов (искусственных и естественных), металлов, пластмасс, древесины, войлока, фетра, картона, стекла, фарфора и др. По форме частицы рабочих сред подразделяют на частицы правильной геометрической формы (цилиндр, призма, конус, пирамида) и частицы произвольной формы. Частицы

правильной формы получают путем прессования, штамповки, прокатки, выдавливания и другими способами, частицы произвольной формы получают в результате дробления или размалывания твёрдых материалов.

По размеру рабочие среды бывают в виде шлифзерна или шлифпорошков различной грануляции от 3 до 60 мм. Твёрдый наполнитель играет основную роль в процессе обработки, обеспечивая сьем металла и его окислов с обрабатываемой поверхности или ее пластическое деформирование.

Абразивная среда обычно осуществляет работу по измельчению металла в процессе вибрационной обработки. Абразивные материалы определяются характеристикой, размерами и формой. Они в подавляющем большинстве случаев представляют основную часть состава твердого наполнителя и играют роль режущего элемента. Кроме того, абразивная среда разделяет детали и предотвращает столкновение их между собой.

Для вибрационной обработки применяют искусственные и естественные абразивные материалы. Из числа искусственных абразивных материалов применяют электрокорунд белый и нормальный, карбид кремния зеленый и черный, шлак литейный и др. Среди абразивных материалов естественного происхождения применяют кварцевые породы, известняк, гранит, базальт, мрамор и др.

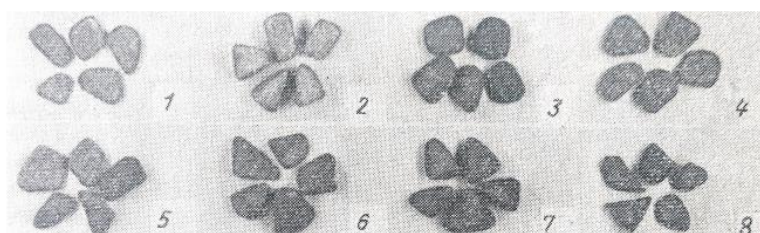


Рис 1.6.1 Виды абразивной крошки: 1 – ЭБ8СТ<sub>1</sub>К; 2 – ЭБ25СТ<sub>1</sub>К; 3 – ЭБ40СТ<sub>1</sub>К; 4 – ЭБ63СТ<sub>1</sub>К; 5 – ЭБ40СМ<sub>1</sub>К; 6 – ЭБ40СТ<sub>1</sub>Б; 7 - ЭБ40СТ<sub>1</sub>В; 8 – ЭБ40ВТК

При выборе состава рабочей среды необходимо учитывать характер выполняемой операции; материал, форму и размеры обрабатываемой детали. При выполнении сравнительно грубых операций (удаление грубых заусенцев, грубое шлифование и т.п.), когда требуется большая работа резания и высокая

стойкость абразива, применяется крупнозернистая абразивная крошка твердости и наиболее крупной грануляции.

Таблица 1.6.1 – Примеры галтовочных материалов и их применения

Галтовочный материал	Применение
Твердый наполнитель	Удаление заусенцев, грубое шлифование
Галька, фарфоровая крошка	Удаление мелких заусенцев, скругление кромок
Металлические предметы (дробь, рубленая проволока)	Очистка литья от остатков формовочных материалов
Стальные игольчатые ролики	Удаление облоя на деталях их пластмасс

На рисунке 1.6.2 дана зависимость шероховатости поверхности  $R_a$  от зернистости абразивной крошки для некоторых материалов. [2]

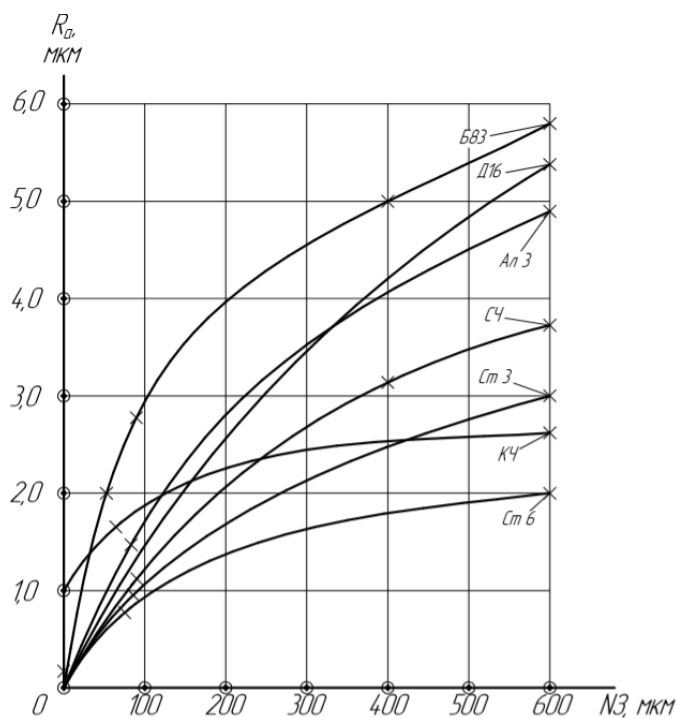


Рис 1.6.2 - Зависимость шероховатости поверхности  $R_a$  от зернистости абразивной крошки

Уравнение, характеризующее шероховатость поверхности от зернистости имеет вид:

$$R_a = N_3^m k \text{ мкм},$$

где  $N_3$  – размер зерна в мкм;  $m$  и  $k$  – коэффициенты, имеющие определенные числовые значения для каждого из обрабатываемых материалов (таблица 1.6.2) [2]

Таблица 1.6.2 – Значения коэффициентов  $m$  и  $k$

Коэффициенты	Материал									
	Ст6	Ст3	Сталь 45	СЧ-12- 28	У10А	ПФК4	БрО14	Б83	АЛ3	Д16
<b><i>k</i></b>	0,12	0,11	0,055	0,103	0,14	0,48	0,059	0,5	0,23	0,08
<b><i>m</i></b>	0,44	0,51	0,64	0,53	0,42	0,27	0,64	0,37	0,47	0,64

## 1.7 Влияние СОЖ на съём металла и качество поверхности детали

Жидкий наполнитель (СОЖ) оказывает существенное влияние на протекание процесса виброобработки и обеспечивает удаление продуктов износа с поверхности обрабатываемых деталей и рабочей среды, смачивает детали и твердый наполнитель, помогает их разделению и равномерному распределению в рабочей среде, охлаждает детали и рабочую среду, исключает пылеобразование, обеспечивая нормальные условия для обслуживания. Путем регулирования уровня жидкости в рабочей камере достигается изменение интенсивности обработки. Наличие жидкости наполнителя обеспечивает наибольшие удобства для введения в состав раствора химических веществ с различными свойствами.

Основой СОЖ в большинстве случаев являются водные растворы щелочей, кислот и солей, которые в зависимости от характера выполняемой операции дополняются различного рода химическими добавками.

Введение в раствор химических веществ расширяет служебные функции СОЖ. Вводимые добавки способствуют увеличению съема металла и сохранению режущих свойств абразива; повышают антикоррозионные, смазывающие или смачивающие свойства растворов; могут образовывать сильную пенистую подушку, способствующую лучшему сглаживанию и осветлению обрабатываемой поверхности; обладают свойствами блескообразования; препятствуют загрязнению и затемнению полируемых поверхностей и обеспечивают равномерную обработку плоских поверхностей всех загруженных в рабочую камеру деталей.

Таблица 1.7.1 – Примеры СОЖ и их применения

<b>СОЖ</b>	<b>Применение</b>
Щелочь	Применяется как антикоррозионное средство, а также как средство, ускоряющее процесс обработки черных металлов. Для цветных металлов щелочные растворы не применяются.
Кислоты	Применяются в растворах как средство для травления поверхности металла. Наиболее часто кислотные растворы слабой концентрации применяются на операциях очистки от калины. Так же добавляют для шлифование металлов.

На шероховатость поверхности оказывает влияние уровень смазочно-охлаждающей жидкости в рабочей камере. Изменяя количество жидкости в рабочей камере, можно при неизменной характеристике абразивной среды и режимах обработки изменять шероховатость обрабатываемой поверхности, осуществлять переход от грубых операций к отделочным. На рис 1.7.1 показано влияние объема жидкости в рабочей камере на шероховатость обрабатываемой поверхности детали из латуни ЛС59-1, в среде абразивной крошки К36СТ<sub>1</sub>К, грануляция 15-30 мм.

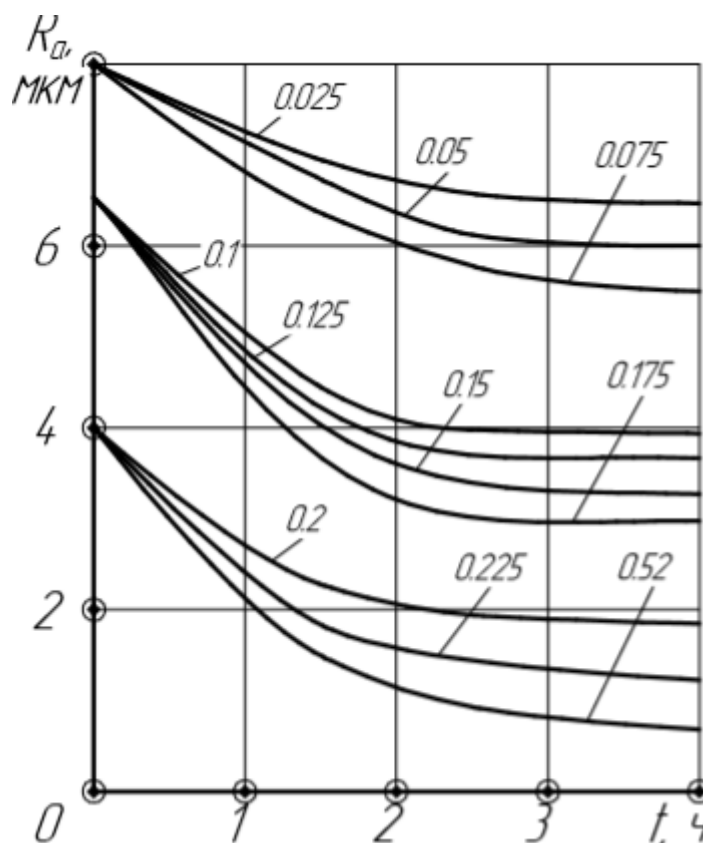


Рис 1.7.1 Зависимость шероховатости поверхности  $R_a$  от объема жидкости в рабочей камере

## 1.8 Стенд для виброабразивной обработки

Проведем комплексное измерение и эксперименты для определения влияния основных вибрационных параметров (время, частота и амплитуда колебаний) на качество поверхностей деталей. Основная задача данного исследования: повысить интенсивность обработки для сокращения времени обработки, а также улучшение механических качеств деталей. Для этого разработаем лабораторную экспериментальную установку. Гидравлическая схема (рис 1.8.1) представляет собой элемент технической документации, на котором с помощью условных обозначений показана информация об элементах гидравлической системы, и взаимосвязи между ними. Схема состоит из рабочей камеры 1, вентиля 2, манометра 3 и 8, насоса 4, клапана 5 и 9, бака 6 и 12, нереверсивного насоса 11, дросселя 10, гидромотора 7 и подшипникового вибровозбудителя 13, гибкий шланг 14.

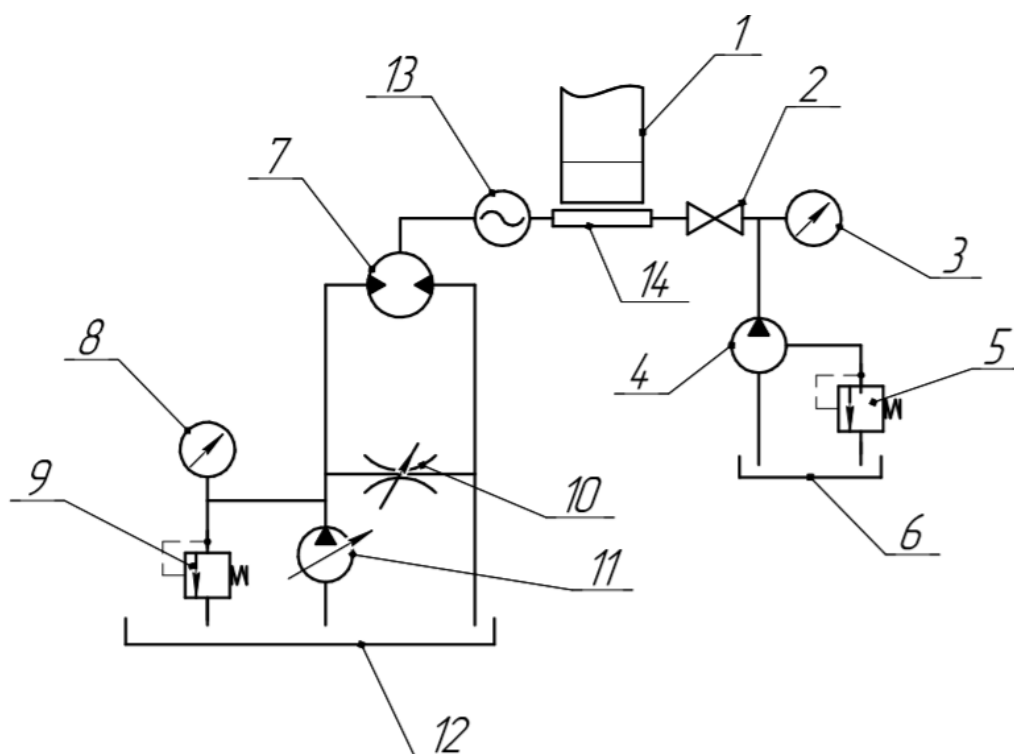


Рис 1.8.1 Гидравлическая схема стенда

Благодаря насосу 4 происходит накачивание рабочей жидкости из бака в гибкий шланг 14. Во время работы гидромотор 7, вращает эксцентричный подшипник вибровозбудителя 13. Благодаря его работе происходит движение его поршня, который находится в гибком шланге 14. Благодаря эксцентricности подшипника движение поршня в гибком шланге происходит рывками, что ведет за собой возвратно поступательное движение бака 1. То есть регулирование амплитуды вибраций происходит благодаря изменению объема рабочей жидкости в гибком шланге 14.

Помимо амплитуды возможно регулирование частоты вибрации. Гидронасос 11 получает рабочую жидкость из бака 12, после по каналам жидкость проходит к гидромотору 7, вал которого заставляет вращаться вал вибровозбудителя с помощью шпоночного соединения. То есть гидравлический насос преобразовывает энергию механического типа в гидравлическую, а гидромотор в свою очередь действует противоположно, создавая из энергии гидравлической механическую. То есть регулирование

частоты вибраций происходит благодаря изменению расхода через гидронасос 11.

Рассмотрим подробную схему установки и работы рабочей камеры (рис 1.8.2). Рабочая камера 1, установлена на балке 4, которая жестко зафиксирована на одном из концов с помощью шарнира 5. За счет пружины 3 и шланга 2, проходящего под пружиной, рабочая камера 1 совершает колебательные движения что приводит к движению абразивов и заготовок внутри камеры.

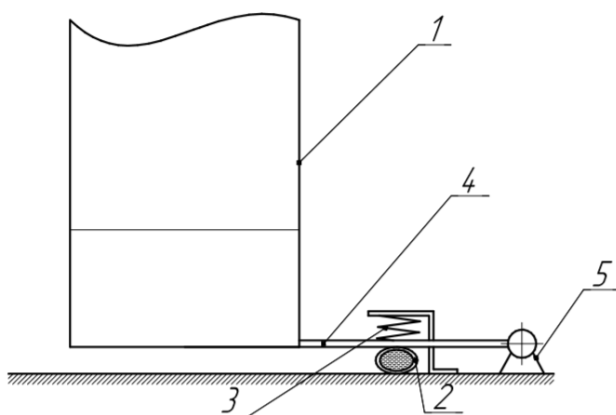


Рис 1.8.2 Подробная схема установки и работы рабочей камеры

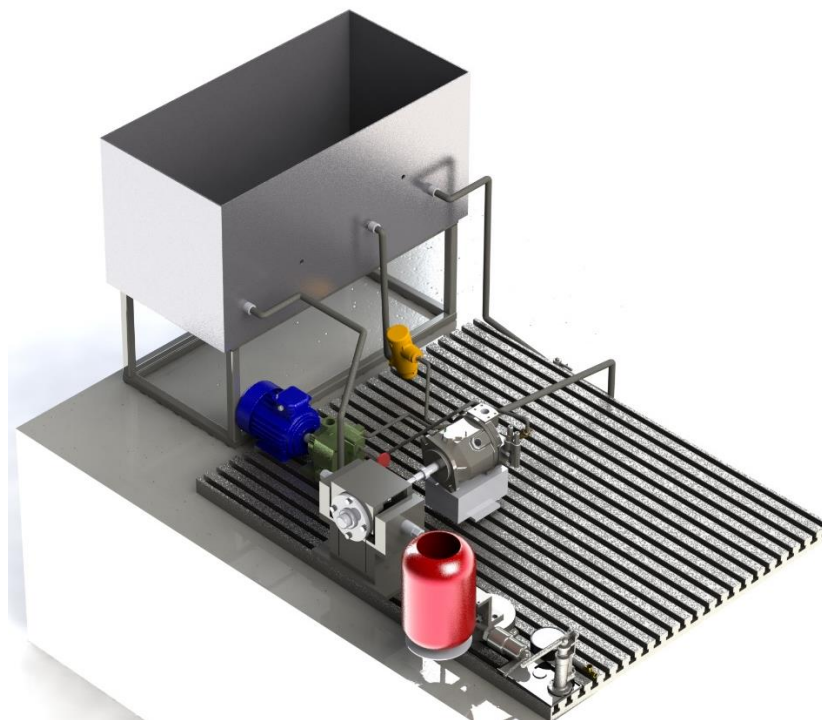


Рис 1.8.3 3D модель экспериментального стенда



## 1.9 Заключение

В ходе работы над конструкторской частью был проведен литературный анализ методов вибрационной обработки, изучен принцип вибрационной обработки, рассмотрены зависимости (графики, таблицы) амплитуды, частоты, времени, рабочей среды на процесс виброабразивной обработки, спроектирован экспериментальный стенд для вибрационной обработки.

## 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.

Оценим технологичность детали типа корпус.

Заготовкой для корпуса выбран стальной круглый прокат, максимально приближенный по форме к готовой детали для уменьшения себестоимости обработки. Материал заготовки – сталь 40ХГТР – обладает возможностью обработки резанием, что позволяет точить деталь на токарном станке с последующим шлифованием.

Общая конфигурация корпуса 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.

Малые значения шероховатости поверхностей детали ( $Ra\ 1,6$ ;  $Ra\ 0,8$ ) и высокий класс точности некоторых размеров (6-7) увеличивают себестоимость обработки детали, т.к. требуют дополнительных чистовых обработок для достижения требуемых параметров поверхностей. Присутствие термообработка (объемная закалка) также увеличивает затраты на изготовление.

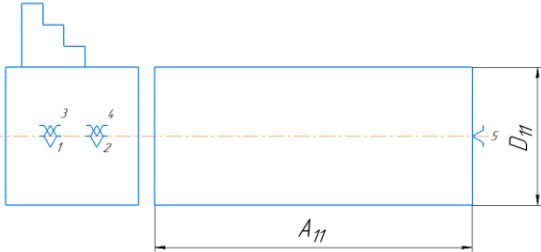
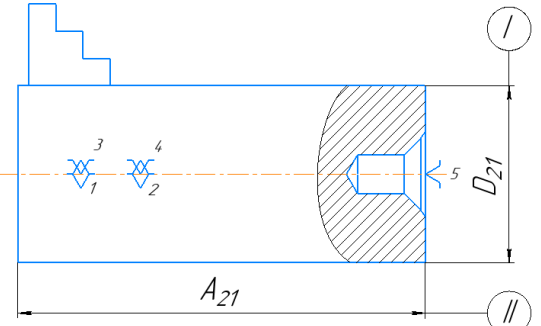
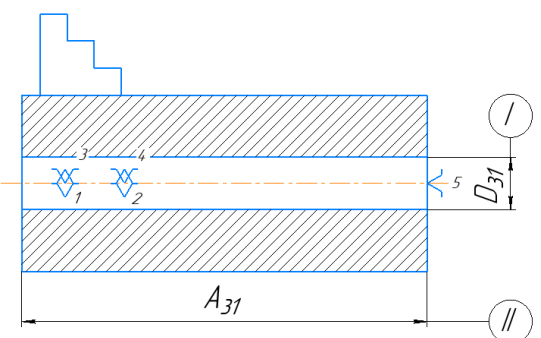
В итоге, деталь является технологической, так как она имеет простую цилиндрическую форму, деталь может изготавливаться из стандартных или унифицированных заготовок, плоскость входа (выхода) инструмента перпендикулярна оси отверстия. С другой стороны, деталь является не технологичной так как деталь получается из проката, и при изготовлении произойдет большой расход материала дорогостоящей стали.

## 2.2 Технологический маршрут

В ходе анализа технологичности корпуса были выявлены основные операции, необходимые для получения детали; составлен технологический маршрут (таблица 2.2.1), включающий следующие этапы изготовления:

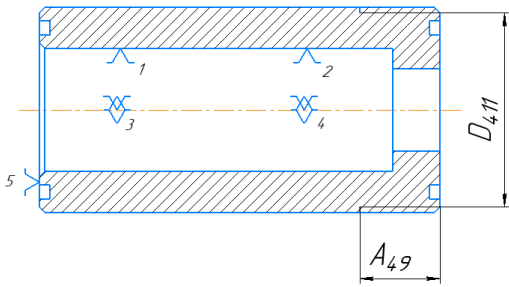
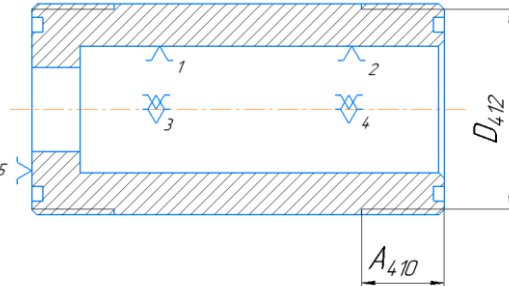
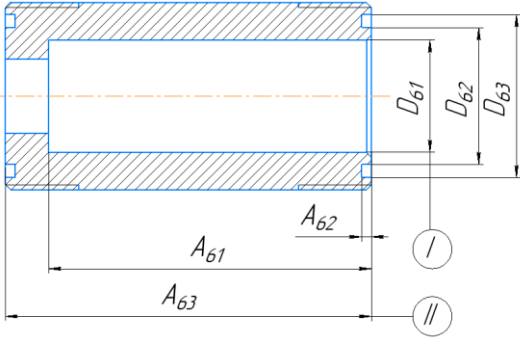
- 1) Заготовительная
- 2) Токарная черновая
- 3) Токарная с ЧПУ
- 4) Объемная закалка
- 5) Шлифование

Таблица 2.2.1 – Технологический маршрут

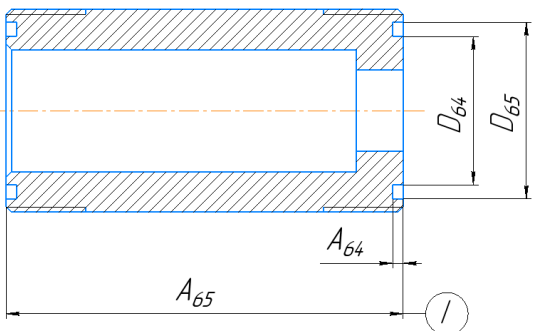
№оп ерац ии	Наиме новани е операц ии	№ перехода	Наименование переходов	Эскиз	Установ
1.	Загото витель ная		1. Отрезать заготовку, выдерживая размера $A_{11}$		А
2.	Токарн ая	1-2 (черновая)	1. Точить поверхность I, выдерживая размер $D_{21}$ 2. Подрезать торец II, выдерживая размер $A_{21}$ 3. Центровать торец		А
3.	Токарн ая (черно вая)	3-4 (черновая)	1. Сверлить отверстие I, выдерживая размер $D_{31}$ 2. Подрезать торец II, выдерживая размер $A_{31}$		А

		5-6 (черновая)	<p>1. Расточить поверхность I, выдерживая размер <math>D_{32}</math></p> <p>2. Подрезать торец II, выдерживая размер <math>A_{32}</math></p>		<b>А</b>
		7-8 (черновая)	<p>1. Подрезать торец I, выдерживая размер <math>A_{33}</math></p> <p>2. Расточить поверхность II, выдерживая размеры <math>D_{34}</math> и <math>A_{34}</math></p>		<b>А</b>
4	Токарная с ЧПУ	8-11 (чистовая)	<p>1. Подрезать торец I, выдерживая размер <math>A_{41}</math></p> <p>2. Точить поверхность II, выдерживая размер <math>D_{41}</math></p> <p>3. Точить фаску IV, выдерживая размер <math>A_{43} \times 45^\circ</math></p>		<b>Б</b>

		12-14 (чистовая)	<p>1. Точить поверхность I, выдерживая размер <math>D_{44}</math> и <math>A_{44}</math></p> <p>2. Точить внешнюю фаску II, выдерживая размер <math>A_{45} \times 45^\circ</math></p> <p>3. Точить внутреннюю фаску III, выдерживая размер <math>A_{46} \times 15^\circ</math></p>		А
		15 (чистовая)	<p>1. Точить канавку, выдерживая размер <math>D_{47}</math>, <math>D_{48}</math> и <math>A_{47}</math></p>		Б
		16 (чистовая)	<p>1. Точить канавку, выдерживая размер <math>D_{49}</math>, <math>D_{410}</math> и <math>A_{48}</math></p>		А

		17 (чистовая)	1. Нарезать резьбу, выдержав размеры $D_{411}$ и $A_{49}$		Б
		18 (чистовая)	1. Нарезать резьбу, выдержав размеры $D_{412}$ и $A_{410}$		А
5	Термо обра ботка			Объемная закалка	
6	Шлифо вание (чисто вое)	19-21	1. Шлифовать торец II, выдерживая размер $A_{63}$ 2. Шлифовать поверхность I, выдерживая размеры $D_{61}$ и $A_{61}$ 3. Шлифовать канавку, выдерживая размер $D_{62}$ , $D_{63}$ и $A_{62}$		А



		22-23	<p>1. Шлифовать торец I, выдерживая размер <math>A_{65}</math></p> <p>2. Шлифовать канавку, выдерживая размер <math>D_{64}</math>, <math>D_{65}</math> и <math>A_{64}</math></p>		Б
--	--	-------	--	--	---

## 2.3 Расчет диаметральных технологических размеров

### 2.3.1 Определение допусков на технологические диаметральные размеры

Допуски на диаметральные размеры могут быть приняты равными статической погрешности  $\omega_{ci}$  [7, Приложение 1].

Определим допуски на диаметральные размеры:

$$TD_{11} = 0,3 \text{ мм}$$

$$TD_{49} = 0,4 \text{ мм}$$

$$TD_{21} = 0,3 \text{ мм}$$

$$TD_{410} = 0,4 \text{ мм}$$

$$TD_{31} = 0,3 \text{ мм}$$

$$TD_{411} = 0,2 \text{ мм}$$

$$TD_{32} = 0,3 \text{ мм}$$

$$TD_{412} = 0,2 \text{ мм}$$

$$TD_{34} = 0,3 \text{ мм}$$

$$TD_{61} = 0,16 \text{ мм}$$

$$TD_{41} = 0,74 \text{ мм}$$

$$TD_{62} = 0,4 \text{ мм}$$

$$TD_{42} = 0,62 \text{ мм}$$

$$TD_{63} = 0,4 \text{ мм}$$

$$TD_{44} = 0,62 \text{ мм}$$

$$TD_{64} = 0,4 \text{ мм}$$

$$TD_{47} = 0,4 \text{ мм}$$

$$TD_{65} = 0,4 \text{ мм}$$

$$TD_{48} = 0,4 \text{ мм}$$

## 2.3.2 Определение минимальных припусков на обработку

### поверхностей вращения

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

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

где

$Rz$  – шероховатость поверхности, мкм [7, Приложение 2];

$h$  – величина дефектного слоя поверхности, мкм [7, Приложение 2];

$\rho$  – точность геометрической формы, мкм [7, Приложение 3];

$\varepsilon$  – погрешность закрепления заготовки, мкм [7, Приложение 4];

Запишем величины  $z_{imin}$  в таблицу 2.3.2.1 для всех диаметральных припусков.

Таблица 2.3.2.1 – Расчет минимальных припусков на обработку поверхностей вращения

	$Rz_{i-1}$ , мкм	$h_{i-1}$ , мкм	$\rho_{i-1}$ , мкм	$\varepsilon_{yi}$ , мкм	$z_{Dimin}$ , мм
$z_{D21min}$	100	75	40	60	0,247
$z_{D32min}$	100	75	40	60	0,247
$z_{D34min}$	100	75	40	60	0,247
$z_{D41min}$	20	20	40	60	0,112
$z_{D44min}$	20	25	50	60	0,123
$z_{D61min}$	20	25	40	25	0,09
$z_{D62min}$	20	25	40	25	0,09
$z_{D63min}$	30	40	50	25	0,125

### 2.3.3 Расчет диаметра проката

Для определения диаметра проката  $D_{11}$  необходимо рассмотреть технологическую цепь, содержащий этот размер (рисунок 2.3.3.1)

В этой цепи известно: полностью составляющее звено  $D_{41}$  ( $D_{41} = K_{D1} = 65_{-0,74}$ ), допуски составляющих звеньев  $D_{21}$ ,  $D_{11}$  и минимальные значения замыкающих звеньев – припусков  $z_{D41min}$ ,  $z_{D21min}$

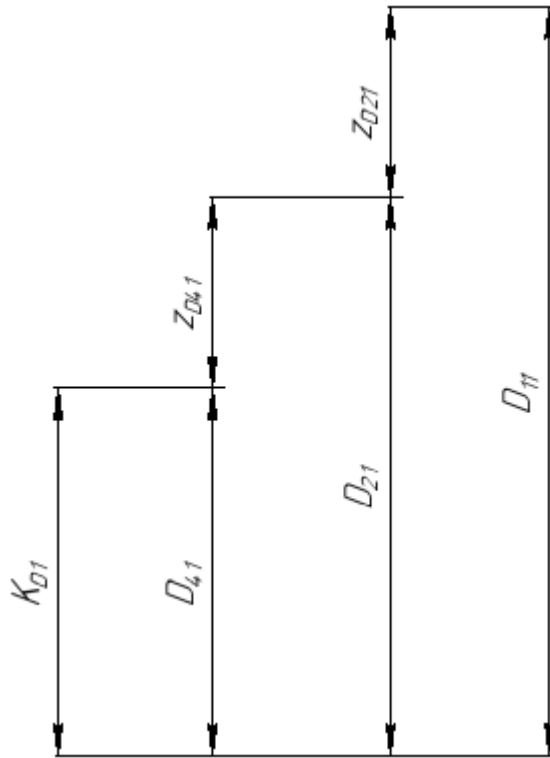


Рисунок 2.3.3.1 – Размерная схема для определения диаметра проката

Решение:

1) Рассмотрим часть цепи  $D_{41}$ ,  $z_{D41}$ ,  $D_{21}$  (Рисунок 3.3.2, а):

а) Определим среднее значение  $D_{41}$ :

$$D_{41}^c = D_{41} + \frac{HOD_{41} + BOD_{41}}{2} = 65 + \frac{-0,74 + 0}{2} = 64,63 \text{ мм}$$

Звено  $D_{41}$  записываем в виде  $D_{41} = 64,63 \pm 0,37 \text{ мм}$

б) Находим среднее значение  $z_{D41}$ :

$$z_{D41}^c = z_{D41min} + \frac{TD_{41} + TD_{21}}{2} = 0,1 + \frac{0,74 + 0,3}{2} = 0,62 \text{ мм}$$

с) Определим среднее значение  $D_{21}$ :

$$D_{21}^c = D_{41}^c + z_{D41}^c = 64,63 + 0,62 = 65,25 \text{ мм}$$

d) Вычислим номинальное значение звена  $D_{21}$ :

$$D_{21} = D_{21}^c - \frac{BOD_{21} + HOD_{21}}{2} = 65,25 - \frac{0 - 0,3}{2} = 65,4 \text{ мм}$$

Следовательно, расчетное значение этого звена:

$$D_{21} = 65,4_{-0,3} \text{ мм}$$

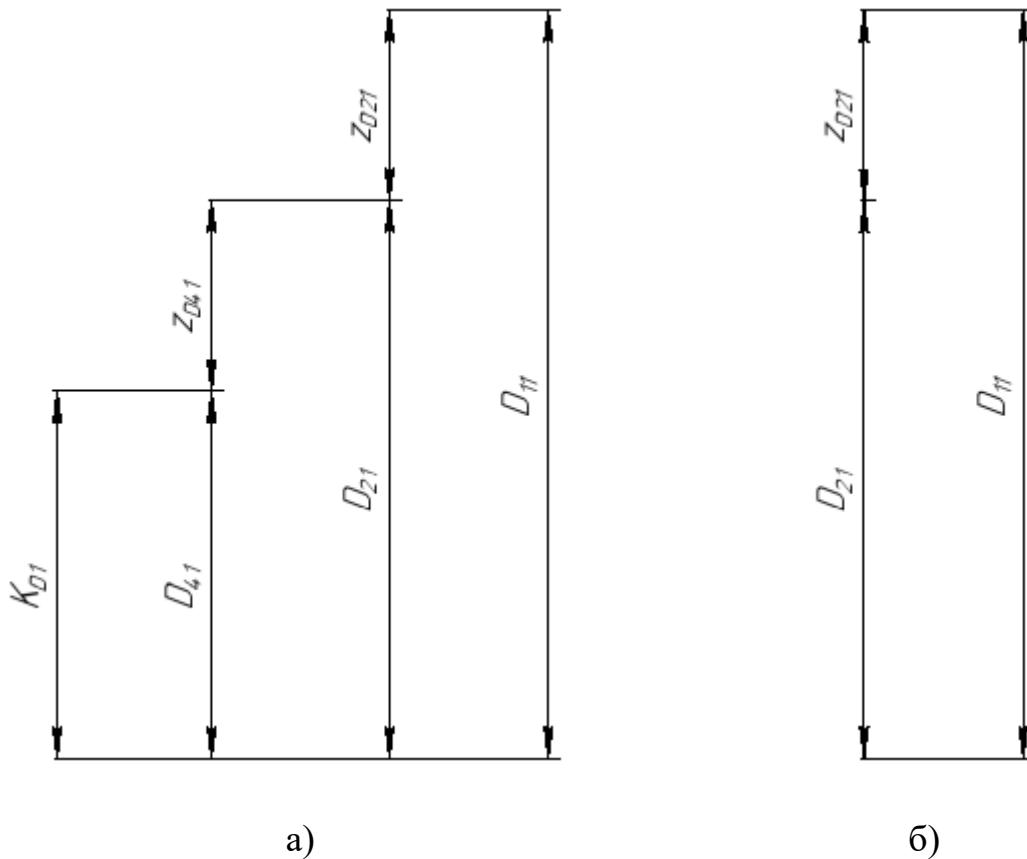


Рисунок 2.3.3.2 – Размерные схемы для определения наружных диаметральных размеров

2) Рассмотрим цепь  $D_{21}$ ,  $z_{D21}$ ,  $D_{11}$  (Рисунок 2.3.3.2, б):

a) Находим среднее значение  $z_{D21}$

$$z_{D21}^c = z_{D21min} + \frac{TD_{21} + TD_{11}}{2} = 0,247 + \frac{0,3 + 0,3}{2} = 0,547 \text{ мм}$$

б) Определяем среднее значение звена  $D_{11}$

$$D_{11}^c = D_{21}^c + z_{D21}^c = 65,25 + 0,547 = 65,797 \text{ мм}$$

с) Вычисляем номинальное значение звена  $D_{11}$

$$D_{11} = D_{11}^c - \frac{BOD_{11} + HOD_{11}}{2} = 65,797 - \frac{0 - 0,3}{2} = 65,947 \text{ мм}$$

Следовательно, расчетное значение этого звена:

$$D_{11} = 65,947_{-0,3} \text{ мм}$$

Выбираем прокат диаметром  $D_{11\phi} = 67_{-0,3} \text{ мм}$

d) Рассчитываем фактическое значение припуска  $z_{D21}$

$$z_{D21\phi} = D_{11\phi} - D_{21} = 65,947_{-0,3} - 65,4_{-0,3} = 0,547_{-0,3}^{+0,3} \text{ мм}$$

### 2.3.4 Расчет технологических размеров при обработке

отверстия  $\varnothing 50^{+0,16} \text{ мм}$

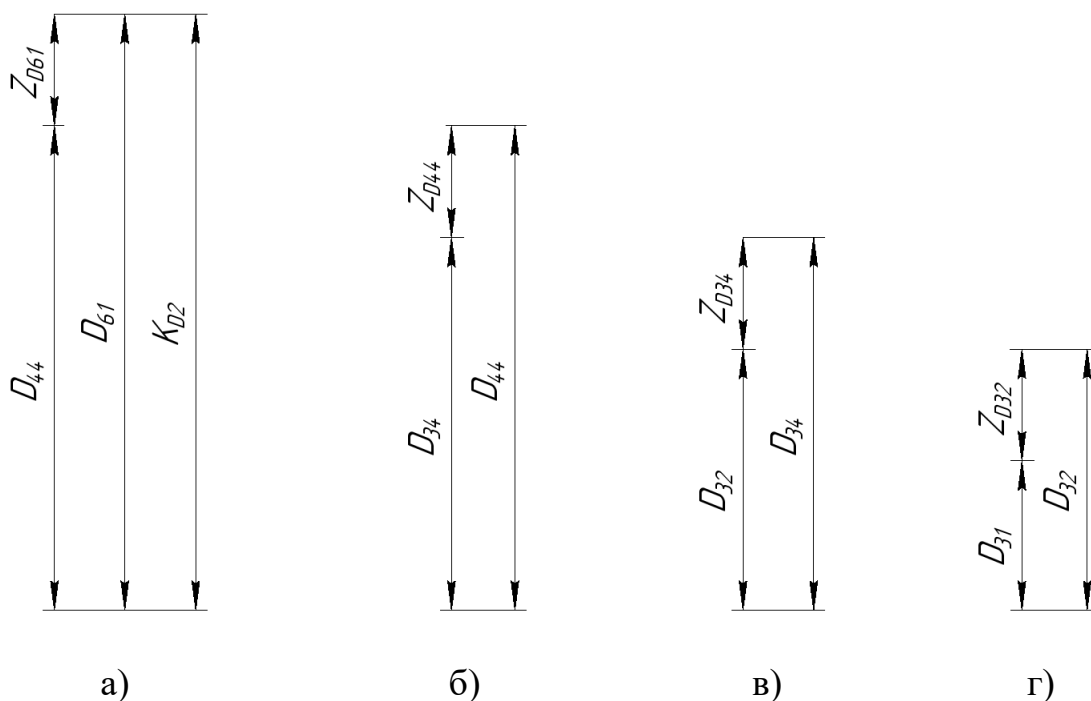


Рисунок 2.3.4.1 - Размерные схемы для определения внутренних размеров

Решение:

1) Рассмотрим цепь  $D_{44}, D_{61}, z_{D61}$  (Рисунок 2.3.4.1, а)

В этой цепи известно: составляющее звено  $D_{61} = K_{D2} = \varnothing 50^{+0,16} \text{ мм}$  и минимальное значение припуска,  $z_{D61min} = 0,09 \text{ мм}$

а) Определим среднее значение  $D_{61}$

$$D_{61}^c = D_{61} + \frac{HOD_{61} + BOD_{61}}{2} = 50 + \frac{0 + 0,16}{2} = 50,08 \text{ мм}$$

б) Находим среднее значение  $z_{D61}$ :

$$z_{D61}^c = z_{D61min} + \frac{TD_{44} + TD_{61}}{2} = 0,09 + \frac{0,62 + 0,16}{2} = 0,48 \text{ мм}$$

с) Определим среднее значение  $D_{44}$ :

$$D_{44}^c = D_{61}^c - z_{D61}^c = 50,08 - 0,48 = 49,6 \text{ мм}$$

$$D_{44} = 49,6 \pm 0,31 \text{ мм}$$

Учитывая, что для размеров отверстий, формируемых механической обработкой, в качестве номинального принято брать наименьший предельный размер, запишем:  $D_{44\phi} = 49,29^{+0,31} \text{ мм}$

д) Определим фактическое значение припуска  $z_{D61}$

$$z_{D61\phi} = D_{61} - D_{44\phi} = 50^{+0,16} - 49,29^{+0,31} = 0,71_{-0,31}^{+0,16}$$

2) Рассмотрим цепь  $D_{44}, D_{34}, z_{D44}$  (Рисунок 2.3.4.1, б)

В этой цепи известно: составляющее звено  $D_{44} = 49,29^{+0,31}$  и минимальное значение припуска  $z_{D44min} = 0.123 \text{ мм}$

а) Находим среднее значение  $z_{D44}$ :

$$z_{44}^c = z_{D44min} + \frac{TD_{34} + TD_{44}}{2} = 0.123 + \frac{0.3 + 0.62}{2} = 0.583 \text{ мм}$$

б) Определим среднее значение звена  $D_{34}$ :

$$D_{34}^c = D_{44}^c - z_{44}^c = 49,6 - 0.583 = 49.017 \text{ мм}$$

$$D_{34} = 49,017 \pm 0,15 \text{ мм}$$

$$D_{34\phi} = 49,017^{+0,3} \text{ мм}$$

с) Определим фактическое значение припуска  $z_{D44}$ :

$$z_{D44\phi} = D_{44} - D_{34\phi} = 49,29^{+0,31} - 49,017^{+0,3} = 0,273_{-0,3}^{+0,31}$$

3) Рассмотрим цепь  $D_{34}, D_{32}, z_{D34}$  (Рисунок 2.3.4.1, в)

В этой цепи известно: составляющее звено  $D_{34} = 49,017^{+0,3}$  и минимальное значение припуска  $z_{D34min} = 0.247$  мм

а) Находим среднее значение  $z_{D34}$ :

$$z_{34}^c = z_{D34min} + \frac{TD_{32} + TD_{34}}{2} = 0.247 + \frac{0.3 + 0.3}{2} = 0.547 \text{ мм}$$

б) Определим среднее значение звена  $D_{32}$ :

$$D_{32}^c = D_{34}^c - z_{34}^c = 49,017 - 0.547 = 48.47 \text{ мм}$$

$$D_{32} = 48.47 \pm 0,15 \text{ мм}$$

$$D_{32\phi} = 48,47^{+0,3} \text{ мм}$$

с) Определим фактическое значение припуска  $z_{D44}$ :

$$z_{D34\phi} = D_{34} - D_{32\phi} = 49,017^{+0,3} - 48,47^{+0,3} = 0,547_{-0,3}^{+0,3} \text{ мм}$$

4) Рассмотрим цепь  $D_{32}, D_{12}, z_{D32}$  (Рисунок 2.3.4.1, г)

В этой цепи известно: составляющее звено  $D_{32} = 48,47^{+0,3}$  мм и минимальное значение припуска  $z_{D32min} = 0.247$  мм

а) Находим среднее значение  $z_{D32}$ :

$$z_{32}^c = z_{D32min} + \frac{TD_{32} + TD_{31}}{2} = 0.247 + \frac{0.3 + 0.3}{2} = 0.547 \text{ мм}$$

б) Определим среднее значение звена  $D_{31}$ :

$$D_{31}^c = D_{32}^c - z_{32}^c = 48.47 - 0.547 = 47.923 \text{ мм}$$

$$D_{31} = 47.923 \pm 0,15 \text{ мм}$$

$$D_{31\phi} = 47.923^{+0,3} \text{ мм}$$

с) Определим фактическое значение припуска  $z_{D44}$ :

$$z_{D32\phi} = D_{32} - D_{31\phi} = 48,47^{+0,3} - 47.923^{+0,3} = 0,547_{-0,3}^{+0,3} \text{ мм}$$



### 2.3.5 Расчет технологических размеров при обработке внутренней поверхности $\varnothing 40$ мм

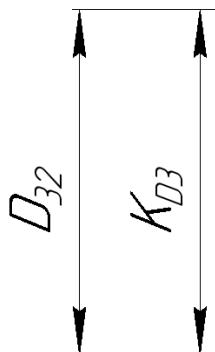


Рисунок 2.3.5.1 - Размерная схема для определения внутреннего технологического размера  $\varnothing 40$  мм

Решение:

В этой цепи составляющее звено  $D_{32} = K_{D3} = 40^{+0.3}$  мм (рисунок 2.3.5.1)

### 2.3.6 Расчет технологических размеров при обработке поверхности $\varnothing 54_{-0.4}$ мм

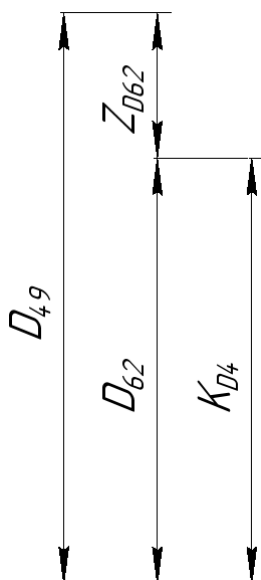


Рисунок 2.3.6.1 - Размерная схема для определения технологического размера  $\varnothing 54_{-0.4}$  мм

Решение:

1) Рассмотрим часть цепи  $D_{62}, D_{49}, z_{D62}$  (Рисунок 2.3.6.1)

В этой цепи известно: составляющее звено  $D_{62} = K_{D4} = \varnothing 54_{-0.4}$  мм и минимальное значение припуска,  $z_{D62min} = 0,092$  мм

а) Определим среднее значение  $D_{62}$

$$D_{62}^c = D_{62} + \frac{HOD_{62} + BOD_{62}}{2} = 54 + \frac{-0.4 + 0}{2} = 53.8 \text{ мм}$$

Звено  $D_{62}$  записываем в виде  $D_{62} = 53,8 \pm 0,2$  мм

б) Находим среднее значение  $z_{D62}$

$$z_{D62}^c = z_{D62min} + \frac{TD_{62} + TD_{49}}{2} = 0.092 + \frac{0.4 + 0.4}{2} = 0.492 \text{ мм}$$

с) Определяем среднее значение звена  $D_{49}$

$$D_{49}^c = D_{62}^c + z_{D62}^c = 53.8 + 0.492 = 54.292 \text{ мм}$$

д) Вычисляем номинальное значение звена

$$D_{49} = D_{49}^c - \frac{HOD_{49} + BOD_{49}}{2} = 54.292 - \frac{0 - 0.4}{2} = 54,492 \text{ мм}$$

Следовательно, расчетное значение этого звена:

$$D_{49\phi} = 54,492_{-0.4} \text{ мм}$$

е) Вычислим фактическое значение припуска  $z_{D62}$

$$z_{D62\phi} = D_{49\phi} - D_{62} = 54,492_{-0.4} - 54_{-0.4} = 0,492_{-0.4}^{+0.4} \text{ мм}$$

### 2.3.7 Расчет технологических размеров при обработке поверхности

$$\varnothing 60^{+0.4} \text{ мм}$$

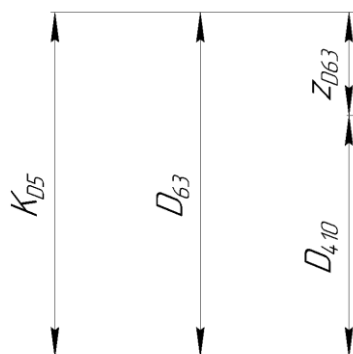


Рисунок 2.3.7.1 - Размерная схема для определения технологического размера  $\varnothing 60^{+0.4}$  мм

Решение:

1) Рассмотрим часть цепи  $D_{63}, D_{410}, z_{D63}$  (Рисунок 2.3.7.1)

В этой цепи известно: составляющее звено  $D_{63} = K_{D5} = \varnothing 60^{+0,4}$  мм и минимальное значение припуска,  $z_{D63min} = 0,126$  мм

а) Определим среднее значение  $D_{63}$

$$D_{63}^c = D_{63} + \frac{HOD_{63} + BOD_{63}}{2} = 60 + \frac{0 + 0,4}{2} = 60,2 \text{ мм}$$

б) Находим среднее значение  $z_{D63}$

$$z_{D63}^c = z_{D63min} + \frac{TD_{63} + TD_{410}}{2} = 0,126 + \frac{0,4 + 0,4}{2} = 0,526 \text{ мм}$$

с) Определяем среднее значение звена  $D_{410}$

$$D_{410}^c = D_{63}^c - z_{D63}^c = 60,2 - 0,526 = 59,674 \text{ мм}$$

$$D_{410} = 59,674 \pm 0,2 \text{ мм}$$

$$D_{410\phi} = 59,474^{+0,2} \text{ мм}$$

## 2.4 Расчет продольных технологических размеров

### 2.4.1 Определение допусков на технологические продольные размеры

Допуски на диаметральные размеры в общем случае могут быть рассчитаны по следующей формуле:

$$TA_i = \omega_{ci} + \rho_{и} + \varepsilon_6,$$

где

$\omega_{ci}$  – статическая погрешность, мкм [7, Приложение 1];

$\rho_{и}$  – отклонение измерительной базы, мкм [7, Приложение 3];

$\varepsilon_6$  – погрешность базирование, мкм [7, Приложение 4];

Запишем величины  $TA_i$  в таблицу 2.4.1.1 для всех линейных технологических размеров и проведем расчет допусков:

Таблица 2.4.1.1 – Расчет допусков

	$\omega_{ci}, \text{ мм}$	$\rho_{и}, \text{ мкм}$	$\varepsilon_{\phi}, \text{ мкм}$	$TA_i, \text{ мм}$
$TA_{11}$	0,30	20	80	0,4
$TA_{21}$	0,30	0	0	0,30
$TA_{31}$	0,30	0	0	0,30
$TA_{32}$	0,30	0	0	0,30
$TA_{33}$	0,30	0	0	0,30
$TA_{34}$	0,30	0	0	0,30
$TA_{41}$	0,20	0	0	0,20
$TA_{43}$	0,20	0	0	0,20
$TA_{44}$	0,20	0	0	0,20
$TA_{45}$	0,20	0	0	0,20
$TA_{46}$	0,20	0	0	0,20
$TA_{47}$	0,20	0	0	0,20
$TA_{48}$	0,20	0	0	0,20
$TA_{61}$	0,15	0	0	0,15
$TA_{62}$	0,15	0	0	0,15
$TA_{63}$	0,15	0	0	0,15
$TA_{64}$	0,15	0	0	0,15
$TA_{65}$	0,15	0	0	0,15

$$TA'_{61} = \frac{T_{ZD61}}{2} = 0,71^{+0,16}_{-0,31} \text{ мм}$$

## 2.4.2 Определение минимальных припусков на обработку плоскостей

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

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

где

$Rz$  – шероховатость поверхности, мкм (Приложение 2 [6]);

$h$  – величина дефектного слоя поверхности, мкм (Приложение 2 [6]);

$\rho$  – точность геометрической формы, мкм (Приложение 3 [6]);

Запишем величины  $z_{imin}$  в таблицу 2.4.2.1 для всех продольных припусков и рассчитаем величину минимальных припусков:

Таблица 2.4.2.1 – Расчет минимальных припусков на линейные технологические размеры

	$Rz_{i-1}$ , мкм	$h_{i-1}$ , мкм	$\rho_{i-1}$ , мкм	$z_{imin}$ , мм
$z_{21min}$	100	50	20	0.17
$z_{31min}$	100	50	20	0.17
$z_{32min}$	100	50	20	0.17
$z_{33min}$	100	50	20	0.17
$z_{41min}$	15	20	15	0.05
$z_{44min}$	15	20	15	0.05
$z_{61min}$	20	25	15	0.06
$z_{62min}$	20	25	15	0.06
$z_{63min}$	20	25	15	0.06
$z_{64min}$	20	25	15	0.06
$z_{65min}$	20	25	15	0.06

### 2.4.3 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.

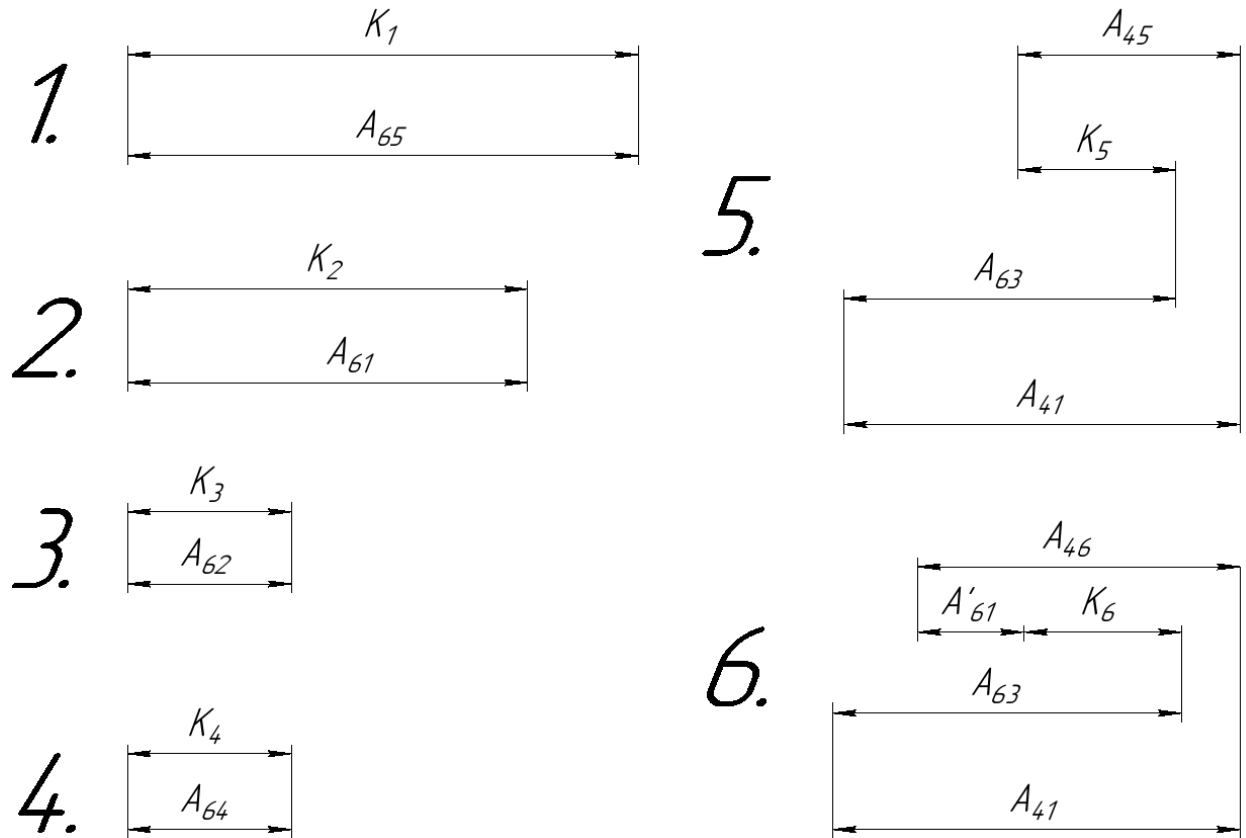


Рисунок 2.4.3.1 – Размерные цепи продольных технологических размеров с конструкторскими размерами

Для размерной цепи №5:

$$TK_5 = 0.4 \geq 0.32 = \sqrt{TA_{63}^2 + TA_{41}^2 + TA_{45}^2} = \sqrt{0.15^2 + 0.2^2 + 0.2^2}$$

Для размерной цепи №6:

$$TK_6 = 0.4 \geq 0.397 = \sqrt{TA_{63}^2 + TA_{41}^2 + TA_{46}^2 + TA_{61}'^2} \\ = \sqrt{0.15^2 + 0.2^2 + 0.2^2 + 0.235^2}$$

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

1) Рассмотрим двухзвенные цепи с технологическими размерами, равными конструкторским размерам (рисунок 2.4.3.1).

$$\text{№1. } A_{65} = K_1 = 150 \pm 0.5 \text{ мм};$$

$$\text{№2. } A_{61} = K_2 = 140 \pm 0.5 \text{ мм};$$

$$\text{№3. } A_{62} = K_3 = 2.2^{+0.1} \text{ мм};$$

$$\text{№4. } A_{64} = K_4 = 2.2^{+0.1} \text{ мм};$$

2) Рассмотрим двухзвенные цепи с технологическими размерами, равными диаметральным припускам (Рисунок 2.4.3.2):

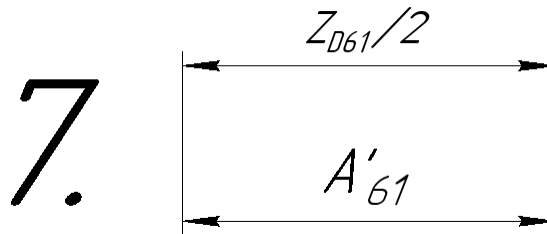


Рисунок 2.4.3.2 – Размерные цепи продольных технологических размеров с размерами диаметральных припусков

$$\text{№11. } A'_{61} = \frac{Z_{D61}}{2} = 0.235 \text{ мм}$$

3) Рассмотрим трехзвенные цепи с припусками (Рисунок 2.4.3.3):

**1) Рассмотрим цепь №8 (рисунок 2.4.3.3), и найдем размер  $A_{45}$ :**

Среднее значение этого размера будет равно:

$$A_{45}^c = z_{63}^c + K_5^c$$

Для начала необходимо определить  $z_{63}^c$ :

$$z_{63}^c = z_{63min} + \frac{TA_{45} + TK_5}{2} = 0.06 + \frac{0.2 + 0.25}{2} = 0.285 \text{ мм}$$

$$A_{45}^c = 0.285 + 1.5 = 1.785 \text{ мм}$$

Окончательно запишем  $A_{45} = 1.785 \pm 0.1$

$$z_{63} = A_{45} - K_5 = 1.785_{-0.1}^{+0.1} - 1.5_{-0.125}^{+0.125} = 0.285_{-0.225}^{+0.225} \text{ мм}$$

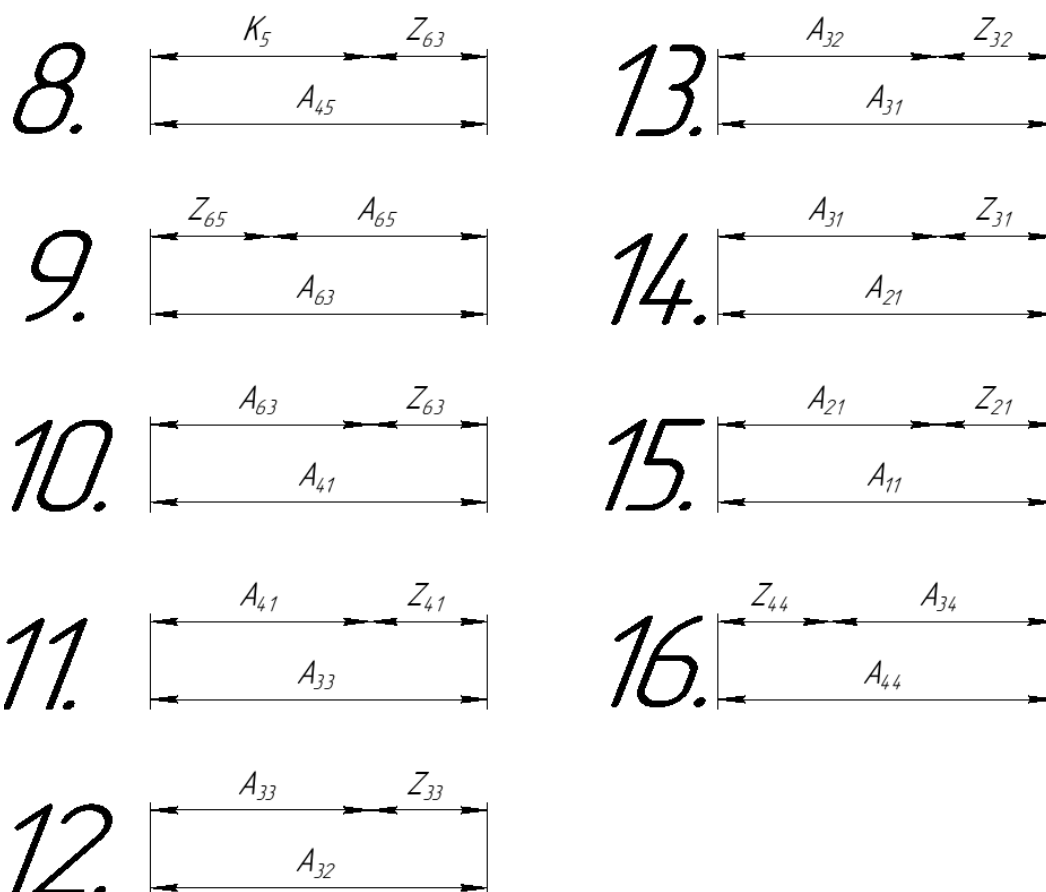


Рисунок 2.4.3.3 – Размерные цепи продольных технологических размеров с припусками

## 2) Рассмотрим цепь №9 (рисунок 2.4.3.3), и найдем размер $A_{63}$ :

Среднее значение этого размера будет равно:

$$A_{63}^c = z_{65}^c + A_{65}^c$$

Для начала необходимо определить  $z_{65}^c$ :

$$z_{65}^c = z_{65min} + \frac{TA_{65} + TA_{63}}{2} = 0.06 + \frac{0.15 + 0.15}{2} = 0.21 \text{ мм}$$

$$A_{63}^c = 0.21 + 150 = 150.21 \text{ мм}$$

Окончательно запишем  $A_{63} = 150.21 \pm 0.075$

$$z_{65} = A_{63} - A_{65} = 150.21_{-0.075}^{+0.075} - 150_{-0.5}^{+0.5} = 0.635_{-0.575}^{+0.575} \text{ мм}$$

## 3) Рассмотрим цепь №10 (рисунок 2.4.3.3), и найдем размер $A_{41}$ :

Среднее значение этого размера будет равно:

$$A_{41}^c = z_{63}^c + A_{63}^c$$

Для начала необходимо определить  $z_{63}^c$ :



$$z_{63}^c = z_{63min} + \frac{TA_{41} + TA_{63}}{2} = 0.06 + \frac{0.2 + 0.15}{2} = 0.235 \text{ мм}$$

$$A_{41}^c = 0.235 + 150.21 = 150.445 \text{ мм}$$

Окончательно запишем  $A_{41} = 150.445 \pm 0,1$

$$z_{63} = A_{41} - A_{63} = 150.445_{-0,1}^{+0,1} - 150.21_{-0,075}^{+0,075} = 0.235_{-0,175}^{+0,175} \text{ мм}$$

#### 4) Рассмотрим цепь №11 (рисунок 2.4.3.3), и найдем размер $A_{33}$ :

Среднее значение этого размера будет равно:

$$A_{33}^c = z_{41}^c + A_{41}^c$$

Для начала необходимо определить  $z_{41}^c$ :

$$z_{41}^c = z_{41min} + \frac{TA_{41} + TA_{33}}{2} = 0.05 + \frac{0.2 + 0.3}{2} = 0.3 \text{ мм}$$

$$A_{33}^c = 0.3 + 150.445 = 150,745 \text{ мм}$$

Окончательно запишем  $A_{33} = 150,745 \pm 0,15$

$$z_{41} = A_{33} - A_{41} = 150,745_{-0,15}^{+0,15} - 150.445_{-0,1}^{+0,1} = 0.3_{-0,25}^{+0,25} \text{ мм}$$

#### 5) Рассмотрим цепь №12 (рисунок 2.4.3.3), и найдем размер $A_{32}$ :

Среднее значение этого размера будет равно:

$$A_{32}^c = z_{33}^c + A_{33}^c$$

Для начала необходимо определить  $z_{33}^c$ :

$$z_{33}^c = z_{33min} + \frac{TA_{32} + TA_{33}}{2} = 0.17 + \frac{0.3 + 0.3}{2} = 0.47 \text{ мм}$$

$$A_{32}^c = 0.47 + 150,745 = 151.215 \text{ мм}$$

Окончательно запишем  $A_{32} = 151.215 \pm 0,15$

$$z_{33} = A_{32} - A_{33} = 151.215_{-0,15}^{+0,15} - 150,745_{-0,15}^{+0,15} = 0.47_{-0,3}^{+0,3} \text{ мм}$$

#### 6) Рассмотрим цепь №13 (рисунок 2.4.3.3), и найдем размер $A_{31}$ :

Среднее значение этого размера будет равно:

$$A_{31}^c = z_{32}^c + A_{32}^c$$

Для начала необходимо определить  $z_{32}^c$ :

$$z_{32}^c = z_{32min} + \frac{TA_{32} + TA_{31}}{2} = 0.17 + \frac{0.3 + 0.3}{2} = 0.47 \text{ мм}$$

$$A_{31}^c = 0.47 + 151.215 = 151,685 \text{ мм}$$

Окончательно запишем  $A_{31} = 151,685 \pm 0,15$

$$z_{32} = A_{31} - A_{32} = 151,685_{-0,15}^{+0,15} - 151.215_{-0,15}^{+0,15} = 0.47_{-0,3}^{+0,3} \text{ мм}$$

**7) Рассмотрим цепь №14 (рисунок 2.4.3.3), и найдем размер  $A_{21}$ :**

Среднее значение этого размера будет равно:

$$A_{21}^c = z_{31}^c + A_{31}^c$$

Для начала необходимо определить  $z_{31}^c$ :

$$z_{31}^c = z_{31min} + \frac{TA_{21} + TA_{31}}{2} = 0.17 + \frac{0.3 + 0.3}{2} = 0.47 \text{ мм}$$

$$A_{21}^c = 0.47 + 151,685 = 152.155 \text{ мм}$$

Окончательно запишем  $A_{21} = 152.155 \pm 0,15$

$$z_{31} = A_{21} - A_{31} = 152.155_{-0,15}^{+0,15} - 151,685_{-0,15}^{+0,15} = 0.47_{-0,3}^{+0,3} \text{ мм}$$

**8) Рассмотрим цепь №15 (рисунок 2.4.3.3), и найдем размер  $A_{11}$ :**

Среднее значение этого размера будет равно:

$$A_{11}^c = z_{21}^c + A_{21}^c$$

Для начала необходимо определить  $z_{21}^c$ :

$$z_{21}^c = z_{21min} + \frac{TA_{21} + TA_{11}}{2} = 0.17 + \frac{0.3 + 0.4}{2} = 0.52 \text{ мм}$$

$$A_{11}^c = 0.52 + 152.155 = 152,675 \text{ мм}$$

Окончательно запишем  $A_{11} = 152.675 \pm 0,2$

$$z_{21} = A_{11} - A_{21} = 152.675_{-0,2}^{+0,2} - 152.155_{-0,15}^{+0,15} = 0.52_{-0,35}^{+0,35} \text{ мм}$$

**8) Рассмотрим цепь №16 (рисунок 2.4.3.3), и найдем размер  $A_{34}$ :**

Среднее значение этого размера будет равно:

$$A_{34}^c = A_{44}^c - z_{44}^c$$

Для начала необходимо определить  $z_{44}^c$ :

$$z_{44}^c = z_{44min} + \frac{TA_{44} + TA_{34}}{2} = 0.17 + \frac{0.2 + 0.3}{2} = 0.42 \text{ мм}$$

$$A_{34}^c = 139.825 - 0.42 = 139.405 \text{ мм}$$

Окончательно запишем  $A_{34} = 139.405 \pm 0,15$

$$z_{44} = A_{44} - A_{34} = 139,825_{-0,1}^{+0,1} - 139.405_{-0,15}^{+0,15} = 0.42_{-0,25}^{+0,25} \text{ мм}$$

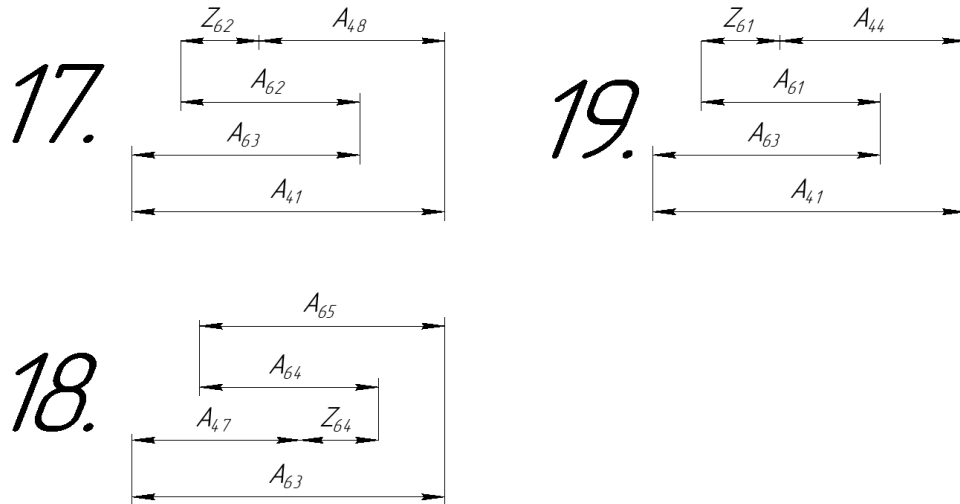


Рисунок 2.4.3.4 – Размерные цепи пятизвенных продольных технологических размеров

4) Рассмотрим пятизвенные цепи с припусками (Рисунок 4.3.4):

1) Рассмотрим цепь №17 (рисунок 2.4.3.4), и найдем размер  $A_{48}$ :

$$A_{48}^c = A_{62}^c + A_{41}^c - A_{63}^c - z_{62}^c$$

Для начала необходимо определить  $z_{62}^c$ :

$$z_{62}^c = z_{62min} + \frac{TA_{62} + TA_{41} + TA_{63} + TA_{48}}{2} = 0.06 + \frac{0.1 + 0.2 + 0.15 + 0.2}{2} = 0.385 \text{ мм}$$

$$A_{48}^c = A_{62}^c + A_{41}^c - A_{63}^c - z_{62}^c = 2,2 + 150.445 - 150.21 - 0,385 = 2,05 \text{ мм}$$

Окончательно запишем  $A_{48} = 2,05 \pm 0,1 \text{ мм}$

Посчитаем фактический припуск  $z_{62}$ :

$$z_{62}^c = A_{62} + A_{41} - A_{63} - A_{48} = 2,2^{+0,1} + 150.445_{-0,1}^{+0,1} - 150.21_{-0,075}^{+0,075} - 2,05_{-0,1}^{+0,1} = 0,385_{-0,275}^{+0,375}$$

**2) Рассмотрим цепь №18 (рисунок 2.4.3.4), и найдем размер  $A_{47}$ :**

$$A_{47}^c = A_{63}^c + A_{64}^c - A_{65}^c - z_{64}^c$$

Для начала необходимо определить  $z_{64}^c$ :

$$z_{64}^c = z_{64min} + \frac{TA_{63} + TA_{47} + TA_{65} + TA_{64}}{2} = 0.06 + \frac{0.15 + 0.2 + 0.15 + 0.1}{2} = 0.36 \text{ мм}$$

$$A_{47}^c = A_{63}^c + A_{64}^c - A_{65}^c - z_{64}^c = 150.21 + 2.2 - 150 - 0.36 = 2.05$$

Окончательно запишем  $A_{47} = 2,05 \pm 0,1 \text{ мм}$

Посчитаем фактический припуск  $z_{62}$ :

$$z_{64}^c = A_{63} + A_{64} - A_{65} - A_{47} = 150.21_{-0,075}^{+0,075} + 2,2_{-0,075}^{+0,1} - 150_{-0,075}^{+0,075} - 2,05_{-0,1}^{+0,1} = 0,36_{-0,25}^{+0,35} \text{ мм}$$

**3) Рассмотрим цепь №19 (рисунок 2.4.3.4), и найдем размер  $A_{44}$ :**

$$A_{44}^c = A_{61}^c + A_{41}^c - A_{63}^c - z_{61}^c$$

Для начала необходимо определить  $z_{61}^c$ :

$$z_{61}^c = z_{61min} + \frac{TA_{61} + TA_{41} + TA_{63} + TA_{44}}{2} = 0.06 + \frac{0.15 + 0.2 + 0.15 + 0.2}{2} = 0.41 \text{ мм}$$

$$A_{44}^c = A_{61}^c + A_{41}^c - A_{63}^c - z_{61}^c = 140 + 150.445 - 150.21 - 0.41 = 139.825 \text{ мм}$$

Окончательно запишем  $A_{44} = 139,825 \pm 0,1 \text{ мм}$

Посчитаем фактический припуск  $z_{61}$ :

$$z_{61}^c = A_{61} + A_{41} - A_{63} - A_{44} = 140_{-0,075}^{+0,075} + 150.445_{-0,1}^{+0,1} - 150.21_{-0,075}^{+0,075} - 139,825_{-0,1}^{+0,1} = 0,41_{-0,35}^{+0,35} \text{ мм}$$

Таблица 2.4.3.1 – Результаты расчетов

Обозначение технологического размера	Принятое значение и предельные отклонения технологического размера
$A_{11}$	$152,675 \pm 0,2$
$A_{21}$	$152,155 \pm 0,15$
$A_{31}$	$151,685 \pm 0,15$
$A_{32}$	$151,215 \pm 0,15$
$A_{33}$	$150,745 \pm 0,15$
$A_{34}$	$139,405 \pm 0,15$
$A_{41}$	$150,445 \pm 0,1$
$A_{44}$	$139,825 \pm 0,1$
$A_{45}$	$1,785 \pm 0,1$
$A_{47}$	$2,05 \pm 0,1$
$A_{48}$	$2,05 \pm 0,1$
$A_{61}$	$140 \pm 0,5$
$A_{62}$	$2,2^{+0,1}$
$A_{63}$	$150,21 \pm 0,075$
$A_{64}$	$2,2^{+0,1}$
$A_{65}$	$150 \pm 0,5$

По данным технологического маршрута (Таблица 2.2.1) сделаем размерную схему [Приложение Г] и граф дерева [Приложение Д], а также составим расчетно-технологическую схему [Приложение Е], карту наладки [Приложение Ж] и операционную карту [Приложение З] для чистовой токарной обработки.

## 2.5 Выбор режущего инструмента и расчет режимов резания

Подобрать инструмент и рассчитать режимы резания для внутреннего отверстия детали “Корпус”  $\varnothing 50^{+0,16}$  мм для которой был произведен расчет припусков.

### 2.5.1 Сверление

Сверло 2300-0226 ГОСТ 10902-77 с диаметром  $\varnothing 14$  мм.  $d=14$ ,  $L = 160$ ,  $l=108$

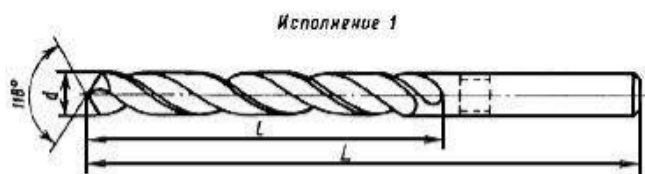


Рисунок 2.5.1.1 - Сверло 2300-0226 ГОСТ 10902-77

Глубина резания:

При сверлении глубина резания :  $t = 0,5 \cdot D$ . [6, с.277, табл. 25]

$$t = 0,5 \cdot 14 = 7.$$

Подача:

$$S = 0,22 \text{ мм/об.}$$

1.Скорость резания рассчитывается по формуле [6, с.276]:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v$$

где,  $C_v$ ,  $m$ ,  $y$  – коэффициенты приведенные в таблице 28 [6, с.278]

$$C_v = 9,8, q = 0,4, y = 0,5, m = 0,2$$

$K_v$  – общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания. Рассчитывается по формуле [6, с.276]:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Иv} \cdot K_{tv},$$

$K_{Mv}$  – коэффициент на обрабатываемый материал [2, с.262, табл.3]

$K_{Иv}$  – коэффициента на инструментальный материал [2, с.263, табл 6]

$K_{tv}$  – коэффициент, учитывающий глубину сверления [2, с.280, табл.31]

$$K_{Mv} = 1$$

$$K_{Иv} = 1,16$$

$$K_{t\vartheta} = 0,6$$

$$T = 20 \text{ [6, с.279, табл.30]}$$

$$K_{\vartheta} = 1 \cdot 1,16 \cdot 0,6 = 0,696$$

$$\vartheta = \frac{9,8 \cdot 14^{0,4}}{20^{0,2} \cdot 0,22^{0,5}} \cdot 0,696 = 22,955 \text{ м/мин}$$

2. Крутящий момент, Н · м рассчитывают по формуле [6, с.277]:

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

$C_M, q, y$  – коэффициенты, приведенные в [6, с.281, табл.32]

Коэффициент  $K_p$  рассчитывается по формуле [6, с.264, табл.9]

$$C_M = 0,0345$$

$$q = 2$$

$$y = 0,8$$

$$K_p = K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{980}{750} \right)^1 = 1,3$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 14^2 \cdot 0,22^{0,8} \cdot 1,3 = 26,179 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

3. Мощность резания:

Мощность резания рассчитывается по формуле [6, с.280] :

$$N_e = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750},$$

где  $n$  – частота вращения инструмента или заготовки, об/мин [6, с.280]:

$$n = \frac{1000 \cdot \vartheta}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 22,955}{3,14 \cdot 14} = 522,179 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

$$N_e = \frac{26,179 \cdot 522,179}{9750} = 1,4 \text{ кВт}$$

## 2.5.2 Сверление

Сверло 2300-0249 ГОСТ 10902-77 с диаметром  $\varnothing 20$  мм.

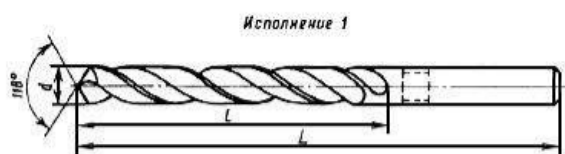


Рисунок 2.5.2.1 - Сверло 2300-0249 ГОСТ 10902-77 .  $d=20$ ,  $L = 205$ ,  $l=140$

### Глубина резания:

При сверлении глубина резания :  $t = 0,5 \cdot D$ . [6, с.276, рис 2, а]

$$t = 0,5 \cdot 20 = 7$$

### Подача:

$$S = 0,4 \text{ мм/об. [6, с.277, табл. 25]}$$

1.Скорость резания рассчитывается по формуле [6, с.276]:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v$$

где,  $C_v$ ,  $m$ ,  $y$  – коэффициенты приведенные в таблице 28 [6, с.278]

$$C_v = 9,8, q = 0,4, y = 0,5, m = 0,2$$

$K_v$  – общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания. Рассчитывается по формуле [6, с.276]:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Иv} \cdot K_{tv},$$

$K_{Mv}$  – коэффициент на обрабатываемый материал [6, с.262, табл.3]

$K_{Иv}$  – коэффициента на инструментальный материал [6, с.263, табл 6]

$K_{tv}$  – коэффициент, учитывающий глубину сверления [6, с.280, табл.31]

$$K_{Mv} = 1$$

$$K_{Иv} = 1,16$$

$$K_{tv} = 0,6$$

$$T = 20 \text{ [6, с.279, табл.30]}$$

$$K_v = 1 \cdot 1,16 \cdot 0,6 = 0,696$$

$$v = \frac{9,8 \cdot 20^{0,4}}{20^{0,2} \cdot 0,4^{0,5}} \cdot 0,696 = 19.634 \text{ м/мин}$$

2.Крутящий момент, Н · м рассчитывают по формуле [6, с.277]:

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

$C_M$ ,  $q$ ,  $y$  – коэффициенты, приведенные в [6, с.281, табл.32]

Коэффициент  $K_p$  рассчитывается по формуле [6, с.264, табл.9]

$$C_M = 0,0345$$

$$q = 2$$



$$y = 0,8$$

$$K_p = K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{990}{750} \right)^1 = 1,32$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 20^2 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1,32 = 87,52 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

3. Мощность резания:

Мощность резания рассчитывается по формуле [6, с.280] :

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750},$$

где  $n$  – частота вращения инструмента или заготовки, об/мин [6, с.280]:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 19,634}{3,14 \cdot 20} = 312,64 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

$$N_e = \frac{87,52 \cdot 312,64}{9750} = 2,806 \text{ кВт}$$

### 2.5.3 Черновое точение

Резец токарный проходной расточной ГОСТ 18883 с напайными твердосплавными пластинами: Резец 2141-0029 Т15К6 ГОСТ 18879-73 (обработка цилиндрической поверхности);  $h \times b = 20 \times 20$   $d = 14$   $L = 200$   $m = 6,0$

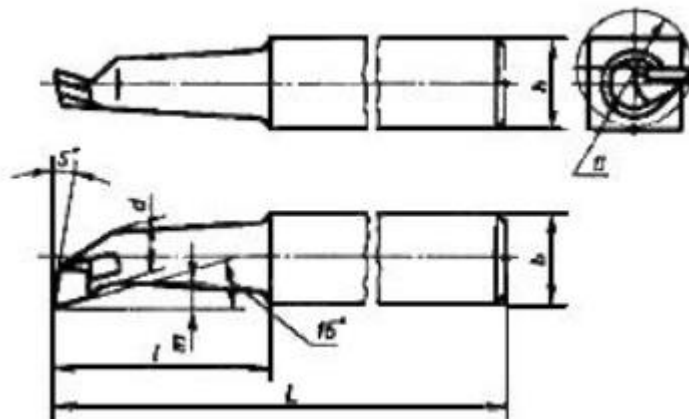


Рисунок 2.5.3.1 - Резец 2141-0029 Т15К6 ГОСТ 18879-73

Глубина резания:

$$t = 0,547 \text{ мм [6, с. 265]}$$

Подача:

$$S = 0.2 \text{ мм/об [6, с.267, табл.12]}$$

Стойкость:

$$T = 45 \text{ мин [6, с. 268]}$$

Расчет скорости резания

При продольном растачивании рассчитывают по эмпирической формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y},$$

где  $C_v, x, y, m$  – коэффициент и показатели степени приведенные в [6, с.269, табл. 17]

$$C_v = 420, \quad x = 0,15, \quad y = 0,20, \quad m = 0,20$$

$$v = \frac{420}{45^{0,2} \cdot 0,547^{0,15} \cdot 0,2^{0,20}} = 296.28 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

Расчет силы резания.

Силу резания, принято раскладывать на составляющие силы, направленные по осям координат станка (тангенциальную  $P_z$ , радиальную  $P_y$  и осевую  $P_x$ ).

При растачивании эти составляющие можно найти по формуле [6, с.271]:

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p$$

где,  $C_p, x, y, n$  – постоянная и показатели степени для конкретных условий обработки принимаемые из [6, с.273, табл.22], коэффициент  $K_p$  рассчитывается следующим образом:

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

Рассчитываем составляющую силы  $P_z$ .

Коэффициент  $K_{Mp}$  рассчитывается по формуле [6, с.264, табл.9]:  $K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n$ , при этом  $n = 1$ , так как обработка ведется резцами.

$$K_{Mp} = \left(\frac{990}{750}\right)^1 = 1,32$$

$$K_{\varphi p} = 1,08 [2, \text{с.} 275, \text{табл.} 23]$$

$$K_{\gamma p} = 1 [2, \text{с.} 275, \text{табл.} 23]$$

$$K_{\lambda p} = 1 [2, \text{с.} 275, \text{табл.} 23]$$

$$K_p = 1,32 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 1 = 1,4256$$

$$C_p = 300, x = 1, y = 0,75, n = -0,15$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0.547^1 \cdot 0.2^{0,75} \cdot 296,28^{-0,15} \cdot 1,4256 = 297.87 \text{ Н}$$

Рассчитываем составляющую силы  $P_y$ .

Коэффициент  $K_{Mp}$  рассчитывается по формуле [6, с. 264, табл. 9]:  $K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n$ , при этом  $n = 1$ , так как обработка ведется резцами.

$$K_{Mp} = \left(\frac{990}{750}\right)^1 = 1,32$$

$$K_{\varphi p} = 1.3 [6, \text{с.} 275, \text{табл.} 23]$$

$$K_{\gamma p} = 1 [6, \text{с.} 275, \text{табл.} 23]$$

$$K_{\lambda p} = 1.25 [6, \text{с.} 275, \text{табл.} 23]$$

$$K_p = 1,32 \cdot 1.3 \cdot 1 \cdot 1.25 = 2.145$$

$$C_p = 243, x = 0,9, y = 0,6, n = -0,3$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0.547^{0,9} \cdot 0.2^{0,6} \cdot 296.28^{-0,3} \cdot 2.145 = 209.08 \text{ Н}$$

Рассчитываем составляющую силы  $P_x$ .

Коэффициент  $K_{Mp}$  рассчитывается по формуле [6, с. 264, табл. 9]:  $K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n$ , при этом  $n = 1$ , так как обработка ведется резцами.

$$K_{Mp} = \left(\frac{990}{750}\right)^1 = 1,32$$

$$K_{\varphi p} = 0.78 [2, \text{с.} 275, \text{табл.} 23]$$

$$K_{\gamma p} = 1 [2, \text{с.} 275, \text{табл.} 23]$$

$$K_{\lambda p} = 0.85 [2, \text{с.} 275, \text{табл.} 23]$$

$$K_p = 1,32 \cdot 0,78 \cdot 1 \cdot 0,85 = 0,845$$

$$C_p = 339, x = 1, y = 0,5, n = -0,4$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 0,547^1 \cdot 0,2^{0,5} \cdot 296,28^{-0,4} \cdot 0,845 = 71,92 \text{ Н}$$

#### Расчет мощности резания.

Расчет мощности резания осуществляют согласно формуле [6, с.371]:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}$$

$$N = \frac{297,87 \cdot 296,28}{1020 \cdot 60} = 1,44 \text{ кВт}$$

#### 1. Расчет частоты вращения шпинделя.

Определяем частоту вращения используя формулу:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 296,28}{3,14 \cdot 48,47} = 1500,56 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

### 2.5.4 Черновое точение

Резец токарный проходной расточной ГОСТ 18883 с напайными твердосплавными пластинами: Резец 2140-0030 T15K6 ГОСТ 18879-73 (обработка цилиндрической поверхности); hxb=25x25 d=20 L=240 T=8.0

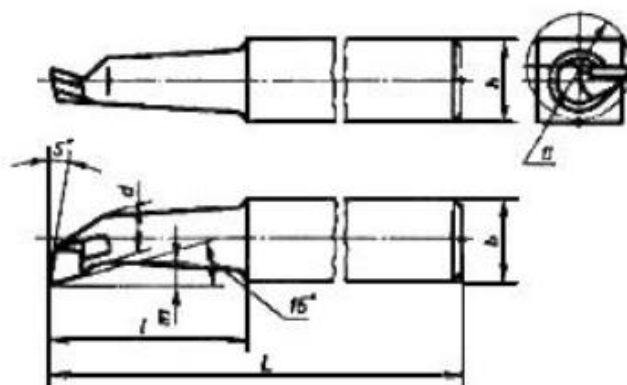


Рисунок 2.5.4.1 - Резец 2140-0030 T15K6 ГОСТ 18879-73

Глубина резания:

$$t = 0,547 \text{ мм [6, с. 265]}$$

Подача:

$$S = 0.4 \text{ мм/об [6, с.266, табл.11]}$$

Стойкость:

$$T = 45 \text{ мин [6, с. 268]}$$

Расчет скорости резания

При продольном растачивании рассчитывают по эмпирической формуле:

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

где  $C_v, x, y, m$  – коэффициент и показатели степени приведенные в [6, с.269, табл. 17]

$$C_v = 350, x = 0,15, y = 0,35, m = 0,2$$

$$v = \frac{350}{45^{0,2} \cdot 0,547^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} = 246.60 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Расчет силы резания.

Силу резания, принято раскладывать на составляющие силы, направленные по осям координат станка (тангенциальную  $P_z$ , радиальную  $P_y$  и осевую  $P_x$ ).

При растачивании эти составляющие можно найти по формуле [6, с.271]:

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot \vartheta^n \cdot K_p$$

где,  $C_p, x, y, n$  – постоянная и показатели степени для конкретных условий обработки принимаемые из [6, с.273, табл.22], коэффициент  $K_p$  рассчитывается следующим образом:

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

Рассчитываем составляющую силы  $P_z$ .

Коэффициент  $K_{Mp}$  рассчитывается по формуле [6,с.264, табл.9]:  $K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n$ , при этом  $n = 1$ , так как обработка ведется резцами.

$$K_{Mp} = \left(\frac{990}{750}\right)^1 = 1,32$$

$$K_{\varphi p} = 1,08 \text{ [6,с.275, табл.23]}$$

$$K_{\gamma p} = 1 \text{ [6,с.275, табл.23]}$$

$$K_{\lambda p} = 1 \text{ [6,с.275, табл.23]}$$

$$K_p = 1,32 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 1 = 1,4256$$

$$C_p = 300, x = 1, y = 0,75, n = -0,15$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0.547^1 \cdot 0.4^{0,75} \cdot 246,60^{-0,15} \cdot 1,4256 = 514,83 \text{ Н}$$

Рассчитываем составляющую силы  $P_y$ .

Коэффициент  $K_{Mp}$  рассчитывается по формуле [6,с.264, табл.9]:  $K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n$ , при этом  $n = 1$ , так как обработка ведется резцами.

$$K_{Mp} = \left(\frac{990}{750}\right)^1 = 1,32$$

$$K_{\varphi p} = 1.3 \text{ [6,с.275, табл.23]}$$

$$K_{\gamma p} = 1 \text{ [6,с.275, табл.23]}$$

$$K_{\lambda p} = 1.25 \text{ [6,с.275, табл.23]}$$

$$K_p = 1,32 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,25 = 2,145$$

$$C_p = 243, x = 0,9, y = 0,6, n = -0,3$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,547^{0,9} \cdot 0,4^{0,6} \cdot 246,60^{-0,3} \cdot 2,145 = 334,86 \text{ Н}$$

Рассчитываем составляющую силы  $P_x$ .

Коэффициент  $K_{Mp}$  рассчитывается по формуле [6, с.264, табл.9]:  $K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n$ , при этом  $n = 1$ , так как обработка ведется резцами.

$$K_{Mp} = \left(\frac{990}{750}\right)^1 = 1,32$$

$$K_{\varphi p} = 0,78 [2, \text{с.275, табл.23}]$$

$$K_{\gamma p} = 1 [2, \text{с.275, табл.23}]$$

$$K_{\lambda p} = 0,85 [2, \text{с.275, табл.23}]$$

$$K_p = 1,32 \cdot 0,78 \cdot 1 \cdot 0,85 = 0,845$$

$$C_p = 339, x = 1, y = 0,5, n = -0,4$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 0,547^1 \cdot 0,4^{0,5} \cdot 246,60^{-0,4} \cdot 0,845 = 109,46 \text{ Н}$$

Расчет мощности резания.

Расчет мощности резания осуществляют согласно формуле [6, с.371]:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}$$

$$N = \frac{514,83 \cdot 246,60}{1020 \cdot 60} = 2,06 \text{ кВт}$$

2. Расчет частоты вращения шпинделя.

Определяем частоту вращения используя формулу:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 246,60}{3,14 \cdot 48,47} = 1580,56 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

### 2.5.5 Центрование

Сверло 2317-0007 ГОСТ 14952-75 тип А для центровочных отверстий  $60^\circ$  без предохранительного конуса.

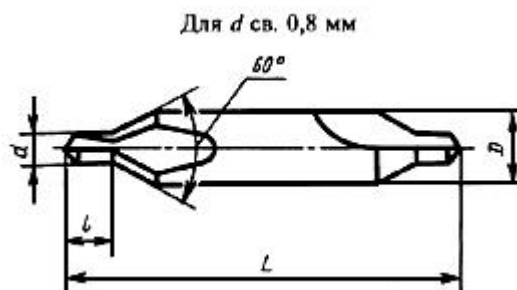


Рисунок 2.5.5.1 - Сверло 2317-0007 ГОСТ 14952-75 тип А

Так как при центровании показатели требуемой мощности очень малы, расчет режима резания не производится.

В результате проведенного расчета режимов резания, было установлено, что наибольшая требуемая мощность для обработки равна **12,2 кВт**. Основываясь на полученной величине, производим подбор оборудования.

### 2.5.6 Точение фаски

Резец проходной отогнутый из твердого сплава: Резец 2102-1117 Т15К6 ГОСТ 18868-73

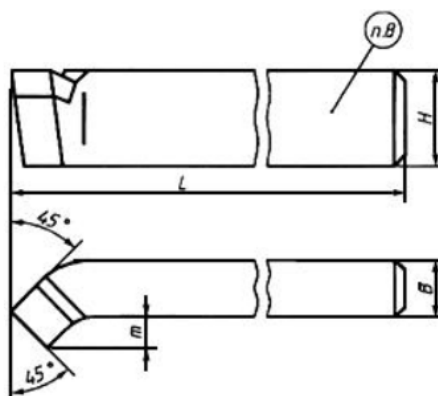


Рисунок 2.5.6.1 - Резец 2102-1117 Т15К6 ГОСТ 18868-73



Так как при точении фасок показатели требуемой мощности очень малы, расчет режима резания не производится.

### 2.5.7 Точение канавки

Резец проходной отогнутый из твердого сплава: Резец 2130-0308 Т15К6 ГОСТ 18884-73

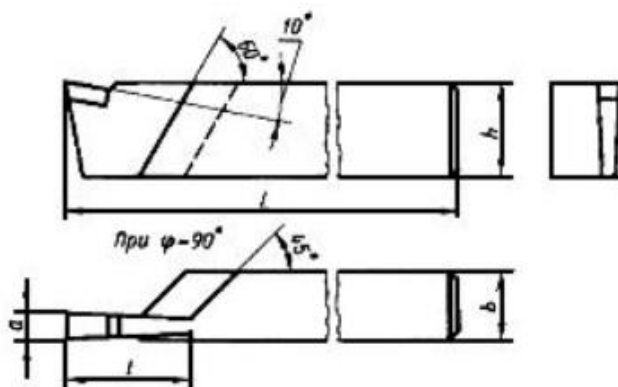


Рисунок 2.5.7.1 - Резец 2130-0308 Т15К6 ГОСТ 18884-73

Так как при точении канавки показатели требуемой мощности очень малы, расчет режима резания не производится.

В результате проведенного расчета режимов резания, было установлено, что наибольшая требуемая мощность для обработки равна 1.867 кВт. Основываясь на полученной величине, производим подбор оборудования.

### Проверка по мощности привода шпинделя станка

Мощность, затрачиваемая на резание  $N$  должна быть меньше или равна мощности на шпинделе  $N_{\text{шп}}$ :

$$N \leq N_{\text{шп}} = N_{\text{э}} \eta$$

где

$N_{\text{э}}$  – мощность электродвигателя токарного станка, кВт;

$\eta$  – КПД привода токарного станка

$$1,867 \leq 15 * 0,75$$

$$1,867 \leq 11,25$$



## 2.6 Выбор оборудования

1. Для токарной черновой обработки выбираем токарно - винторезный универсальный станок 16K20 [6, с. 15]

Таблица 2.6.1 – Токарно-винторезный универсальный станок

Изображение	Параметр	Значение
	Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки	
	-над станиной	400
	-над суппортом	220
	Наибольший диаметр прутка, проходящего через отверстие шпинделя	53
	Наибольшая длина обрабатываемой заготовки	710; 1000; 1400
	Частота вращения шпинделя	12.5 - 1600
	Число скоростей шпинделя	22
	Наибольшее перемещения суппорта	645-1935
	-продольное	300
	-поперечное	
	Подача суппорта	
	-продольная	0.05-2.8
	-поперечная	0.025-1.4
	Мощность электродвигателя, кВт	11
	Габаритные размеры (без ЧПУ)	2505-
	-длина	3795
	-ширина	1190
	-высота	1450

2. Для чистового точения и нарезания резьбы выбираем станок с ЧПУ НК63В.

Таблица 2.6.2 – Станок с ЧПУ НК63В

Изображение	Параметр	Значение
	Наибольший диаметр заготовки устанавливаемой над станиной, мм	630
	Наибольший диаметр заготовки обрабатываемой над суппортом, мм	360
	Максимальная длина детали	1000; 1500
	Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм	1000/1500/3000
	Мощность электродвигателя главного привода, кВт	11
	Количество и диапазон скоростей вращения шпинделя, об/ми	3/20-1120
	Сечение резца, мм	32x32
	Число резцов, одновременно устанавливаемых в резцедержателе	6
	Габаритные размеры -длина -ширина -высота	3500; 4000 1580 1850

3. Для шлифования выбираем внутришлифовальный станок 3К228В [6, с. 35]

Таблица 2.6.3 – Внутришлифовальный станок 3К228В

Изображение	Параметр	Значение
	Наибольший диаметр устанавливаемой заготовки	560
	Наибольшая длина заготовки	200
	Диаметр шлифуемых отверстий	40-200
	Наибольший ход стола	630
	Наибольший диаметр и высота шлифовального круга	180х63
	Частота вращения шпинделя	
	-внутришлифовального	4500;
	-бабки заготовки	6000
	-торце шлифовального приспособления	100-600
	Мощность электродвигателя	400
	Габаритные размеры	
	-длина	5,5
	-ширина	4005
	-высота	2305
		1870

4. Для отрезания заготовки выбираем станок выбираем MBS-910CS-  
Ленточнопильный станок

Таблица 2.6.3 – Ленточнопильный станок MBS-9130CS

Изображение	Параметр	Значение
	Диаметр отрезаемой заготовки, мм	225
	Максимальная длина заготовки, мм	300
	Скорость движения полотна, м/мин	35 - 70
	Высота рабочего стола, мм	980
	Выходная мощность, кВт	1,1
	Потребляемая мощность, кВт	2,1
	Зона обработки при 45°, мм	160,140, 115x115
	Сплошное сечение, мм	150
	Размеры ленточного полотна, мм	27x0,9x2455
	Масса, кг	220

## 2.7 Нормирование

Норма времени выполнения операций на станках с ЧПУ, при условии использования одного станка, включает в себя подготовительно – заключительное время, т.е. время, затраченное на подготовку к выполнению работы и действий, связанных с ее окончанием и штучное время, отводимое на изготовление единицы продукции.

$$H_{\text{вр}} = T_{\text{пз}} + T_{\text{шт}}$$

$T_{\text{шт}}$  – определяется из формулы [6, с.5]

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} \left( 1 + \frac{T_{\text{обс}} + T_{\text{отл}}}{100} \right)$$

где  $T_{\text{оп}}$  – оперативное время, мин;  $T_{\text{обс}}$  и  $T_{\text{отл}}$  – время на обслуживание рабочего места и время на отдых и личные нужды соответственно, % от  $T_{\text{оп}}$  (4-8%).

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{а}} + T_{\text{в}},$$

здесь  $T_{\text{а}}$  – время автоматической работы станка, мин;  $T_{\text{в}}$  – время вспомогательной ручной работы, мин.

Производим расчет времени автоматической работы, представляющего собой совокупность основного и вспомогательного времени работы станка:

$$T_{\text{а}} = T_{\text{оа}} + T_{\text{ва}},$$

где  $T_{\text{оа}}$  – основное время автоматической работы, мин;  $T_{\text{ва}}$  – вспомогательное время автоматической работы, мин.

Расчет основного времени автоматической работы станка:

$$T_{\text{оа}} = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{S_{Mi}},$$

$L_i$  – длина пройденного пути инструментом, при обработке заготовки, мм

$S_{Mi}$  – рабочая минутная подача, на обрабатываемом участке, мм/мин.

Обработка инструментом ПИ1:

Исходя из составленной расчетной технологической карты рассчитана суммарная длина пройденного пути инструментом, при обработке заготовки, она составила  $L_i$

При точении канавки резец прошел  $L_i = 139,825$  мм

$$S_{Mi} = n \cdot S$$

где  $n$  – частота вращения вала шпинделя на данной операции;

$S$  – подача инструмента, выбранная для данной операции.

$$S_{Mi} = 1619 \cdot 0,3 = 485,7 \text{ мм/об}$$

$$T_{oa} = \frac{139,825}{485,7} = 0,287 \text{ мин}$$

Расчет времени автоматической вспомогательной работы станка:

$$T_{ва} = T_{вха} + T_{ост}$$

где,  $T_{вха}$  – время автоматических вспомогательных ходов, мин;  $T_{ост}$  – время технологических пауз, мин.

$$T_{вха} = \frac{L_{xx}}{S_{ум}}$$

$L_{xx}$  – длина пути проходимого на холостом ходу, мм;  $S_{ум}$  – ускоренная минутная подача, мм/мин.

Длина пути, проходимого на холостом ходу находим из расчетно технологической карты.

$$L_{xx} = 486,505 \text{ мм}$$

$$T_{вха} = \frac{486,505}{2000} = 0,243 \text{ мин}$$

$$T_a = 0,287 + 0,243 + 0 = 0,53$$

Производим расчет времени вспомогательной ручной работы, представляющего собой совокупность времени на снятие и установку  $T_{ву}$ , времени на выполнение операций  $T_{во}$  и времени на контрольные измерения  $T_{ви}$ :

$$T_B = T_{ву} + T_{во} + T_{ви},$$

$$T_{ву} = 0,32 \text{ мин [8, с.84, карта 15]}$$

$$T_{во} = 0$$

$$T_{ви} = 0,1 \text{ мин [8, с. 52, карта 3]}$$

$$T_B = 0,32 + 0 + 0,1 = 0,42 \text{ мин}$$



Расчет оперативного времени:

$$T_a = 0,530$$

$$T_{оп} = T_a + T_b = 0,530 + 0,42 = 0,95 \text{ мин}$$

Расчет штучного времени:

$$T_{обс} + T_{отл} = 0,08 \cdot T_{оп} = 0,08 \cdot 0,95 = 0,076 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = 0,95 \cdot (1 + 0,0076) = 0,95 \text{ мин}$$

Расчет нормы времени:

$$H_{вр} = T_{пз} + T_{шт}$$

$$T_{пз} = 0,95$$

$$H_{вр} = 0,95 + 0,95 = 1,9 \text{ мин}$$

## 2.8 Заключение

В ходе работы над технологической частью был спроектирован технологический процесс изготовления детали типа «корпус». В ходе проектирования были произведены выбор заготовки и моделирование маршрута обработки в условиях мелкосерийного производства. Рассчитаны припуски на механическую обработку и режимы резания. На основании полученных режимов резания, произведен подбор оборудования, режущего инструмента, обеспечивающих их реализации. Был произведен подбор измерительного инструмента согласно требуемой точности и типу производства, а также спроектированы расчетно-технологическая карта, операционная карта.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4А6В	Русину Александру Александровичу

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Материаловедение</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	15.03.01 Машиностроение

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

1. Стоимость ресурсов исследовательской работы (ИР): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Анализ конкурентных технических решений (ИР)	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения (ИР)	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования.
3. Составление бюджета инженерного проекта (ИР)	Расчет: Расчет бюджетной стоимости ИР по разработке вибрационного станка для виброабразивной обработки детали
4. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности (ИР)	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)**

1. Оценка конкурентоспособности ИР
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет ИР
5. Основные показатели эффективности ИР

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	13.04.2020
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Кащук Ирина Вадимовна	к.т.н., доцент		13.04.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4А6В	Русин Александр Александрович		13.04.2020

### 3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

#### Введение

Основной задачей данного раздела является оценка перспективности разработки и планирование коммерческой ценности конечного продукта, производимых в рамках ИР. Коммерческая ценность проекта определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными проектами, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на такие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, какой бюджет исследовательской работы, какое время будет необходимо для продвижения проекта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала внедрения данной методики;
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной эффективности исследования.

Цель работы – разработка вибрационного станка для финишной обработки детали. Данное устройство служит для обеспечения требуемой шероховатости и физико-механических свойств поверхности и поверхностных слоев, снятие дефектных слоев, удаление металлических заусенцев.

#### 3.1 Анализ конкурентных технических решений

В процессе работы рассматривались три варианта реализации данного устройства:

Вариант 1 – Электрохимическая виброабразивная обработка;

Вариант 2 – Магнитно-виброабразивной обработки;

Вариант 3 – Механическая виброабразивная обработка

Детальный анализ конструктивного исполнения необходим, т.к. каждый тип конструктивного исполнения имеет свои достоинства и недостатки.

Данный анализ производится с применением оценочной карты, приведенной в таблице 3.1. Экспертная оценка производится по техническим характеристикам и экономическим показателям по 5 бальной шкале, где 1 – наиболее низкая оценка, а 5 – наиболее сильная. Общий вес всех показателей в сумме должен составлять 1.

Таблица 3.1.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
Возможность внедрения устройства в единую систему автоматики	0.13	3	4	4	0.39	0.52	0.52
Удобство в эксплуатации	0.15	3	4	5	0.45	0.6	0.75
Стабильность срабатывания	0.11	3	3	4	0.33	0.33	0.44
Контроль времени задержки коммутации без подключения дополнительного оборудования	0.09	3	3	4	0.27	0.27	0.36
Простота конструкции и ремонтопригодность	0.11	3	4	5	0.33	0.44	0.55
Компактность	0.08	2	3	2	0.16	0.21	0.16
Безопасность	0.11	4	3	5	0.44	0.33	0.55
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
Цена	0.06	2	3	4	0.12	0.18	0.24
Предполагаемый срок эксплуатации	0.11	3	3	5	0.33	0.33	0.55
Затраты на ремонт	0.05	2	2	4	0.10	0.10	0.20
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>28</b>	<b>32</b>	<b>42</b>	<b>2.92</b>	<b>3.31</b>	<b>4.32</b>

Расчет конкурентоспособности, на примере стабильности срабатывания, определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i = 0,1 \cdot 3 = 0,3,$$

где  $K$  – конкурентоспособность проекта;  $B_i$  – вес показателя (в долях единицы);  $B_i$  – балл показателя.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что вариант устройства №3 является наиболее предпочтительным и является наиболее выгодным и эффективным типом исполнения готового устройства.

## 3.2 SWOT-анализ

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Таблица 3.2.2 – SWOT-анализ

	<b>Strengths (сильные стороны)</b> S1. Техническая простота конструкции; S2. Равномерность обработки поверхностного слоя деталей S3. Возможность регулирования параметров вибрации благодаря гидравлическому оборудованию; S4. Невысокие температуры в зоне резания, из-за меньшей величины контакта абразива с поверхностью детали на единицу площади S5. Применимость к деталям любой формы и сложности геометрии. S6. Высокая производительность S7. Возможность внедрения устройства в производство.	<b>Weaknesses (слабые стороны)</b> W1. Большое количество гидравлического оборудования. W2. Неравномерная обработка в различных зонах контейнера W3. Сложность обработки деталей, соизмеримых по массе с гранулами W4. Сложность и необходимость индивидуального подхода для подключения гидравлического оборудования.
<b>Opportunities (возможности)</b> O1. Новые технологии финишной обработки детали. O2. Отсутствие выброса в окружающую среду вредных веществ. O3. Требования к повышению качества поверхности детали O4. Возможность автоматизировать процесс виброобработки	Получение нового, экологичного, высококачественного устройства для финишной обработки деталей.	Трудозатратное, дорогостоящее устройство с использованием новых технологий.
<b>Threats (угрозы)</b> T1. Незаинтересованность покупателей. T2. Отсутствие заинтересованных инвесторов проекта. T3. Узкоспециализированное направление.	Высокая конкуренция компенсируется техническими возможностями устройства.	Ввиду отсутствия популярности и трудозатратности проекта, а также его обслуживания может наблюдаться низкий спрос.

Таблица 3.2.3 – Связь сильных сторон с возможностями

	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S5</b>	<b>S6</b>	<b>S7</b>
<b>O1</b>	+	+	-	+	+	+	+
<b>O2</b>	-	-	+	-	-	-	-
<b>O3</b>	+	+	+	+	+	+	+
<b>O4</b>	-	-	+	+	+	+	+

Таблица 3.2.4 – Связь слабых сторон с возможностями

	<b>W1</b>	<b>W2</b>	<b>W 3</b>	<b>W4</b>
<b>O1</b>	-	-	-	-
<b>O2</b>	+	-	-	-
<b>O3</b>	-	-	+	+
<b>O4</b>	+	-	+	+

Таблица 3.2.5 – Связь сильных сторон с угрозами

	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S5</b>	<b>S6</b>	<b>S7</b>
<b>T1</b>	-	-	+	-	-	-	-
<b>T2</b>	+	+	-	-	+	-	-
<b>T3</b>	-	-	-	+	-	+	+

Таблица 3.2.6 – Связь слабых сторон с угрозами

	<b>W1</b>	<b>W2</b>	<b>W3</b>	<b>W4</b>
<b>T1</b>	+	+	+	+
<b>T2</b>	+	+	+	+
<b>T3</b>	-	-	+	+

В результате проведенных оценки конкурентоспособности и SWOT – анализа можно сделать вывод, что вариант устройства №3 является наиболее предпочтительным, выгодным и эффективным типом исполнения готового устройства по сравнению с вариантами №1 и №2. Среди сильных сторон наибольший вес равномерность обработки поверхностного слоя деталей, возникающего под некоторым углом. Среди слабых сторон - большое количество гидравлического оборудования.

### 3.3 Планирование научно-исследовательских работ

#### 3.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Комплекс предполагаемых работ включает в себя следующие задачи:

- определить структуру работ в рамках проектирования;
- определить участников каждой работы;
- установить продолжительность работ;
- построить график проведения отдельных этапов проектирования.

Для выполнения данного проекта необходимо сформировать рабочую группу, в состав которой входят руководитель и инженер. Для каждой из запланированных работ, необходимо выбрать исполнителя этой работы.

Разработанный список задач и производимых работ, в рамках проектирования, а также распределение исполнителей по этим работам, представлен в виде Таблица 3.3.1.1



Таблица 3.3.1.1 – Список производимых задач и работ и их исполнители

№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
1	Формирование и утверждение технического задания	Руководитель
2	Выбор направления исследований	Руководитель
3	Литературный обзор по теме	Инженер
4	Составление плана работ по проекту	Руководитель
5	Анализ возможных вариантов исполнения устройства и компьютерное моделирование	Инженер
6	Создание макета в соответствии с выбранным исполнением и выполнение испытаний	
7	Анализ эффективности полученных результатов	Руководитель
		Инженер
8	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель
9	Создание принципиальной схемы	Инженер
10	Технико-экономические расчеты	Инженер
11	Создание пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

### 3.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Основная часть стоимости разработки проекта составляется из трудовых затрат, поэтому важно определить трудоемкость работ всех участников разработки проекта.

Несмотря на то, что трудоемкость зависит от трудно учитываемых параметров, т.е. носит вероятностный характер, ее можно определить

экспертным путем, в «человеко-днях». Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости  $t_{oji}$  определяется по формуле:

$$t_{oji} = \frac{3 \cdot t_{mini} + 2 \cdot t_{maxi}}{5},$$

где  $t_{mini}$  – минимально возможное время выполнения поставленной задачи исполнителем (является оптимистичной оценкой: при удачном стечении обстоятельств), чел.-дн.;  $t_{maxi}$  – максимально возможное время выполнения поставленной задачи исполнителем (является пессимистичной оценкой: при неудачном стечении обстоятельств, чел.-дн.

На основании расчетов ожидаемой трудоемкости работ, необходимо определить продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ :

$$T_{pi} = \frac{t_{oji}}{Ч_i},$$

Где  $Ч_i$  – количество исполнителей, одновременно выполняющих поставленную задачу, чел.

По всем работам результаты расчета продолжительности в рабочих днях представлены в таблице 3.3.3.1

### 3.3.3 Разработка графика проведения проектирования

Диаграмма Ганта является наиболее удобным и наглядным способом представления графика проведения работ.

Диаграмма Ганта представляет собой отрезки, размещенные на горизонтальной шкале времени. Каждый отрезок соответствует отдельной задаче или подзадаче. Начало, конец и длина отрезка на шкале времени соответствуют началу, концу и длительности задачи.

Для построения графика Ганта, следует, длительность каждой из выполняемых работ из рабочих дней перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой, для каждого исполнителя расчеты производятся индивидуально:

$$T_{ki.рук} = T_{pi} \cdot k_{кап},$$

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кап},$$

где  $k_{кап}$  – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кап.рук} = \frac{T_{кап}}{T_{кап} - T_{вых} - T_{пр}},$$

$$k_{кап.инж} = \frac{T_{кап}}{T_{кап} - T_{вых} - T_{пр}},$$

где  $T_{кап}$  – общее количество календарных дней в году;  $T_{пр}$  – общее количество праздничных дней в году.

Расчет трудоемкости и продолжительности работ, на примере задачи «Составление плана работ по проекту»:

$$t_{ож\ i} = \frac{3 \cdot t_{min\ i} + 2 \cdot t_{max\ i}}{5} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 6}{5} = 4,8 \text{ чел. – дн.},$$

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{ч} = \frac{4,8}{1} = 4,8 \text{ раб. дн.},$$

Расчет календарного коэффициента для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{366}{366 - 118} = 1,47$$

Расчет календарной продолжительности выполнения работы, на примере задачи «Выбор направления исследований»:

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал} = 4,8 \cdot 1,47 = 7,08 \approx 7 \text{ кал. дн.}$$

Все полученные значения в календарных днях округляются до целого числа, а затем сводятся в таблицу 3.3.3.1

Таблица 3.3.3.1 – Временные показатели проектирования

Номер работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$		Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$	
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ожі}$ , чел-дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
1	5	-	6	-	5,4	-	5,4	-	7,97	-
2	4	-	6	-	5,8	-	5,8	-	8,56	-
3	-	3	-	4	-	3,4	-	3,4	-	5,02
4	4	-	6	-	4,8	-	4,8	-	7,08	-
5	-	6	-	7	-	6,4	-	6,4	-	9,44
6	-	7	-	8	-	7,4	-	7,4	-	10,92
7	3	2	5	4	3,8	2,8	1,9	1,4	2,8	2,06
8	4	-	6	-	4,8	-	4,8	-	7,08	-
9	-	4	-	6	-	4,8	-	4,8	-	7,08
10	-	4	-	6	-	4,8	-	4,8	-	7,08
11	-	5	-	7	-	5,8	-	5,8	-	8,56

После расчета и сведения в таблицу временных показателей проектирования, на основе полученной таблицы строится диаграмма Ганта для руководителя и инженера.

Таблица 3.3.3.2 - Диаграмма Ганта для руководителя и инженера.

№ ра бо т	Исполнители	$T_{ki}$ , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
			февр.			март			апрель			май			июнь	
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Руководитель	8	■													
2	Руководитель	9		■												
3	Инженер	5			▨											
4	Руководитель	7				■										
5	Инженер	10					▨									
6	Инженер	10						▨								
7	Руководитель, Инженер	5							■	▨						
8	Руководитель	7								■						
9	Инженер	7									▨					
10	Инженер	7										▨				
11	Инженер	9											▨			

▨ - Инженер; ■ - Руководитель;

Таблица 3.3.3.3 – Сводная таблица по календарным дням

Наименование	Количество дней
Общее количество календарных дней для выполнения работы	84
Общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер	50
Общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель	34

В результате выполнения подраздела был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей, а также рассчитано количество дней, в течение которых работал каждый из исполнителей.

### 3.3.4 Цели и результат исследования

Определим заинтересованные стороны и их ожидания, результат сведем в таблицу 3.3.4.1

Таблица 3.3.4.1 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Руководитель проекта	Реализация проекта
Исполнитель проекта	Получение степени бакалавра
НИ ТПУ	Привлечение средств хозяйственных договоров, рост средней оплаты труда, рост рейтинга НИ ТПУ
Предприятия	Рост эффективности производства, качественное техническое обслуживание оборудования

Определим цели и результаты проекта, сведя их в таблицу 3.3.4.2

Таблица 3.3.4.2 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Исследование установки
Ожидаемые результаты проекта:	Готовое изделие и его стабильная работа
Критерии приемки результата проекта:	Исполнение устройством поставленных задач
Требования к результату проекта:	Увеличение качества поверхности деталей на этапе финишной обработки детали

### 3.3.5 Организационная структура проекта

Исполнителей и их роли в создании проекта сведем в таблицу 3.3.5.1

Таблица 3.3.5.1 – Рабочая группа проекта

Роль в проекте	Функции	Трудо-затраты, час.
Руководитель проекта	1. Анализ имеющихся технических решений и результатов. 2. Проведение экспериментов	272
Исполнитель проекта	1. Подготовка и проведение экспериментов. 2. Анализ результатов экспериментов. 3. Анализ имеющихся технических решений и результатов.	400
<b>Итого</b>		<b>672</b>

## 3.4 Бюджет исследовательской работы

При планировании бюджета исследовательской работы должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице 3.4.4.2

### 3.4.1 Расчет амортизации

Расчёт амортизации производится на находящееся в использовании оборудование. В итоговую стоимость проекта входят отчисления на амортизацию за время использования оборудования в статье накладных расходов.

Таблица 3.4.1.1 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Электродвигатель 2.2 кВт	1	10	17500	17500
2	Рабочая камера	1	10	2000	2000

Продолжение таблицы 3.4.1.1

3	Гидронасос аксиально-поршневой	1	7	40000	40000
4	Бак металлический 150 л.	2	10	2000	4000
5	Вибровозбудитель	1	6	20000	20000
6	Нереверсивный насос	1	6	30000	30000
<b>Итого:</b>					103 500 тыс. руб.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации:

$$H_A = \frac{1}{n},$$

где  $n$  – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация:

$$A = \frac{H_A \cdot И}{12} \cdot t,$$

где  $И$  – итоговая сумма, тыс. руб.;  $t$  – время использования, мес.

Рассчитаем амортизацию для электродвигателя 2,2 кВт, с учётом, что срок полезного использования 10 лет:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{10} = 0,1$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

Электродвигатель:

$$A = \frac{0,1 \cdot 17500}{12} \cdot 4 = 584 \text{ руб.}$$

Рабочая камера:

$$A = \frac{0,1 \cdot 2000}{12} \cdot 4 = 66 \text{ руб.}$$

Гидронасос аксиально-поршневой:

$$A = \frac{0,14 \cdot 40000}{12} \cdot 4 = 1844 \text{ руб.}$$

Бак металлический:

$$A = \frac{0,1 \cdot 4000}{12} \cdot 4 = 133 \text{ руб.}$$



Вибровозбудитель:

$$A = \frac{0,16 \cdot 20000}{12} \cdot 4 = 1066 \text{ руб.}$$

Нереверсивный насос:

$$A = \frac{0,16 \cdot 30000}{12} \cdot 4 = 1000 \text{ руб.}$$

Суммарные затраты амортизационных отчислений:

$$A = 584 + 66 + 1844 + 133 + 1066 + 1000 = 4693 \text{ руб.}$$

### 3.4.2 Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов)

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода.

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов). Результаты по данной статье заносятся в таблицу 3.4.2.1

Таблица 3.4.2.1 – Сырье, материалы и комплектующие изделия

Наименование	Количество, шт.	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Карандаш чертежный	3 шт.	22	66
Краска для принтера	1 шт.	600	600
Бумага для принтера А4 (500 листов)	1 шт	200	200
Ручка шариковая	5 шт	30	150
Рукава высокого давления	20 шт. (1 шт- 450 мм)	212	4240
Фильтр напорный	1 шт	6600	6600
Фитинги, крепежи	36 шт.	100	3600
Чугун	70 кг	7	490
Стальная плита (сталь 45)	5 кг	47	235
Шарниры	4 шт.	4500	18000
Стальное основание (Сталь 45)	20 кг	47	940
Итого:	35120 руб.		

### 3.4.3 Специальное оборудование для исследовательских (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Таблица 3.4.3.1 – Специальное оборудование для экспериментальных работ

Наименование оборудования	Количество единиц	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
1. Гидромотор	1 шт.	45000	45000
2. Дроссель	1 шт.	5000	5000
3. Вентиль	1 шт.	500	500
4. Манометр	2 шт.	500	1000
6.Предохранительный клапан	2 шт.	2000	4000
Итого		55500	

### 3.4.4 Основная заработная плата

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата  $Z_{\text{осн}}$  одного работника рассчитывается по следующей формуле:

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

где  $Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата, руб.;  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (табл. 3.3.3.1)

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

При отпуске в 28 раб. дня –  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная рабочая неделя;

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{48750 \cdot 11,2}{233} = 2343,35 \text{ руб.}$$

где  $Z_m$  – должностной оклад работника за месяц;  $F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей, раб.дн. (табл. 3.4.4.1);  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{33150 \cdot 11,2}{270} = 1375,11 \text{ руб.}$$

Должностной оклад работника за месяц:

Для руководителя:

$$З_m = З_m \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 25000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 48750 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$З_m = З_m \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.}$$

где  $З_m$  – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;  $k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равен 0,3;  $k_d$  – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;  $k_p$  – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 3.4.4.1 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	52/14	52/14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	56/10	24/5
Действительный годовой фонд рабочего времени	233	270

Таблица 3.4.4.2 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители	$З_{мс}, \text{руб}$	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$З_m, \text{руб}$	$З_{дн}, \text{руб}$	$T_p, \text{раб.дн.}$	$З_{осн}, \text{руб}$
Руководитель	25000	0,3	0,2	1,3	48750	2343,35	34	80520
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1375,11	52	71505
Итого:								152505

### 3.4.5 Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

Для руководителя:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 80520 = 12078 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 71505 = 10725 \text{ руб.}$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

#### 3.4.6 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

Для руководителя:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (80520 + 12078) = 27\,780 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (71505 + 10725) = 24\,670 \text{ руб.}$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

#### 3.4.7 Накладные расходы

Накладными расходами учитываются прочие затраты организации, такие как: печать и ксерокопирование проектировочных документов, оплата услуг связи.

Накладные расходы в целом:

$$\begin{aligned} З_{\text{накл}} &= \left( \frac{\text{сумма статей}}{6} \right) \cdot k_{\text{нр}} = \\ &= (4693 + 35120 + 55500 + 152505 + 22803 + 52450) \cdot 0,2 = \\ &= 64\,614 \text{ руб} \end{aligned}$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

Таблица 3.4.7.1 – Группировка затрат по статьям

Статьи								
Амортизация, руб	Сырье, материалы, руб	Специальное оборудование, руб	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб	Отчисления на социальные нужды, руб	Итого без накладных расходов, руб	Накладные расходы, руб	Итого бюджетная стоимость, руб
4693	35120	55500	152505	22803	52450	323071	64614	387685

### 3.5 Определение ресурсоэффективности исследования

Интегральный показатель финансовой эффективности исследовательской работы получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

В качестве вариантов исполнения были выбраны ближайшие аналоги:

1. Пружинный виброизолятор с демпфером в маятниковом подвесе;
2. Динамический гаситель;

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения исследовательской работы (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{387685}{400000} = 0,97$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{p2}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{380000}{400000} = 0,95$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{395000}{400000} = 0,99$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

### 3.5.1 Интегральный показатель ресурсоэффективности

Определение ресурсоэффективности происходит на основе интегрального показателя ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент проекта;

$b_i$  – бальная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расставляем бальные оценки и весовые коэффициенты в соответствии с приоритетом характеристик проекта, рассчитываем конечный интегральный показатель и сводим полученные результаты в таблицу 3.5.1.1

Таблица 3.5.1.1 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Механическая-виброабразивной обработки	Электрохимическая виброабразивная обработка	Магнитно-виброабразивной обработки
1. Безопасность при использовании установки	0,25	5	3	4
2. Стабильность работы	0,20	4	4	3
3. Технические характеристики	0,20	5	4	4
4. Ремонтопригодность	0,15	3	4	3
5. Простота эксплуатации	0,20	5	4	5
Итого:	1	4,5	3,75	3,85

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,25 \cdot 5 + 0,20 \cdot 4 + 0,20 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 + 0,20 \cdot 5 = 4,5$$

$$I_{p2} = 0,25 \cdot 3 + 0,20 \cdot 4 + 0,20 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,20 \cdot 4 = 3,75$$

$$I_{p3} = 0,25 \cdot 4 + 0,20 \cdot 3 + 0,20 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,20 \cdot 5 = 3,85$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп1}} = \frac{I_{\text{р-исп.1}}}{I_{\text{финр.1}}} = \frac{4,5}{0,97} = 4,64$$



Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных (табл. 3.5.1.2). Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ ):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп2}}}{I_{\text{исп1}}} = \frac{4,2}{4,7} = 0,89$$

Таблица 3.5.1.2 – Сводная таблица показателей оценки ресурсоэффективности

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,97	0,95	0,99
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	3,75	3,85
3	Интегральный показатель эффективности	4,64	3,95	3,88
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,85	0,83

### 3.6 Вывод

В результате выполнения изначально сформулированных целей раздела, можно сделать следующие выводы:

1. Результатом проведенного анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации устройства, как наиболее предпочтительного и рационального, по сравнению с остальными;
2. При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Были определены: общее количество календарных дней для выполнения работы – 84 дней, общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер – 50 и общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель - 34;

3. Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 387685 руб;
4. По факту оценки эффективности ИР, можно сделать выводы:
- Значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,97, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной, по сравнению с аналогами;
  - Значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,5, по сравнению с 3,75 и 3,85;
  - Значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 4,64, по сравнению с 3,95 и 3,88, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4А6В	Русин Александр Александрович

Школа	ИШПНТ	Отделение (НОЦ)	Материаловедение
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Тема ВКР:

Виброгаситель с квазиулеевой жесткостью	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.	Объект исследования: вибрационный станок для виброабразивной обработки деталей Область применения: финишные операции при изготовлении детали поверхностей детали
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организованные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны)	- ГОСТ 12.0.003-2015 - ГОСТ 12.1.006-84 - СП 52.13330.2016 - ГОСТ 12. 1.012-90 - СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 - ГОСТ 12. 1.003-2014 ССБТ - ГОСТ 12. 1.019-2017 ССБТ
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов. 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия.	- Повышенный уровень вибрации - Повышенный уровень шума - Недостаточная освещенность - Электрический ток - Отклонение показателей микроклимата от нормы
3. Экологическая безопасность:	Атмосфера: испарении смазывающей жидкости в процессе трения Гидросфера: пролив масла Литосфера: воздействие вибрационными нагрузками
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Пожар, взрыв

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	13.04.2020
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина М.С.			13.04.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А6В	Русин Александр Александрович		13.04.2020

## 4 Социальная ответственность

### Введение

Вибрационные методы обработки и соответствующие машины и оборудования получили за последнее время в различных отраслях народного хозяйства широкое распространение. Их внедрение способствует интенсификации различных процессов, повышает уровень механизации и автоматизации многих трудоёмких работ, способствует усовершенствованию или разработке новых технологических процессов, увеличивает экономическую эффективность и производительность труда.

В данной работе представлены вредные и опасные факторы, которые влияют на человека и окружающую среду в процессе проектирования виброабразивного станка для вибрационной обработки деталей. Данное вибрационное устройство относится к финишным методам обработки и служит для обеспечения требуемой шероховатости и физико-механических свойств поверхности и поверхностных слоев, снятие дефектных слоев, удаление металлических заусенцев.

Помещение, в котором осуществлялось проектирование и исследование вибрационного станка для виброабразивной обработки деталей – 207 аудитория 16 А корпуса Национального исследовательского Томского политехнического университета.

## 4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

### 4.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства

К работе допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие обучение, имеющие профессиональную подготовку, соответствующую характеру работы, инструктаж на рабочем месте и проверку знаний требований безопасности:

- по электробезопасности;
- работа с электрооборудованием.
- работа с гидроприводом

Суммарное время работы в контакте с оборудованием, вызывающим вибрацию в пределах норм, не должно превышать 2/3 рабочей смены. При этом продолжительность одноразового непрерывного воздействия вибрации, включая микропаузы, входящие в данную операцию, не должна превышать для работающих на оборудовании 40 мин, а для применяющих ручные машины 15-20 мин. При непрерывной работе с применением вибраторов необходимо соблюдать следующий режим: обеденный перерыв не менее 40 мин и два регламентированных перерыва: один - 20 мин, через 1-2 ч после начала смены, другой - 30 мин, через 2 ч после обеденного перерыва. К работе с ручными вибраторами женщины не допускаются.

### 4.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

Рабочие места с использованием ПЭВМ должны соответствовать требованиям данных Санитарных правил.

Требования к помещениям:

- Окна в помещениях, где эксплуатируется вычислительная техника, преимущественно должны быть ориентированы на север и северо-восток.
- Оконные проемы должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа: жалюзи, занавесей, внешних козырьков и др.

- в помещениях, оборудованных ПЭВМ, проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ПЭВМ.

- шумящее оборудование (печатающие устройства, серверы и т.п.), уровни шума которого превышают нормативные, должно размещаться вне помещений с ПЭВМ.

Рабочим местом является 207 аудитория 16А корпуса ТПУ, где проходят испытания на вибрацию.

Лабораторное место включает: персональный компьютер, вибростенд, вентиляционная установка.

При проектировании работа в основном производится, сидя за персональным компьютером. При работе с ПЭВМ можно столкнуться с рядом вредных факторов и опасностей, к числу которых относятся:

- повышенный уровень вибрации;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- отклонение показателей микроклимата от нормы;
- повышенный уровень электромагнитных излучений;
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека

Рабочее место должно обеспечивать оператору возможность удобного выполнения работ положения сидя и не создавать перегрузки костномышечной системы.

Обеспечение безопасности на рабочем месте подразумевает различные правовые и организационные решения. Для осуществления проектировочной 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.

В соответствии СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [18] рабочее место должно соответствовать следующим правилам:

- рабочее место должно быть размещено таким образом, чтобы естественный свет падал сбоку (оптимально – слева);
- экран видеомонитора должен находиться от глаз на оптимальном расстоянии 600-700мм, но не ближе 500мм.
- высота рабочей поверхности, при организации рабочего места 680 мм;
- высота сиденья 420 мм;
- пространство для ног не менее 500 мм.

Продолжительность непрерывной работы с компьютером и вибрационного станка без регламентированного перерыва не должна превышать 2 часов. Режим работы: неполная рабочая неделя (понедельник, среда, пятница) время начала работы 13:00, время окончания работы 16:00 каждый рабочий день.

#### 4.2. Производственная безопасность

В данном пункте осуществлен анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при разработке, изготовлении или эксплуатации проектируемого устройства вибрационного станка для виброабразивной обработки деталей. Они могут возникнуть в процессе проведения исследований в лаборатории, при разработке или эксплуатации проектируемого оборудования.

Чтобы оценить возникновение вредных и опасных факторов, необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 [19] «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды необходимо представить в виде таблицы.

Таблица 4.2.1 - Возможные опасные и вредные факторы

<b>Факторы (ГОСТ 12.0.003- 2015)</b>	<b>Этапы работ</b>			<b>Нормативные документы</b>
	<b>Разрабо- тка</b>	<b>Изготов- ление</b>	<b>Эксплуа тация</b>	
1.Повышенный уровень вибрации			+	ГОСТ 12.1.012 – 90 ССБТ. Вибрационная болезнь. [20]
2.Превышение уровня шума			+	Общие требования. ГОСТ 12.1.003-2014. «Шум. Общие требования безопасности.» [21]
3.Неправильная освещенность рабочей зоны	+	+	+	СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. [22]
4. Электрический ток	+	+	+	ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. [23]
5. Отклонение показателей микроклимата от нормы	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. [24]

#### 1. Повышенный уровень вибрации

Источником вибрации при эксплуатации является используемое оборудование на вибрационном станке, действия которых основано на



вибрации и ударах, а также мощные электрические установки, а именно: насос, электродвигатель и гидромотор.

Воздействие производственной вибрации на человека вызывает изменения как физиологического, так и функционального состояния организма человека. Изменения в функциональном состоянии организма проявляются в повышении утомляемости, увеличении времени двигательной и зрительной реакции, нарушении вестибулярных реакций и координации движений. Все это ведет к снижению производительности труда. Изменения в физиологическом состоянии организма — в развитии нервных заболеваний, нарушении функций сердечно-сосудистой системы, нарушении функций опорно-двигательного аппарата, поражении мышечных тканей и суставов, нарушении функций органов внутренней секреции. Все это приводит к возникновению вибрационной болезни.

В соответствии с ГОСТ 12.1.012-90 [20], амплитуда вибрации в помещении должна составлять не более  $0,0072 \cdot 10^{-3}$  м при частотах от 31,5 Гц до 63 Гц. На производстве станки работают в диапазонах близких к 60 Гц. Соответственно, не возникает пагубного влияния на организм человека.

Для того, чтобы снизить уровень вибрации до требуемого уровня используются методы защиты оператора от вибрации. Существуют следующие методы, такие как: правильное размещение специального оборудования устройства и оптимальные режимы работы установки.

Чтобы снизить уровень вибрации в цехе, необходимо своевременно осуществлять ремонт оборудования и вовремя смазывать трущиеся поверхности деталей. При работе с оборудованием используются индивидуальные средства защиты: обувь с амортизирующими подошвами, рукавицы и перчатки с мягкими наладонниками

## 2. Превышение уровня шума

Источником шума при эксплуатации является используемое оборудование на вибрационном станке, действия которых основано на

вибрации и ударах, а также мощные электрические установки, а именно: насос, электродвигатель и гидромотор.

Шум с уровнем звукового давления 30 ... 35 дБ является привычным для человека и не беспокоит его. Повышение уровня звукового давления до 40 ... 70 дБ создает значительную нагрузку на нервную систему, вызывая ухудшение самочувствия, снижение производительности умственного труда, а при длительном действии может явиться причиной невроза, язвенной и гипертонической болезни

Воздействие шума на организм может проявляться в виде специфического поражения органа слуха, нарушений со стороны ряда органов и систем, снижения производственного труда, повышения уровня травматизма.

Снижение производительности труда и повышенный травматизм рабочих ряда шумных цехов обусловлены неблагоприятным влиянием шума на нервную систему, функционального состояния двигательного и других анализаторов: нарушается концентрация внимания, точность и координированность движений, ухудшается восприятие звуковых и световых сигналов, раньше возникает чувство усталости и развиваются признаки утомления.

Для снижения уровня шума в соответствии с ГОСТ 12.1.029-80 [20] рекомендуется использовать следующие методы и средства защиты от шума:

- Уменьшение шума в источнике (замена ударных процессов и механизмов безударными, использование принудительной смазки трущихся поверхностей и т.д.)
- Изменение направленности излучения шума
- Рациональная планировка предприятий
- Использование средств индивидуальной защиты

### 3. Неправильная освещенность рабочей зоны

В соответствии с СП 52.13330.2016 [22] неправильная освещенность рабочей зоны относится к вредным производственным факторам, который быстро утомляет человека и снижает его работоспособность. Утомляемость человека может возникать из-за чрезмерной или недостаточной освещенности, а также из-за неправильного направления света.

Освещение рабочего места имеет большое значение. Задачи организации освещённости рабочих мест следующие: уменьшение напряжения и утомляемости органов зрения.

Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, т.е., определяет зрительную работоспособность, на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы, в результате усилий, направленных на выявление четких или сомнительных сигналов.

Работая с плохим освещением или низких уровней, люди могут чувствовать усталость глаз и переутомление, что приводит к снижению работоспособности. Таким образом, становится, очевидно, что неправильное освещение представляет значительную угрозу для здоровья работников.

Защита оператора конструкции от недостаточной освещенности. Нормальное освещение достигается в дневное время за счёт естественного света, проникающего через оконные проёмы, в утренние и вечерние часы за счёт искусственного освещения лампами.

### 4. Электрический ток

Электробезопасность в данной работе, одна из приоритетных задач, так как конструкция работает за счет электродвигателя.

Поражение электрическим током возникает при соприкосновении с электрической цепью, в которой присутствуют источники напряжения или источники тока, которые могут вызвать протекание тока через части тела, попавшие под напряжение. При увеличении тока более 1 мА человек начинает

чувствовать себя некомфортно, возникают болезненные мышечные сокращения, при увеличении тока до 13–15 мА происходит судорожное сокращение мышц, воздействие электрического тока более 30 мА вызывает паралич мышц органов дыхания.

Главным показателем электрооборудования конструкции является напряжение электродвигателя. Для защиты от поражения электрического тока необходимо устанавливать технические средства защиты: электрическое разделение сети, защитное заземление, защитное отключение. Необходимо соблюдать рекомендации по технике безопасности.

Поломка устройства. Если на металлических частях станка обнаружено: нагревание или плавление корпуса, искрение электрооборудования, обрыв питающего кабеля, необходимо остановить работу, доложить о случившемся. Без указаний или присутствия руководителя к работе приступать запрещено.

Сотрудник, до допуска к самостоятельной работе должен пройти инструктаж и проверку знаний по электробезопасности и других нормативно-технических документов, а также обучен приемам освобождения пострадавшего от действия электрического тока, оказания первой помощи при несчастных случаях.

## 5. Отклонение показателей микроклимата от нормы

Микроклимат рабочей зоны оператора определяется действующими на организм человека показателями:

- температуры
- влажности
- скорости движения воздуха

Перечисленные параметры оказывают огромное влияние на функциональную деятельность человека, его самочувствие и здоровье. Температура на рабочем месте оператора важный показатель комфортности. Если в лаборатории, где проводят исследования, установлена некачественная система отопления, оператор будет постоянно страдать от переохлаждения,

частые простудные заболевания, инфекционные болезни и т.д. Длительное воздействие высоких температур при повышенной влажности может привести к перегреву организма, а пониженные температуры при повышенной влажности, могут привести к переохлаждению. К мерам по улучшению воздушной среды в производственной зоне относятся: правильная организация вентиляции воздуха, обогрев помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём.

Для нормализации показателей микроклимата в цехе должны применяться средства защиты: отопление и вентиляция воздуха. Индивидуальные средства защиты: специальная одежда и обувь.

### 4.3 Экологическая безопасность

#### 4.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

##### а) Атмосфера

При испарении смазывающей жидкости в процессе трения или хранения выделяются незначительные объёмы синтетических масел. Данное химическое соединение, попадая в атмосферу, образует достаточно токсичные соединения. Основными загрязнителями атмосферы являются химические вещества.

##### б) Гидросфера

При исследовании воздействия разрабатываемого устройства на окружающую среду было выявлено, что основным источником загрязнения атмосферы является пролив масла в случае выхода из строя рукавов высокого давления, что способно оказывать негативное влияние на здоровье человека и окружающую природную среду. Попадание масла в водоемы приведет к загрязнению гидросферы и гибели водной фауны.

##### в) Литосфера

На литосферу прибор оказывает непосредственное воздействие вибрационными нагрузками. Наиболее чувствительны к сотрясению рыхлые недоуплотненные породы (пески, торф). Прочность этих пород заметно

снижается, они уплотняются, структурные связи нарушаются, возможно, внезапное разжижение и образование оползней, отвалов, плывущих выбросов и других неблагоприятных процессов. Живые организмы в процессе работы вибрационного станка для виброабразивной обработки деталей так же получают негативное вибрационное воздействие, что может заставлять животных покидать места обитания на время сейсмических исследований.

#### 4.3.2 Анализ «жизненного цикла» объекта исследования

Как и любое изделие, вибрационный станок для виброабразивной обработки деталей имеет свой жизненный цикл, начиная от производства, эксплуатации и заканчивая утилизацией. На сегодняшний день сложно указать точный срок службы станка, так как он зависит от многих факторов, не поддающихся оценке, а именно: условия эксплуатации, периодичность ремонта, грамотность обслуживания, соблюдения технических условий работы, климатическая зона использования станка, качество электропитания и расходных материалов и т. п. — всё это делает невозможным предсказать «судьбу» вибрационного станка. Тем не менее, рекомендуется устанавливать период эксплуатации (срок службы), равный 10 лет (120 мес.). В то же время, при правильном обслуживании и бережном отношении, вибрационный станок для виброабразивной обработки деталей, отличающееся конструктивным совершенством и современными материалами, может прослужить гораздо дольше.

При полной исправности узлов и агрегатов допускается использовать оборудование и сверх установленного периода эксплуатации (дольше 10 лет). По истечении установленного срока вибрационный станок не должен в обязательном порядке быть утилизирован, т. к. не содержит в конструкции вредных, токсичных или радиоактивных веществ; станок также не представляет риска пожара или взрывоопасности.

После окончания срока службы необходимо провести экспертизу (представителями сервисного центра изготовителя или иной

квалифицированной инстанции) состояния оборудования. По результатам экспертизы принимается решение о дальнейшей эксплуатации станка (возможно при условии капитального ремонта), или об его утилизации.

Следует отметить, что согласно приказу № 511 от 15.06.2001 г. Министерства природных ресурсов Российской Федерации вибрационный станок относится к 4-му и 5-му классу (т. е. неопасные отходы) для которых не требуется специальной процедуры утилизации. А значит металлические части могут быть приняты как чёрный и цветной лом. Электрические кабели, проводка, и прочая электронная «начинка» утилизируются для дальнейшей переработки как отходы.

#### 4.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Для защиты атмосферы от испарения смазывающей жидкости устанавливают специальные герметические конструкции, которые не позволяют распространяться химической реакции в атмосфере. Таким образом, все химические реакции происходят внутри специальной конструкции.

Для уменьшения риска пролива масла в случае выхода из строя рукавов высокого давления, и загрязнения гидросферы, рекомендуется проводить следующие мероприятия:

- Проверка соединительных шлангов устройства
- Проведение своевременных ремонтных работ
- Обслуживание технологических компонентов оборудования

Снизить негативное вибрационное воздействие на литосферу возможно с помощью использования специальных демпфирующих покрытий, устройств для виброгашения, а также с помощью максимального уменьшения времени, амплитуды и частоты.

## 4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

### 4.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Наиболее распространенными источниками возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера являются пожары и взрывы. В данном вибрационном станке взрыв возможен из-за гидравлического удара.

Гидравлический удар – это резкое повышение давления в трубопроводах и каналах с движущейся жидкостью при внезапном изменении скорости потока. Это сложный динамический волновой процесс образования упругих деформаций жидкости и их распространения по длине трубопровода.

Гидравлический удар создает ударную волну в виде распространяющегося в жидкости фронта резкого, почти мгновенного изменения ее параметров — давления и скорости. С явлением гидравлического удара приходится сталкиваться при быстром срабатывании задвижек, когда резкое прекращение тока жидкости вызывает в трубопроводе волну повышенного давления, что зачастую приводит к разрыву стенок.

### 4.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при исследовании объекта.

Само устройство практически исключает возможность инициирования ЧС. Однако не стоит исключать возможность наличия ошибок или недоработок в проектировании окружающих сооружений и механизмов, что в свою очередь может инициировать возникновение ЧС, связанных с пожароопасностью горючих строительных материалов. Так как на рабочем месте имеется электрическая проводка под напряжением, питающая оборудование. Помимо этого, источником пожара может быть нагретое оборудование. Несоблюдение техники безопасности чревато возникновением пожара.



#### 4.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.

Для исключения возможности возникновения пожара, рекомендуется проводить следующие организационные мероприятия:

- Размещение инструкций по предотвращению и борьбе с пожаром;
- Обеспечение свободного прохода;
- Содержание оборудования в исправном состоянии;
- Оснащение помещения средствами пожаротушения (огнетушители, песок, вода и т.п.) в соответствии с планом.

Для исключения возможности возникновения гидравлического удара, рекомендуется проводить следующие организационные мероприятия:

- уменьшение скорости течения жидкости в трубопроводе
- упрочнения трубопровода
- установка в системе гасителя – гидроаккумулятора

Если все же возникнет пожар, персонал будет действовать в следующем порядке:

1. Сообщить о пожаре по телефону 01 в пожарную охрану;
2. Отключить все электроустановки;
3. Закрыть окна и двери, чтобы убрать сквозняк и доступ кислорода для горения;
4. Организовать эвакуацию и параллельно приступить к ликвидации очага пожара первичными средствами пожаротушения (огнетушитель ОУ-5ВСЕ, пожарный рукав). При невозможности – покинуть опасную зону [СП 12.13130.2009] Определение категории помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности].

## 4.5 Вывод

В результате выполнения анализа вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации виброобрабатывающего устройства, а также во время его проектирования, были выявлены характерные чрезвычайные ситуации, а также меры по их устранению. Данные исследования, проведенные в рассматриваемом разделе, могут быть использованы в реальных условиях проектирования, изготовления и эксплуатации виброобрабатывающего устройства.

## Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был исследован метод вибрационной обработки, а также были представлены графики зависимости вибрационных параметров на процесс виброобработки, спроектирован экспериментальный стенд согласно заданиям конструкторского, технологического раздела, а также разделов финансового менеджмента и социальной ответственности.

В ходе работы над конструкторской частью был проведен литературный анализ методов вибрационной обработки, изучен принцип вибрационной обработки, рассмотрены зависимости (графики, таблицы) амплитуды, частоты, времени, рабочей среды на процесс виброабразивной обработки, спроектирован экспериментальный стенд для вибрационной обработки.

В ходе работы над технологической частью был спроектирован технологический процесс изготовления детали типа «корпус». В ходе проектирования были произведены выбор заготовки и моделирование маршрута обработки в условиях мелкосерийного производства. Рассчитаны припуски на механическую обработку и режимы резания. На основании полученных режимов резания, произведен подбор оборудования, режущего инструмента, обеспечивающих их реализации. Был произведен подбор измерительного инструмента согласно требуемой точности и типу производства, а также спроектированы расчетно-технологическая карта, операционная карта.

При выполнении раздела финансового менеджмента был проведен анализ конкурентоспособности проекта, произведено планирование. Также был рассчитан бюджет на реализацию проекта, который составил 387685 рублей. Выявлена эффективность реализации проекта.

При выполнении раздела социальной ответственности были рассмотрены возможные опасные и вредные факторы при проектировании,

изготовлении и эксплуатации источника сейсмических сигналов, а также приведены меры по их устранению или предотвращению.

## Список литературы

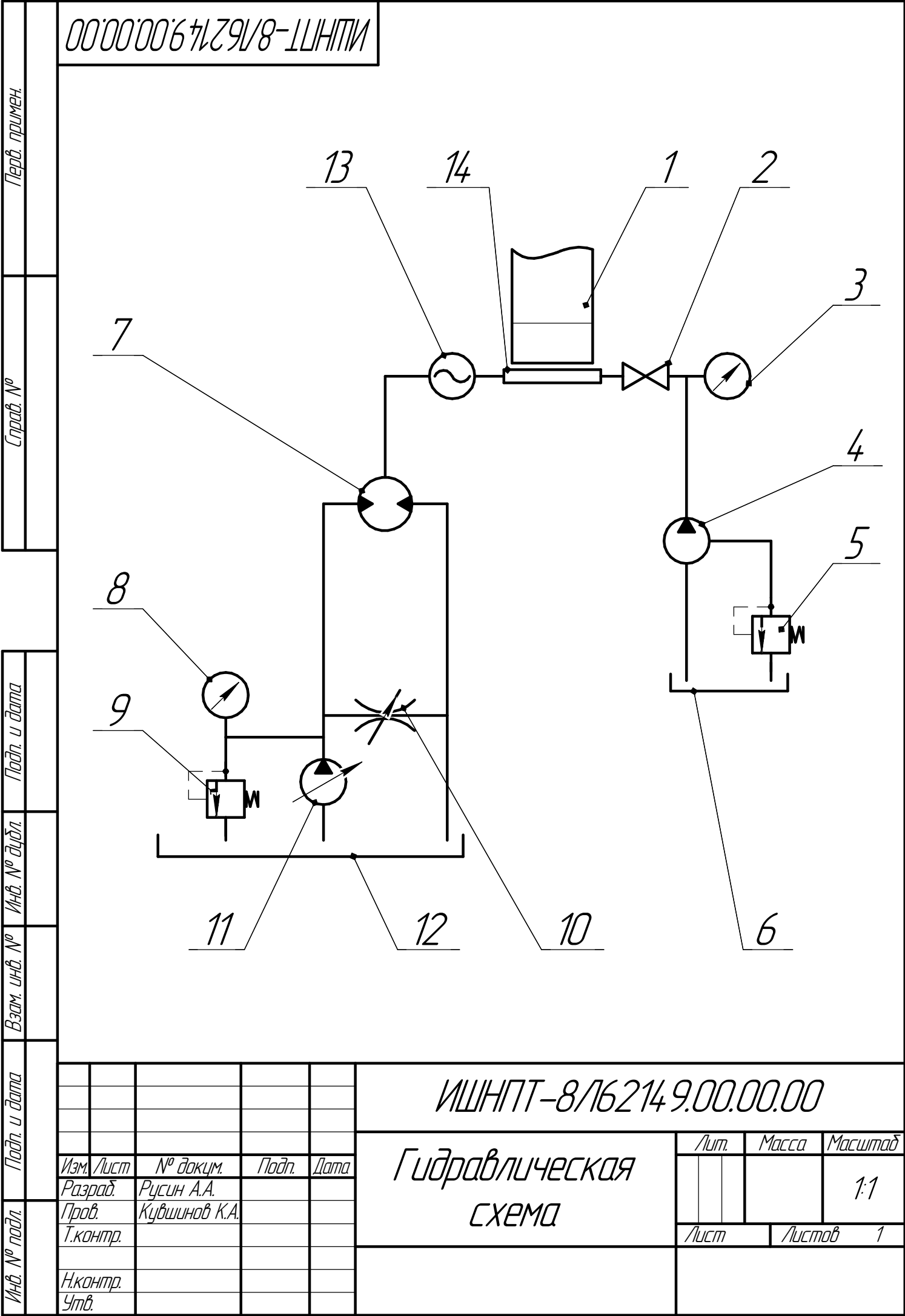
1. В.В. Якунин, А.П. Абызов Вибрационная обработка деталей свободным абразивом 1988г.
2. Вибрационная обработка деталей А.П. Бабичев 1974г
3. Вибрационные станка для обработки деталей А.П. Бабичев, В.Б. Трунин, Ю.М. Самодумский, В.П. Устинов 1984г.
4. Исследование влияния массы деталей на съём металла при виброабразивной обработке [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-massy-detaley-na-syom-metalla-pri-vibroabrazivnoy-obrabotke-1>
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Т. 1/Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Т. 2/Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с.
7. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей. Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. – 100 с.
8. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением: справочник / Центральное бюро нормативов комитета СССР по труду и социальным вопросам – М.: Экономика, 1990. – 207 с.
9. Проектирование и расчет станочных и контрольно-измерительных приспособлений в курсовых и дипломных проектах: учеб. пособие / И.Н. Аверьянов, А. Н. Болотеин, М. А. Прокофьев – Рыбинск : РГАТА, 2010. – 220 с.

10. Атаманов С.А. Выбор средств измерения и контроля размеров в машиностроении: учеб, пособие / С.А.Атаманов, В. Ф. Гнидо, И.Г. Панков. – Рязань : РИ (ф) МГОУ, 2012.
11. Рогов В.А. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / В.А. Рогов. – 2-е изд., испр. и доп., 2016.
12. Сысоев С.К. Технология машиностроения. Проектирования технологических процессов : учеб. пособие / С.К. Сысоев, А.С. Сысоева, В.А. Левко. – СПб.: Лань. 2011.
13. Схиртладзе А.Г. Резание материалов. Режущий инструмент : учебник для академического бакалавриата / А.Г. Схиртладзе [и др.]; под общ. Ред. Н.А. Чемборисова., 2016.
14. Маталин А.А. Технология машиностроения : учебник для вузов / А.А. Маталин – 3-е изд., стер. – СПб : Лань. 2010.
15. Виханский, Олег Самуилович. Менеджмент : учебник / О. С. Виханский, А. И. Наумов. — 5-е изд., стер.. — Москва: Магистр Инфра-М, 2012. — 576 с.
16. Герчикова, Ирина Никоновна. Менеджмент : учебник для вузов / И. Н. Герчикова. — 4-е изд., перераб. и доп.. — Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2014. — 511 с
17. Мескон, Майкл. Основы менеджмента : пер. с англ. : учебное пособие / М. Х. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури. — 3-е изд.. — Москва: Вильямс, 2008. — 666 с
18. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
19. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
20. ГОСТ 12.1.012 – 90 ССБТ Вибрационная болезнь. Общие требования.
21. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
22. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*

- 23. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
- 24. СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
- 25. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*

**Приложение А**  
Гидравлическая схема





**Приложение Б**  
Спецификация

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				<u>Документация</u>		
A4				Схема гидравлическая		
				<u>Детали</u>		
		1		Рабочая камера	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		2		Вентиль	1	
		3		Манометр	1	
		4		Насос	1	
				нерегулируемый		
		5		Клапан	1	
				предохранительный		
		6		Бак		
		7		Гидромотор	1	
				нерегулируемый		
		8		Манометр	1	
		9		Клапан	1	
				предохранительный		
		10		Дроссель	1	

					ИШНПТ-8/62149.00.00.01		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.	Русин А.А.				Схема гидравлическая		
Пров.	Кувшинов К.А.						
Н.контр.							
Утв.							

Лит.	Лист	Листов
	1	2

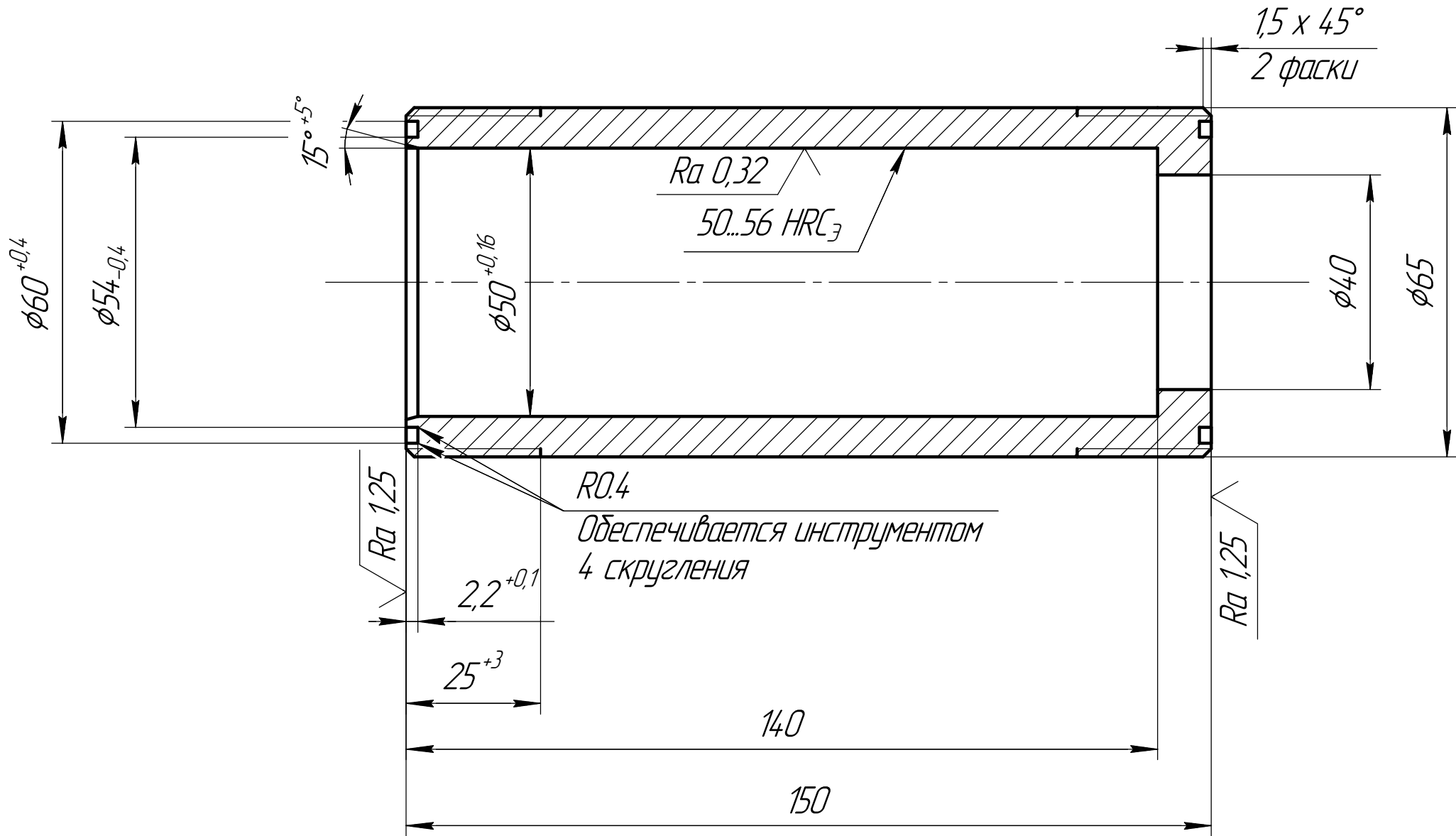
[illegible]

**Приложение В**  
Чертеж детали “Корпус”

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

ИШНПТ-8/16214.9.00.00.02

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



- 1 Предельные отклонения: отверстий H14, валов h14, других  $\frac{IT14}{2}$   
2 Зачистить заусенцы  
3 Острые кромки притупить фаской 0,2 x 45°

					ИШНПТ-8/16214.9.00.00.02				
					Корпус	Лит.	Масса	Масштаб	
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата					1:1	
Разраб.	Русин А.А.								
Пров.	Кувшинов К.А.								
Т.контр.						Лист	Листов	1	
Н.контр.					Сталь 40ХГТР ГОСТ 4543-71	ТПУ ИШНПТ гр. 4А6В			
Утв.									

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Русин А.А.			
Проб.	Кубишинов К.А.			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Копировал

**Приложение Г**  
**Размерная схема**





## **Приложение Д**

### **Граф дерево**

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

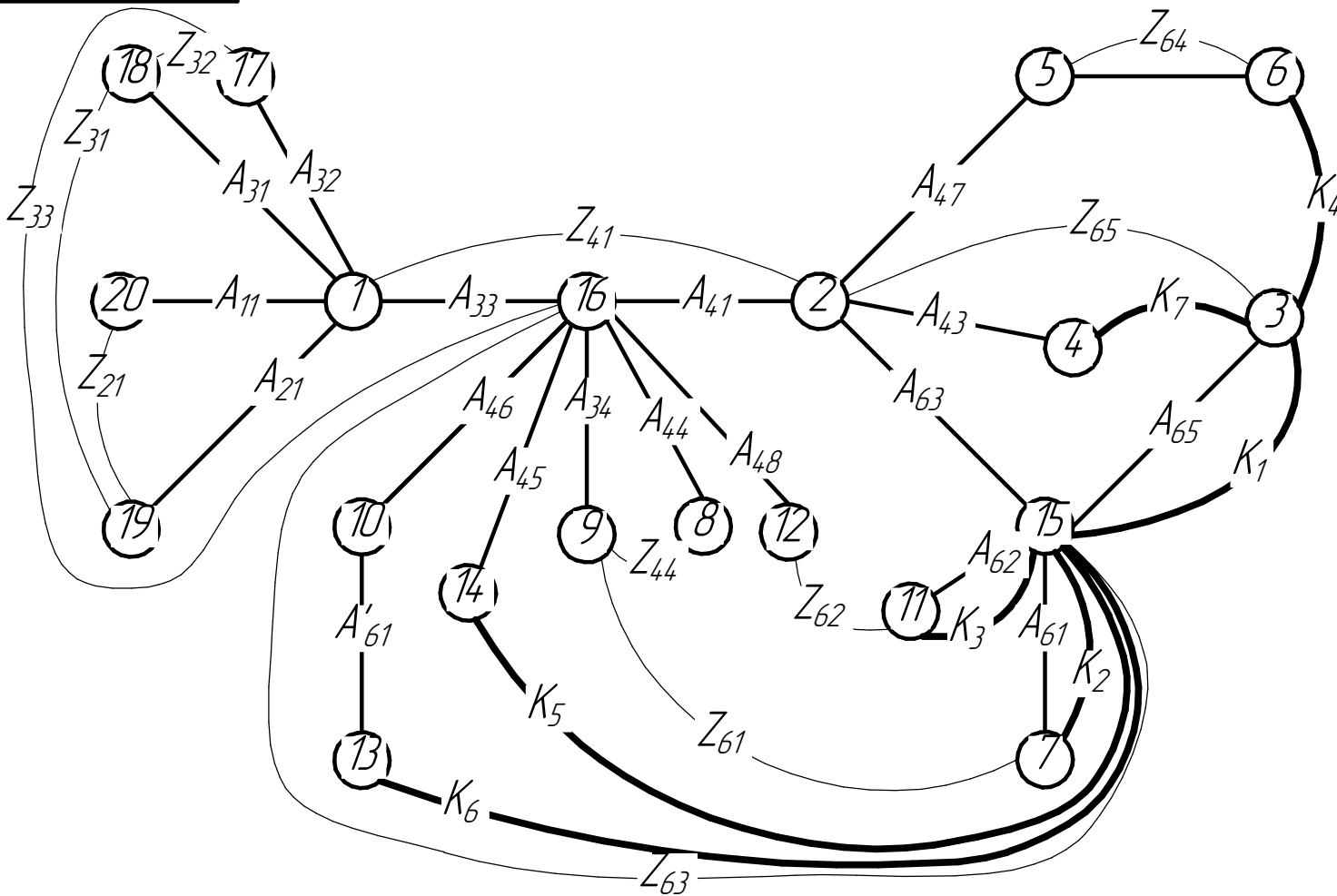
Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

ИШНПТ-8/16214.9.00.00.04



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Русин А.А.			
Пров.	Кувшинов К.А.			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

ИШНПТ-8/16214.9.00.00.04

Граф-дерево

Лист	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов	1

Копировал

Формат А4

**Приложение Е**  
Расчетно-технологическая схема

ИШНПТ-8/16214.9.00.00.05

Перв. примен.

Справ. №

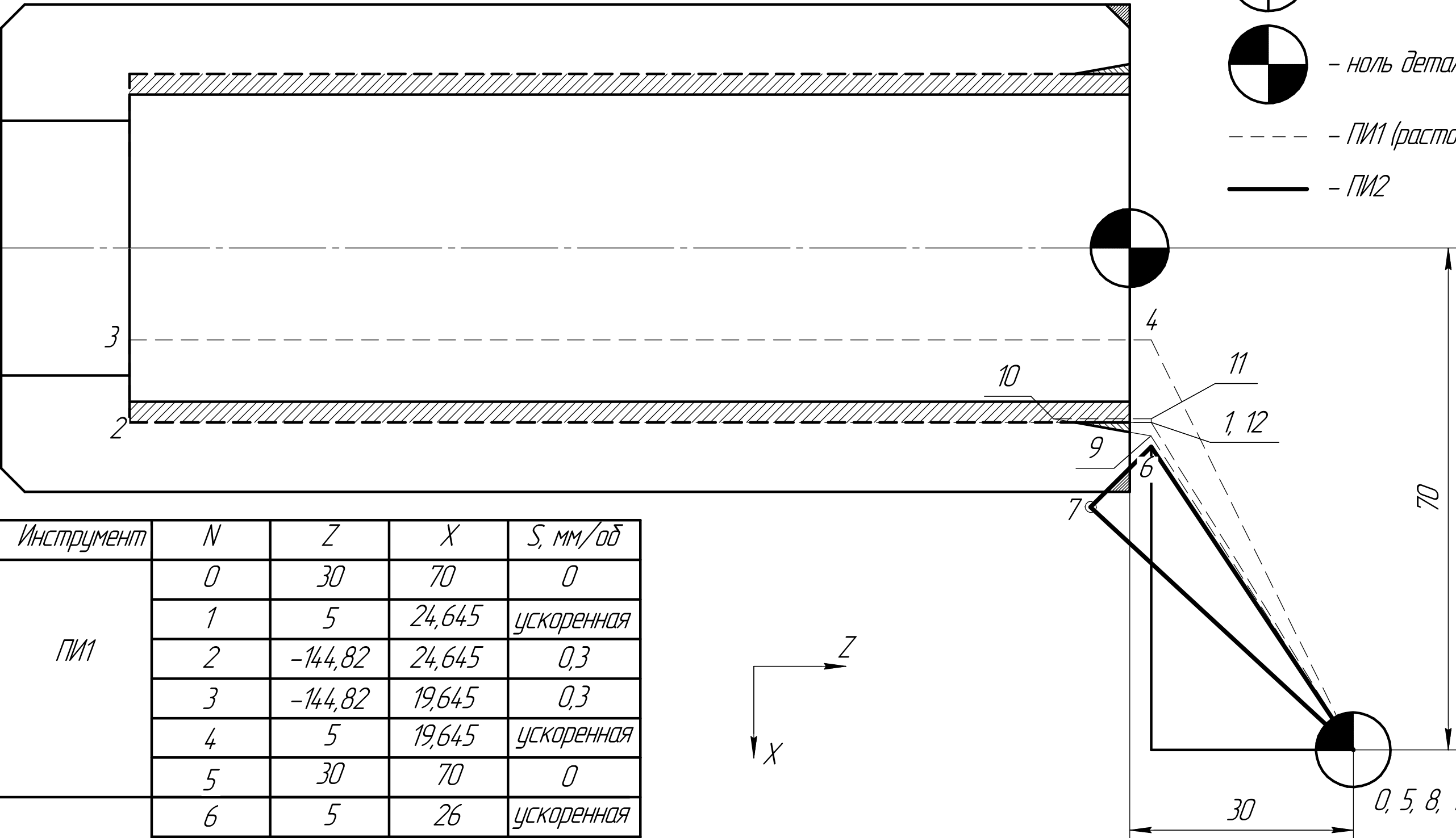
Подп. и дата

Инд. № дюрл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



Инструмент	N	Z	X	S, мм/об
ПИ1	0	30	70	0
	1	5	24,645	ускоренная
	2	-144,82	24,645	0,3
	3	-144,82	19,645	0,3
	4	5	19,645	ускоренная
	5	30	70	0
ПИ2	6	5	26	ускоренная
	7	-6.5	37.5	0,3
	8	30	70	0
ПИ1	9	5	26.545	ускоренная
	10	-7.125	25.245	0,3
	11	5	25.245	ускоренная
	12	5	24,645	ускоренная
	13	30	70	0

ИШНПТ-8/16214.9.00.00.05					Расчетно-технологическая карта		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.	Русин А.А.						
Проб.	Кувшинов К.А.						
Т.контр.							
Н.контр.							
Утв.							
					Лит.	Масса	Масштаб
							1:1
					Лист	Листов	1
					ТПУ ИШНПТ гр. 4А6В		

Копировал

Формат А3

## **Приложение Ж**

### **Карта наладки**

ИШНПТ-8/16214.9.00.00.06

Справ. №

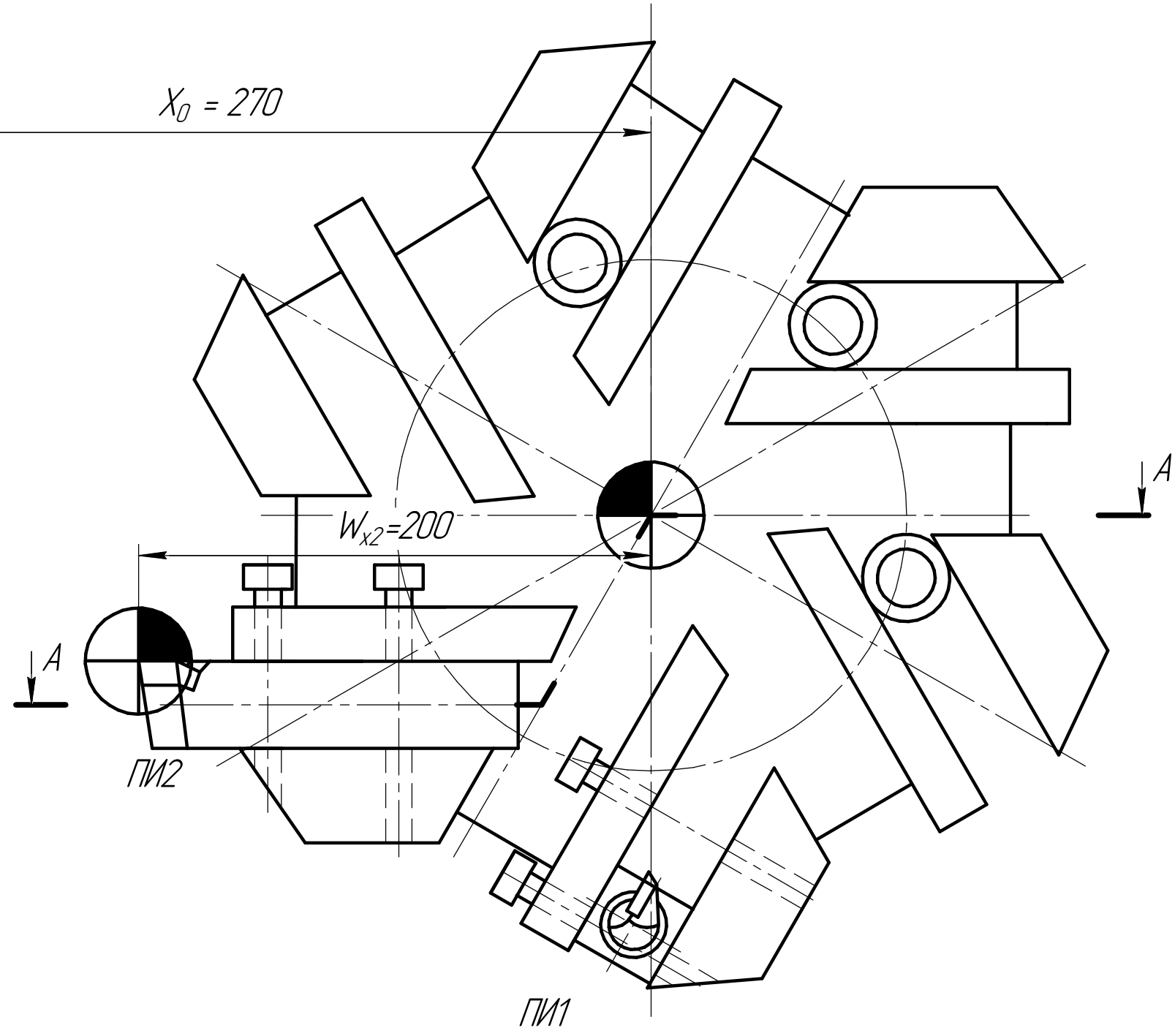
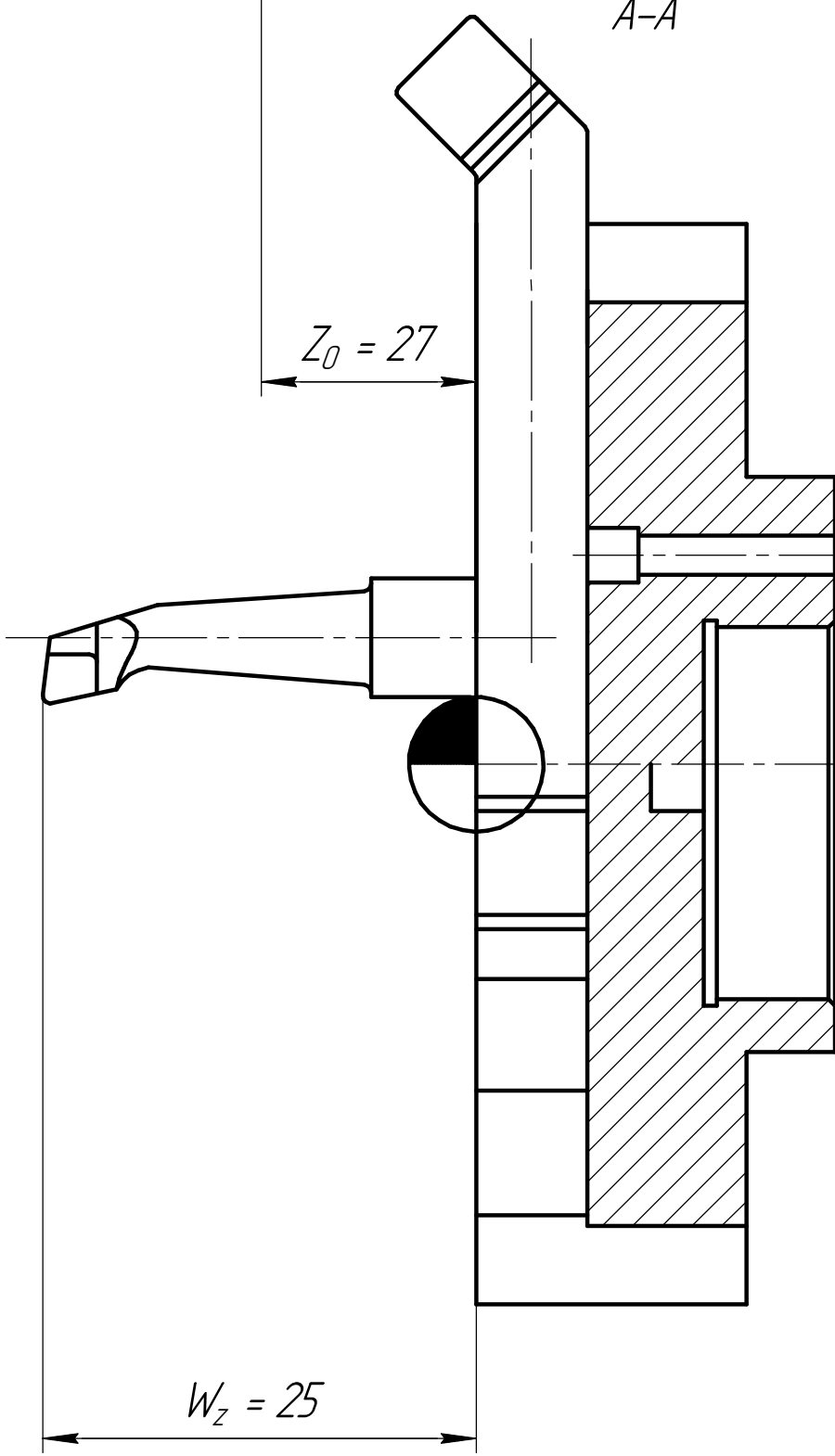
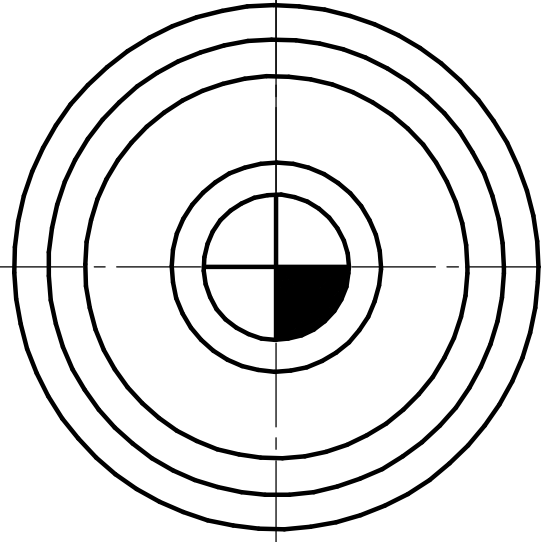
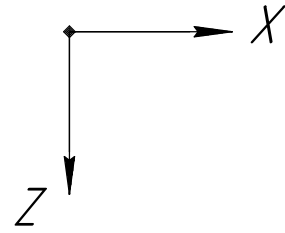
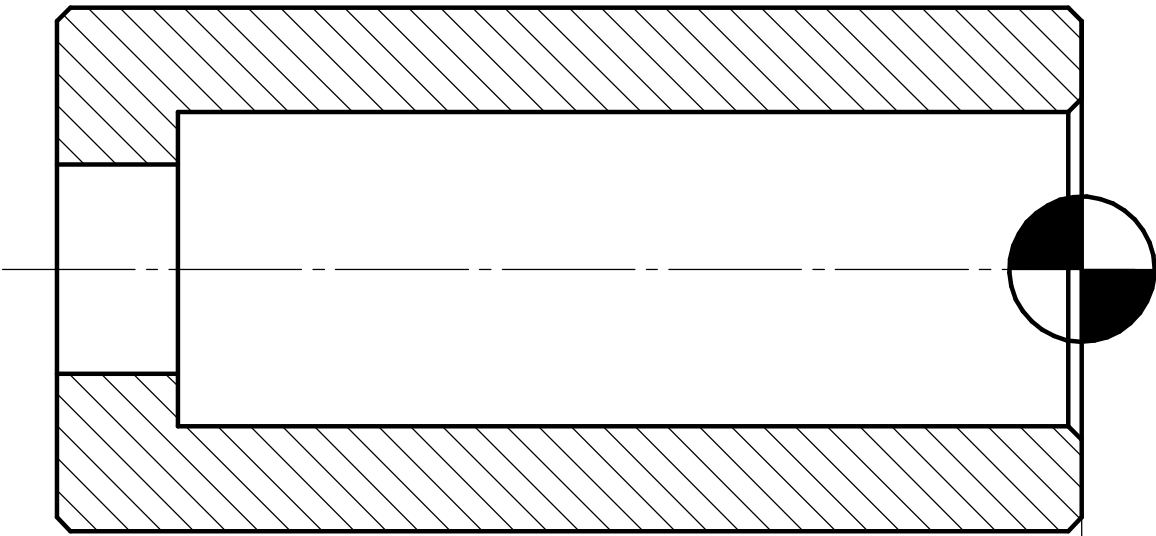
Изм. №

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

-  - ноль инструмента
-  - ноль детали
-  - ноль приспособления



ИШНПТ-8/16214.9.00.00.06				Лист	Масса	Масштаб
Карта наладки						1:1
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Листов	1
Разраб.	Рисин А.А.			ТПУ ИШНПТ		
Проб.	Кудышов К.А.			зр. 4А6В		
Т.контр.				Формат А2		
Н.контр.				Копировал		
Утв.				Формат А2		

**Приложение 3**  
Операционная карта

[illegible]