

Школа: инженерная школа новых производственных технологий

Направление: 15.03.01 «Машиностроение»

Отделение школы (НОЦ): Материаловедение

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование настольного высокоскоростного токарно-револьверного станка с ЧПУ

УДК 621.941.232

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А6В	Седов Денис Эдуардович		05.06.2020

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дерюшева В.Н.	к.т.н		05.06.2020

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Козарь Д.М.			05.06.2020

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кашук И.В.	к.т.н, доцент		05.06.2020

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина М.С.			05.06.2020

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник способен)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P1	Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире.	Требования ФГОС (ОК-1; ОК-9; ОК-10), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий.	Требования ФГОС (ОК-7; ОК-11; ОК-12; ОК-13), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Общепрофессиональные компетенции</i>		
P3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.	Требования ФГОС (ОК-6; ОК-8), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-4; ПК-9; ПК-10), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда	Требования ФГОС (ОК-2; ОК-3; ОК-5; ПК-5), Критерий 5 АИОР (п. 1.4),

	на машиностроительных и строительно-монтажных производствах.	согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, строительно-монтажного комплекса и в отраслевых научных организациях.	Требования ФГОС (ОК-14; ОК-15; ОК-16), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р7	Умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в машиностроении, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной и сварочной продукции.	Требования ФГОС (ПК-7; ОК-10), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р8	Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного и сварочного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий, их узлов, деталей и конструкций	Требования ФГОС (ПК-1; ПК-3; ПК-26), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р9	Способность осваивать вводимое новое оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования и конструкций строительно-монтажных объектов, в случае необходимости обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия.	Требования ФГОС (ПК-2; ПК-4; ПК-16), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р10	Умение проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.	Требования ФГОС (ПК-18), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

P11	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения и сварочного производства.	Требования ФГОС (ПК-6; ПК-12; ПК-14; ПК-15; ПК-24), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P12	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования.	Требования ФГОС (ПК-21; ПК-22; ПК-23), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P13	Готовность составлять техническую документацию (графики работ, инструкции, сметы, планы, заявки на материалы и оборудование), выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.	Требования ФГОС (ПК-11; ПК-13), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P15	Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных и строительно-монтажных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении и строительстве.	Требования ФГОС (ПК-8), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

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

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

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
4А6В	Седову Денису Эдуардовича

Тема работы:

Проектирование настольного высокоскоростного токарно-револьверного станка с ЧПУ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№59-67/с от 28.02.2020

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Проектируемый настольный токарный станок должен удовлетворять следующим требованиям:
<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>	<ol style="list-style-type: none">1. Обеспечиваемая скорость резания для деталей от 10 мм и выше, не менее 250 м/мин2. Бесступенчатое изменение скорости резания3. Наличие ЧПУ4. Точность обработки не менее 0,05 мм5. Предельные размеры: 1000x700x600 мм6. Работа от источника питания 220В

<p align="center">Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p align="center"><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>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Литературный обзор 2. Разработка полного технического задания, с целью улучшения понимания технических аспектов разрабатываемого станка и предъявляемых с нему требований 3. Разработки кинематической схемы станка 4. Конструкторские расчеты в соответствии с кинематической схемой 5. Проектирование установки 6. Разработка технологического процесса изготовления детали 7. Подготовка графического материала и пояснительной записки
<p align="center">Перечень графического материала</p> <p align="center"><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p align="center">Сборочный чертеж настольного токарного станка: 2-4 формата А0 (А1).</p>
<p align="center">Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p align="center"><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p align="center">Раздел</p>	<p align="center">Консультант</p>
<p align="center">Социальная ответственность</p>	<p align="center">Черемискина М.С.</p>
<p align="center">Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p align="center">Кащук И.В.</p>

<p align="center">Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p align="center">16.12.2019</p>
---	----------------------------------

Задание выдал руководитель и консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Козарь Д.М.	нет		16.12.2019
Доцент	Дерюшева В.Н.	к.т.н		16.12.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А6В	Седов Денис Эдуардович		16.12.2019

Оглавление

Реферат.....	10
Введение.....	12
Обзор аналогов.....	13
1. Конструкторская часть.....	25
1.1. Техническое задание.....	25
1.2. Кинематическая схема станка.....	28
1.4. Конструкция и компоновка шпиндельного узла.....	30
1.5. Проектный расчет шпиндельного узла.....	32
1.6. Расчет сил резания.....	33
1.7. Подбор и расчет подшипников.....	35
1.8. Расчет поликлиновой ременной передачи.....	38
1.9. Расчет привода продольной и поперечной подачи.....	42
2. Технологическая часть.....	48
2.1. Определение типа производства и величины партии деталей....	50
2.2. Анализ технологичности конструкции детали.....	51
2.3. Выбор вида получения заготовки.....	52
2.4. Составление технологического маршрута обработки детали.....	55
2.5. Определение допусков поверхностей вращения.....	59
2.6. Определение минимальных припусков на обработку поверхностей вращения.....	59
2.7. Расчет диаметральных технологических размеров.....	60
2.8. Определение допусков на технологические продольные размеры	66
2.9. Определение минимальных припусков на обработку плоскостей	67

2.10. Расчет продольных технологических размеров.....	68
Вывод.....	77
3. «Социальная ответственность».....	78
Введение.....	80
3.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	80
3.2. Производственная безопасность	82
3.3. Анализ выявленных вредных факторов производственной среды	82
3.4. Экологическая безопасность	86
3.5. Защита в чрезвычайных ситуациях.....	88
Вывод:.....	88
4. «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	89
Введение.....	90
4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	91
4.2. Планирование научно-исследовательских работ	95
4.3. Бюджет научно-технического исследования	100
4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ...	106
Заключение	112
Список использованных источников	113
Приложение А – Чертеж детали.....	116
Приложение Б – Размерная схема	117

Приложение В – Граф дерево	119
Приложение Г – Сборочный чертеж	120
Приложение Д – Спецификация	121

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки и графической части. Пояснительная записка состоит из 111 страниц, в которых изложены 5 разделов: обзор аналогов, конструкторская часть, технологическая часть, финансовый менеджмент и социальная ответственность, а также введение и заключение. В состав пояснительной записки входят: 21 рисунок, 22 таблицы.

Объектом проектирования в данной работе является настольный высокоскоростной револьверный токарный станок.

Цель: проектирования настольного высокоскоростного револьверного токарного станка.

Результатом проектирования является конструкция комплекса в CAD системе SolidWorks.

В ходе работы: спроектирован настольный высокоскоростной револьверный токарный станок., разработан сборочный чертеж, спроектирован технологический процесс изготовления детали типа вал. Новизна данного оборудования заключается в высокой скорости обработки и, как следствие, высокой производительности станка, при небольших габаритах.

У данного станка имеется перспектива дальнейшей модернизации. Одним из вариантов такой модернизации может служить полная роботизация процесса.

Областью применения настольного высокоскоростного револьверного токарного станка являются небольшие и домашние мастерские.

Abstrack

Final qualification work consists of an explanatory note and a graphic part. The explanatory note consists of 111 pages in which 5 sections are set out: an overview of analogues, a design part, a technological part, financial management and social responsibility, as well as an introduction and conclusion. The explanatory note includes: 21 figure, 22 tables.

The design object in this work is a desktop high-speed revolving lathe.

Purpose: designing a desktop high-speed turret lathe.

The design result is the design of the complex in the SolidWorks CAD system.

In the course of work: a desktop high-speed revolving lathe was designed., An assembly drawing was developed, a technological process for manufacturing a shaft-type part was designed. The novelty of this equipment lies in the high processing speed and, as a result, the high productivity of the machine, with small dimensions.

This machine has the prospect of further modernization. One of the options for such modernization can serve as a complete robotization of the process.

The scope of the desktop high-speed turret lathe is small and home workshops.

Введение

В настоящее время на рынке токарных станков представлено достаточно большое их разнообразие, как по габаритным размерам, так и по функционалу, и точности обработки. Все они служат для решение определенных задач на производстве, в цеху и т.д.

Как правило станки, которые имеют большую производительность и качество обработки требуют для эксплуатации довольно много специально отведенного места. А если габариты станка сравнимы с настольным, то качество обработки, скорость вращения шпинделя и режимы резания значительно уступают.

В данной выпускной квалификационной работе объектом проектирования является настольный высокоскоростной токарно-револьверный станок. Его принципиальное отличие от аналогов на рынке будет заключаться в высокой производительности и в возможности установки абсолютно в любом помещении. А также особенностью проектируемого станка будет являться полностью закрытая конструкция, т.е. его установке может производиться даже в кабинете или офисе.

Обзор аналогов

Все металлорежущие станки подчиняются единой классификации и имеют специальный шифр. Данные станки предназначены для обтачивания заготовок до заданных технологическим регламентом размеров и форм поверхности путем снятия материала (стружки) с помощью резцов, фрез или абразивных инструментов. Основная классификация металлорежущих станков производится по определенным признакам, зависящим от рода технологического процесса, инструмента и компоновки станка.

Металлорежущие станки:

- Токарные станки по металлу - обрабатывают внешние и внутренние поверхности вращения. Их объединяет одно: вращение детали вокруг своей оси.
- Сверлильные станки - эту группу входят и расточные станки. Используются для прохода сквозных и глухих отверстий. Их объединяет вращение рабочего инструмента с одновременной его подачей. В горизонтально-расточных механизмах подача происходит благодаря перемещению рабочего стола с закрепленной деталью.
- Шлифовальные станки - у всех подобных станков в качестве рабочего инструмента выступает абразивный шлифовальный круг.
- Полировальные и доводочные станки - общий признак — использование абразивных кругов, полировальных пастообразных материалов.
- Зубообрабатывающие станки - предназначены для нарезки зубьев шестерен и колес. Сюда же входят и шлифовальные станки.
- Фрезерные станки - в этой группе рабочим инструментом выступает многолезвийная фреза.
- Стругальные станки - у этих станков рабочим ходом является возвратно-поступательное перемещение резца или заготовки.

- Разрезные станки - служат для деления на части способом разрезания металлического профиля (уголок, швеллер, прутки и т. д.).
- Протяжные станки - рабочим инструментом служат специальные многолезвийные протяжки.
- Резьбообрабатывающие станки - сюда входит оборудование, специально предназначенное для нарезания резьбы. К этой группе не относятся токарные станки.
- Вспомогательные и разные станки - относятся к отдельной группе, выполняют различные вспомогательные операции.

Так же все металлообрабатывающие станки делятся в зависимости от их универсальности:

- Универсальные обрабатывают изделия широкой номенклатуры. Размеры заготовок могут быть различными. Способны выполнять любые технологические операции, предусмотренные для данной группы.
- Специализированные изготавливают однотипные детали (детали корпусов, валы, сходные по форме, но отличающиеся размерами).
- Специальные выполняют операции с одной деталью различных размеров.

Так же по многим другим признакам, по массе, степени точности и автоматизации. [1]

Токарные станок (Рис 1) – станок для обработки тел вращения (заготовок) резанием до установленных размеров из различных материалов (металл, древесина).



Рисунок 1 – Токарный станок

На токарных станках получают поверхности различных форм (Рис. 2) и размеров, в зависимости от размеров и характеристик станка. На токарных станках выполняют черновую и чистовую обработку, получают конические, фасонные поверхности, резьбы, сверление, обработку торцов и много других операций.

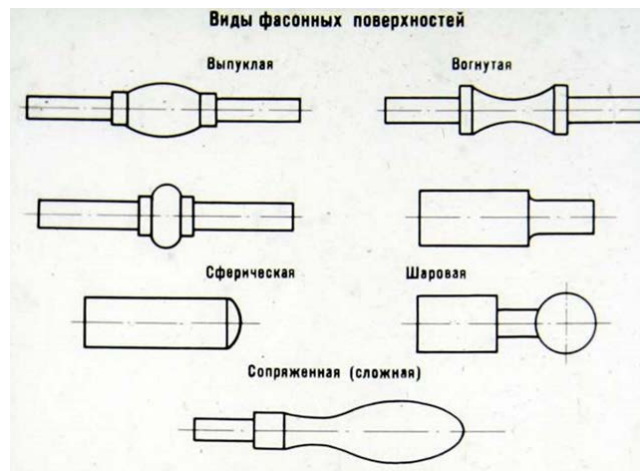


Рисунок 2 – Поверхности, получаемые на токарном станке

Токарные станки подразделяются на множество видов, они делятся в зависимости от материала обрабатываемой заготовки, от степени точности, области применения и серийности производства.

Основные из них:

- Токарно-винтовой станок предназначен для выполнения различных работ по металлам, как черным, так и цветным. На нем выполняются такие операции, как точение конусов, нарезание резьб различных форм. Токарно-винтовой станок считается самым универсальным среди всех и применяется на малых производствах, как единичное и мелкосерийное.
- Токарно-карусельные
- Лобовой
- Токарно-револьверный
- Многошпиндельный токарный автомат. Данные автоматы предназначены для токарной обработки холоднокатаного прутка, который имеет круглое, квадратное или шестигранное сечение.
- Токарно-фрезерные обрабатывающие центры. Обрабатывающий центр совмещает в себе возможность как токарной, так и фрезерной обработки. На револьверных станках может так же производиться фрезерование и сверление, но их возможности ограничиваются подвижностью самой револьверной головки. Решение этой проблемы в обрабатывающих центрах просто – резец, для обточки детали устанавливается во фрезерную головку через переходники типа HSK, Capto. За счет того, что один шпиндель может производить вращательное движение и быть неподвижен, на одном станке (обрабатывающем центре) может производиться токарная и фрезерная обработка. [2]

Токарные станки с числовым программным (далее ЧПУ) обеспечением дают возможность точной и быстрой обработки заготовок, что позволяет изготавливать высококачественные металлические изделия.

Из-за высоких требований к изготовлению таких станков, они обладают рядом отличительных особенностей. Их кинематические цепи не обладают большой длиной и как следствие число механических передач (из которых состоят цепи) маленькое.

В любом станке с ЧПУ, в том числе и токарном есть сигнализаторы, которые обеспечивают обратную связь. Так же все оборудование, установленное на данном станке весьма устойчиво к вибрациям, возникающим в следствии обработки.

Гидравлическое оборудование и иной систему с ЧПУ необходимо прогреть перед началом работы, чтобы предотвращать деформации, которые могли бы возникнуть при резком увеличении температуры.

Так же шпиндель токарного станка с ЧПУ гораздо сложнее по своей конструкции и изготовлению, чем шпиндель обычного токарного станка. Это обусловлено тем, что в нем располагаются автоматические привода и механизмы для зажима рабочих приспособлений, так же множество различных датчиков для автоматического диагностирования оснащения станка и для адаптивного управления обработкой заготовки. На токарных станках с ЧПУ шпиндель располагается вертикально либо горизонтально.

По способам автоматического контроля за обработкой станки могут делиться на контурные, позиционные и адаптивные. Их основное отличие в том, что при контурном управлении проектируется траектория движения режущего инструмента, а в позиционном осуществляется проектировка точечных координат. Так же присутствует и система контроля – адаптивная, которая включает в себе обе вышеперечисленные. Все эти данные приводятся в маркировке станков. [3]

Основная задача всех токарных станков – обработка наружных и внутренних цилиндрических, конических и фасонных поверхностей, нарезания резьбы деталей, которые представляют собой тело вращения. Основной параметр токарных станков, это максимальный диаметр заготовки, которую можно обработать на данном станке, так же помимо этого параметра, учитывается и максимальный диаметр заготовки, обрабатываемой над поперечными салазками суппорта. [4]

Область применения токарных станков весьма велика, так как подобный вид обработки может применяться практически на любом производстве. Говоря про область применения, можно подробно остановиться на области применения токарных станков с ЧПУ.

В основном область применения станков с ЧПУ зависит от целесообразности их использования, т.е. от возможности реализации на нем заданных скоростных и силовых параметров. [5]

Говоря о характеристиках всех токарных станков, необходимо принимать во внимание следующие важные параметры:

- Производительность – то, сколько единиц деталей токарный станок способен производить в какую-либо единицу времени.
- Надежность – время непрерывной и безотказной работы токарного станка.
- Точность – один из наиболее важных параметров, показывающий способность оценки станком точности заданных форм и размеров изготавливаемой детали.
- Жесткость – способность всех рабочих узлов станка сопротивляться возникающему в процессе работы внутренним и внешним упругим смещениям.
- Виброустойчивость – способность станка и его узлов сопротивляться разрушению, вследствие возникающей вибрации, которая появляется из-за обработки деталей.
- Максимально допустимый диаметр заготовки
- Максимально расстояние между центрами

Последние 2 параметра из перечисленных выше являются основными при выборе станка, так как они определяют размер заготовок, которые могут обрабатываться на данном станке. [6]

Настольные токарные станки

Настольный токарный станок (Рис. 3) – это станок для обработки резанием заготовок, как правило из дерева и металла, которые представляют собой тело вращения, максимальным диаметром заготовки до 350 мм.

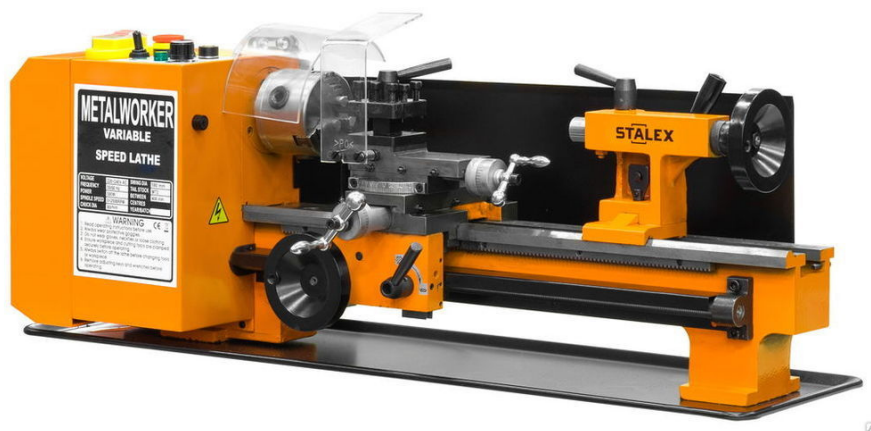


Рисунок 3 – Настольный токарный станок

Такие станки в основном используют небольшие мастерские, так как они позволяют выполнить полный спектр токарной обработки, но малы по габаритам и у них небольшая цена. Так же они пользуются популярностью для домашнего использования, так как может упростить ремонт, стройку и многое другое.

Настольные токарные станки так же могут использоваться дома, либо в учебных заведениях. Производительность таких станков гораздо меньше, чем у напольных полноразмерных станков, но несмотря на это качество обработки находится на таком же уровне.

Основные характеристики настольных токарных станков схожи с полноразмерными моделями, тем не менее есть некоторые особенности:

- Габариты и масса;
- Мощность;
- Частота вращения шпинделя;
- Максимальный диаметр заготовки;
- Максимальная длина заготовки;
- Тип двигателя;

Габариты и масса настольного станка лежит в пределах 15-200 кг. Данная характеристика весьма важна при выборе настольного токарного станка. Если данный станок устанавливается в мастерской или в учебных заведениях, как было упомянуто ранее, то не возникает проблем с местом, необходимым для установки данного оборудования. Если малогабаритный токарный станок приобретается для домашнего использования, чтобы поставить в домашней мастерской или гараже, то место ограничено. Так же нельзя ни в коем случае забывать о, хоть и небольших, вибрациях, возникающий в процессе работы станка. Поэтому необходимо монтировать для него специальное место.

Мощность малогабаритных токарных станков варьируется в районе 0,5-2,25 кВт. Если говорить о домашнем использовании станка, то будет достаточно мощность 0,5-0,8 кВт. Так как чаще всего дома обрабатываются детали из дерева.

Частота вращения шпинделя у малогабаритных токарных станков в среднем 120 – 5000 об/мин. Такой диапазон частот позволяет нарезать резьбу на малом числе оборотов и обрабатывать твердые материалы.

Максимальный диаметр заготовки. Данный параметр является так же одним из основных, на который стоит обратить внимание, при выборе модели настольного токарного станка. От этого параметра будет зависеть размер деталей, который будет возможно получить на выбранном станке. Максимальный диаметр заготовки настольного токарного станка может варьироваться от 100 до 350 мм, для изготовления разнообразных изделий в домашней мастерской и просто небольшой мастерской этого достаточно.

Максимальная длина заготовки или расстояние между шпинделем и задней бабкой (центрами) может быть от 125 до 800 мм. В большинстве случаев этот параметр равен 300 мм.

Тип двигателя. Двигатель, устанавливаемый в малогабаритный токарный станок, может быть коллекторный и асинхронным. Последней отличается большим безремонтным сроком.

Помимо вышеперечисленных технических характеристик, при выборе модели настольного токарного станка необходимо обратить внимание на удобство подключения станка. Бывает 2 вида подключения – 220 и 380 В. Как правило выбор падает в сторону станка, работающий от обычной розетки, т.е. 220В.

Так же играет роль материал обрабатываемых деталей и характеристики материала.

Из вышеперечисленных качеств и характеристик, можно вывести преимущества настольных токарных станков:

- Подключение к сети 220В;
- Минимальный расход электроэнергии;
- Уровень шума гораздо ниже;
- Небольшая цена;
- Высокая надежность;
- Габаритные размеры и вес оборудования;
- Простота в эксплуатации. [7]

Настольные токарные станки схожи со своими старшими братьями по своей конструкции, но они имеют ряд отличительных черт ввиду своего малого размера.

Основные составляющие станка (Рис. 4):

1. Станина;
2. Шпиндель;
3. Суппорт;
4. Задняя бабка;
5. Шпиндельный узел.

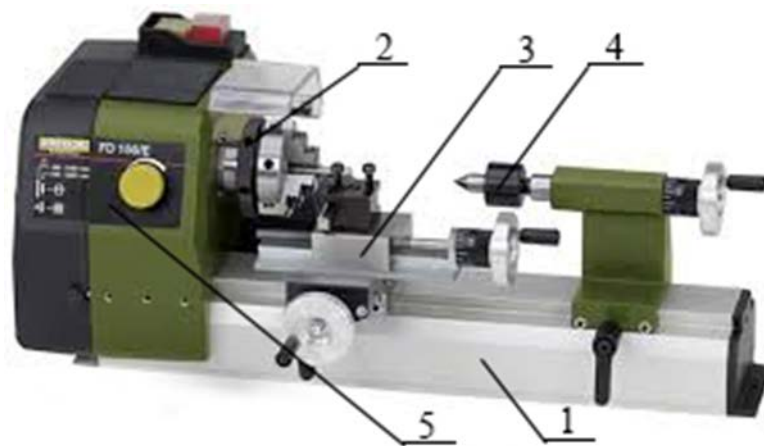


Рисунок 4 – Составляющие части станка

Станина является основой для любого металлорежущего станка, в том числе и настольного токарного. Станина, как правило, выполняется из чугуна. Выбор материал связан с устойчивостью чугуна к вибрациям и недорогим производством. На станине имеются отверстия для установки на рабочую поверхность и направляющими для других подвижных узлов.

Шпиндель чаще всего представлен в виде трехкулачкового самоцентрирующегося патрона. И предназначен он для закрепления в нем заготовки

Суппорт выполняет 2 важные задачи для обработки, а именно закрепление рабочего инструмента (резец) и его смену. Так же движение шпинделя (рабочего инструмента) является движением подачи при токарной обработки.

Передний узел включает в себя электрический двигатель, шпиндель, привод и коробку передач. Вышеперечисленные компоненты в совокупности служат для передачи вращательного движения от электродвигателя на шпиндель. В случае, если скорость вращения шпинделя не регулируется, привод работает за счет клиноременной передачи. Если агрегат предусматривает смену скорости вращения, то клиновой ремень переставляется из одних впадин шкивов в другие. Иногда для обеспечения большей точности обработки, настольные токарные станки оснащаются дополнительными регуляторами скорости вращения электрического типа, т.е. регулировка скорости вращения происходит за счет электродвигателя.

Однако предпочтение отдают клиноременной передаче, так как его основное преимущество по сравнению с электрической регулировкой в том, что при заклинивании заготовки значительно снижается риск перегорания электродвигателя.

Задняя бабка предназначена для установки более длинных заготовок в центра, для избежание биения заготовки и ее отгибания. [8]

В настоящее время на рынке представлено большое количество производителей и моделей настольных токарных станков. Они все отличаются конструкцией, габаритами и сферой применения. Рассмотрим некоторые из них.

1. Модель «Proma» DSO-1000, Чехия (производство Китай) Рис.5:



Рисунок 5 – Proma DSO-1000

Стоимость данного станка порядка 13500 рублей.

Мощность 0,4 кВт.

Диаметр и длина обрабатываемых заготовок составляет 350 и 1000 мм соответственно.

Масса 35кг.

Диапазон скорости вращения шпинделя 850-1250 об/мин.

Коробка передач имеет 4 скорости.

Данный станок, в силу своих особенных инженерных решений, подходит больше для обработки заготовок из мягкого металла.

2. Модель «Jet» JWL-1220, Швейцария (Рис.6)



Рисунок 6 – Jet JWL-1220

Стоимость такого станка порядка 33000 рублей.

Мощность 0,55 кВт.

Диаметр и длина обрабатываемых заготовок составляет 305 и 510 мм соответственно.

Масса 28кг.

Диапазон скорости вращения шпинделя 430-2800 об/мин.

Коробка передач имеет 5 скорости.

Данный станок любительского класса с чугунной станиной. Отличается от своих конкурентов богатой базовой комплектацией, чем не могут похвастаться остальные.

1. Конструкторская часть

1.1. Техническое задание

на проектирование настольного высокоскоростного токарно - револьверного станка

1. Цель, задачи и исходные данные для проведения работы

Настольный высокоскоростной токарно – револьверный станок проектируется с целью увеличения производительности и увеличения мобильности станка.

2. Основное содержание работы

Проектирование станка для выполнения следующих видов работ: получение цилиндрических, конических и фасонных внешних и внутренних поверхностей на деталях, представляющих собой тело вращения.

3. Технические требования

3.1. Состав станка и требования к конструктивному исполнению

3.1.1. Станок должен содержать следующие основные элементы:

- Станина;
- Шпиндельный узел;
- Суппорт;
- Задняя бабка;
- Числовое программное обеспечение

3.1.2. Требования к конструктивному исполнению станины

3.1.2.1. Станина – основа станка, на которую крепятся все подвижные части станка.

3.1.2.2. В связи с единичным производством данного станка использовать листовой прокат и сварные конструкции.

3.1.2.3. Станина должна быть выполнена с соблюдением всех размеров, предельных отклонений, допусков форм и параллельности поверхностей.

3.1.2.4. Составные части станины:

3.1.2.4.1. Продольные ребра

3.1.2.4.2. Поперечные ребра

3.1.2.4.3. Направляющие стандартные

3.1.3. Требования к конструктивному исполнению шпиндельного узла

3.1.3.1. Состав шпиндельного узла представляет собой шпиндель, подшипниковые опоры, электродвигатель

3.1.3.1.1. Шпиндель необходимо выполнить из расчетов необходимой точности и жесткости.

3.1.3.1.2. Электродвигатель должен обеспечивать возможность регулирования частоты оборотов, $n_{max} = 15000 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$;

3.1.4. Требования к конструктивному исполнению и состав суппорта

3.1.4.1. Каретка продольного перемещения суппорта по направляющим вдоль оси шпинделя выбирается из стандартных, покупных изделий. Продольная подача суппорта осуществляется через винтовую передачу. Продольный ход суппорта регламентируется ГОСТ.

3.1.4.2. Поперечная подача суппорта так же осуществляется через винтовую передачу.

3.1.4.3. Резцовые салазки

3.1.4.4. Шарикор-винтовая передача, включающая безлюфтовую гайку

3.1.4.5. Автоматическая продольная и поперечная подачи. Использовать шаговый двигатель.

3.1.4.6. Револьверная головка, восьмипозиционная, с храповым механизмом.

3.1.5. Числовое программное обеспечение должно быть просто в обращении и интуитивно понятно.

4. Стадии и этапы разработки

4.1. Разработка конструкторской документации на изготовление станка предусматривает следующие стадии и этапы разработки:

- 4.1.1. Обзор аналогов
- 4.1.2. Анализ имеющихся на рынке моделей
- 4.1.3. Выявления частей станка, усовершенствование которой может
увеличить производительность обработки
- 4.1.4. Эскизный проект
- 4.1.5. Технический проект
- 4.1.6. Необходимые расчеты
- 4.1.7. Разработка технической документации

1.2. Кинематическая схема станка

Первым этапом проектировки станка является составление кинематической схемы (Рисунок 7), на которой отображены все движущиеся механизмы будущего станка.

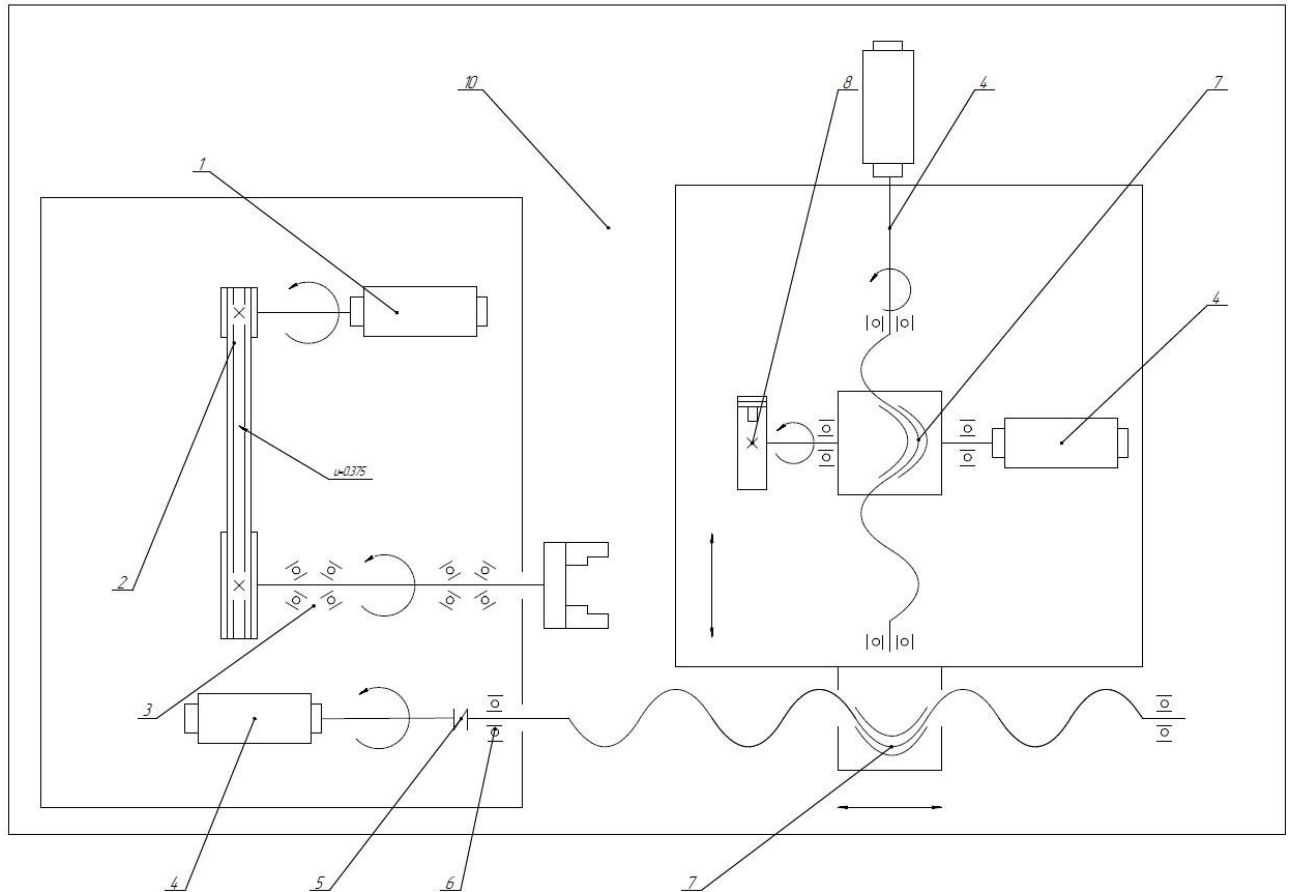


Рисунок 7 – Принципиальная кинематическая схема настольного токарно – револьверного станка с ЧПУ

На схеме представлен привод главного вращения, привод продольной и поперечной подачи.

1. Электродвигатель ДК110-1000-15У2И1
2. Клиноременная передача
3. Радиально-упорные односторонние подшипники качения
4. Электродвигатель Nema 23 Stepper Motor length 41mm
5. Муфта пружинная
6. Радиально-упорные подшипники качения
7. Передача винт-гайка скольжения

1.3. Габаритные размеры

На начальном этапе проектирования малогабаритного токарного станка с ЧПУ необходимо определиться с габаритами обрабатываемой заготовки.

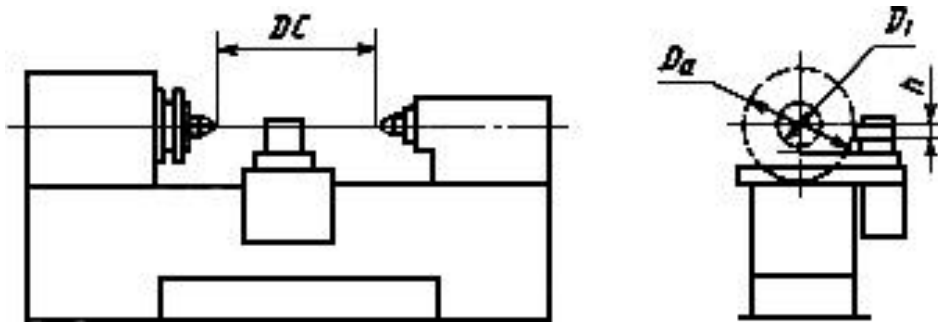


Рисунок 8 – Габариты заготовки

где D_a – наибольший диаметр заготовки;

DC – наибольшее расстояние между центрами передней и задней бабок;

D_1 – наибольший диаметр заготовки, обрабатываемой над суппортом;

h – наибольшая высота резца.

Основные габариты обрабатываемой заготовки выбираем в соответствии с ГОСТ 18097-93.

Ввиду конструктивных особенностей станка, выбираем размер заготовок, которые чаще всего могут обрабатываться на проектируемом станке.

$$DC = 250 \text{ мм}$$

$$D_a = 125 \text{ мм}$$

$$D_1 > 16 \text{ мм}$$

$$h > 8 \text{ мм}$$

Ввиду целей, для которых будет использоваться проектируемый настольный токарный станок, высокой точности изготовления деталей не требуется. Следовательно, выбираем класс точности нормальный – Н. При изготовлении станка не всегда необходимо проводить все проверки указанные в ГОСТ 18097 - 93.

1.4. Конструкция и компоновка шпиндельного узла

Выбор компоновки шпиндельного узла основывается на характеристике быстроходности, которая определяется как произведение диаметра шпинделя в передней опоре d и максимальной частотой вращения шпинделя n_{max} :

$$d \cdot n_{max} \quad (1)$$

где n_{max} вычисляется по следующей формуле:

$$n_{max} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad \text{об/мин} \quad (2)$$

где d – диаметр обрабатываемой заготовки, мм

V – скорость резания, м/мин.

Наибольшая частота вращения шпинделя будет достигаться при минимальном диаметра заготовки и скорости резания, численные значения которых установлены в ТЗ. Подставляя значения в формулу 2 получаем:

$$n_{max} = \frac{1000 \cdot 250}{3,14 \cdot 10} = 7961 \text{ об/мин} \quad (3)$$

Для удобства дальнейших расчетов примем $n_{max} = 8000$ об/мин.

Зная необходимые величины находим характеристику быстроходности:

$$d \cdot n_{max} = 40 \cdot 8000 = 3,2 \text{ мм} \cdot \text{мин}^{-1} \quad (4)$$

Можно заметить, что характеристика быстроходности невысокая, что характерно для станков средних и небольших размеров.

В передней и задней опоре шпиндельного узла используются подшипники шариковые радиально-упорные сдвоенные, марки SKF. Данный подшипники выполнены по немецкому стандарту DIN 616. Схема установки сдвоенных подшипников выбрана дуплекс X. Данная схема установки обладает повышенной устойчивостью и обладает восприятием осевой нагрузки в двух направлениях, что соответствует нагрузкам на шпиндель и упрощает монтаж/демонтаж подшипников.

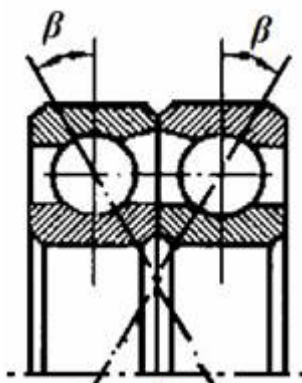


Рисунок 9 – Схема установки дуплекс тандем

Предварительный натяг сдвоенных подшипников осуществляется благодаря круглой гайки со шлицами.

Передний конец шпинделя предназначен для закрепления и базирования трехкулачкового самоцентрирующегося патрона. Шпиндели малых токарных станков изготавливаю в виде фланцевого соединения с центрирующим выступом (Рисунок 10). Фланцевая часть выполняется по ГОСТ 12595-2003.

Центрирующая часть шпинделя должна быть изготовлена с высокой точностью форм и размеров. Это необходимо для уменьшения биения шпинделя.

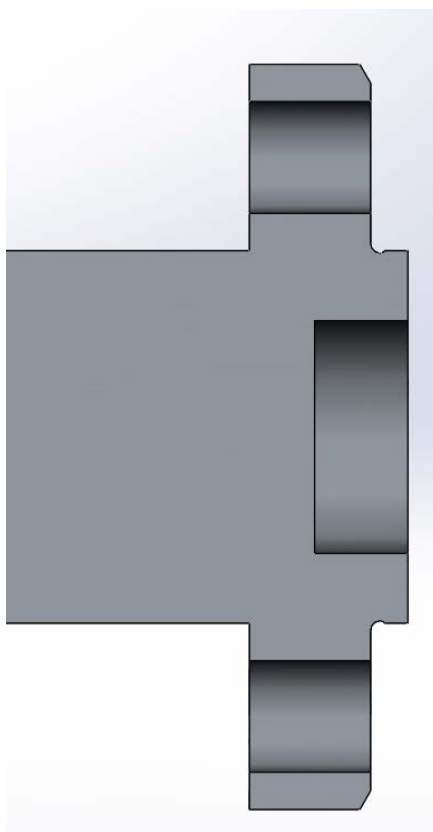


Рисунок 10 – Передний конец шпинделя

1.5. Проектный расчет шпиндельного узла

Требования, предъявляемые к шпиндельному узлу это точность, жесткость и температурные деформации.

Жесткость шпиндельного узла можно выразить следующим условием:

$$d \geq \sqrt[4]{(0,05..0,1) \cdot l^3} \quad (5)$$

где d – диаметр шпинделя

l – межопорное расстояние.

При межопорном расстоянии в 140 мм $d \geq 22,9$.

Температурные деформации влияют на точность обработки и шероховатость обрабатываемой поверхности. Для выбранного класса точности станка допустимая температура наружного кольца подшипника 70 °С.

Расчет точности шпиндельного узла производится в зависимости от радиального биения шпинделя. После чего выбирается класс точности подшипников. При расчете рассматривается худший вариант, т.е. когда биение в передней и задней опоре шпинделя направлены в противоположные стороны.

$$\Delta_A = \frac{\Delta}{6 \cdot \left(1 + \frac{a}{l}\right)} = 0,0005 \quad (6)$$

$$\Delta_A = \frac{l\Delta}{6a} = 0,0019 \quad (7)$$

Компоновка шпиндельного узла:

Шпиндель располагается в стакане, который в свою очередь фиксируется в опорах. (Рисунок 11).

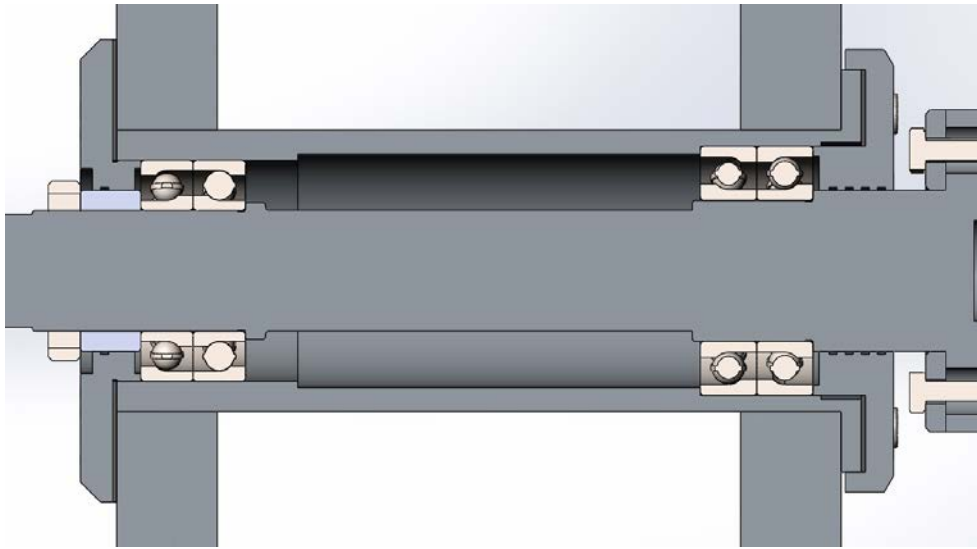


Рисунок 11 – Компоновка шпиндельного узла

Преимуществом такого расположения частей шпинделя является легкая сборка, разборка данного узла, и, как следствие, высокой ремонтпригодности. Монтаж происходит следующим образом: надевается передняя крышка подшипника на шпиндель, после чего подшипники напрессовываются на свои посадочные места на шпинделе. Следующий шаг заключается в установке стакана в опоры. После установки стакана, шпиндель с установленными подшипниками устанавливается в стакан и фиксируется на передней опоре винтами М6, которые проходят через фланцевую часть стакана и переднюю крышку подшипника. Далее устанавливается задняя крышка подшипников, и шлицевая гайка, которая через дистанционную втулку обеспечивает регулировку внутреннего кольца задних подшипников. Регулировка внешних колец подшипников как передних, так и задних, осуществляется крышками, за счет увеличения/ослабления натяжки винтов.

1.6. Расчет сил резания

Для выбора подшипников, подбора мощности электродвигателя главного привода вращения необходимо рассчитать силы и мощность резания. Расчет будем вести для самого тяжелого режима резания, чтобы можно было обеспечить более легкие режимы.

Сила резания состоит из 3-х составляющих: тангенсальной, радиальной и осевой. Все составляющие рассчитываются по одной формуле, с тем отличием, что из таблиц выбираются разные коэффициенты.

Тангенсальная сила резани:

$$P_z = C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p \quad (8)$$

где $C_p = 300$, $x = 1,0$, $y = 0,75$, $n = -0,15$ – коэффициенты, учитывающие условия обработки; [таблица 22, 2]

$t = 1,9$ – длина лезвия резца, мм;

$S = 1,5$ – подача, мм;

$v = 250$ – скорость резание, м/мин;

K_p – поправочный коэффициент, представляющий из себя произведение ряда других коэффициентов, учитывающих условия резания

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda} \cdot K_{rp} = 4,08 \quad (9)$$

где все вышеперечисленные коэффициенты приведены в таблице 9,10,23 [2].

Подставляя все значения получаем следующее:

$$P_z = C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p = 1360 \text{ Н} \quad (10)$$

После определения тангенсальной составляющей находим мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} \quad (11)$$

где P_z – тангенсальная составляющая силы резания, Н;

v – скорость резания, м/мин

Подставляем числовые значения в формулу:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{1360 \cdot 250}{1020 \cdot 60} = 5,55 \text{ кВт} \quad (12)$$

Исходя из полученного значения выбираем электродвигатель фирмы LSMV, модель 132L, который имеет следующие характеристики:

Номинальная мощность – 7,5 кВт, что с запасом обеспечивает самый тяжелый режим резаний, рассчитанный на данный станок;

Номинальный крутящий момент – 24,1 Нм.

Так же данный двигатель оснащен регулировкой частоты вращения оси, что обеспечивает бесступенчатое переключение скорости вращения заготовки.

1.7. Подбор и расчет подшипников

Осуществляя подбор подшипников, необходимо обратить внимание на несколько важных моментов, такие как класс точности подшипников, несущая способность, их материал и быстроходность.

В токарном станке на подшипники действует радиальная нагрузка, осевая и силы инерции. Чаще всего в токарных станках используются радиально – упорные подшипники, которые хоть и способны выдерживать достаточно большую радиальную нагрузку, но воспринимают радиальную нагрузку только в одном направлении. Чтобы использовать сильные стороны данных подшипников в полной мере, используют сдвоенные схемы установки подшипников.

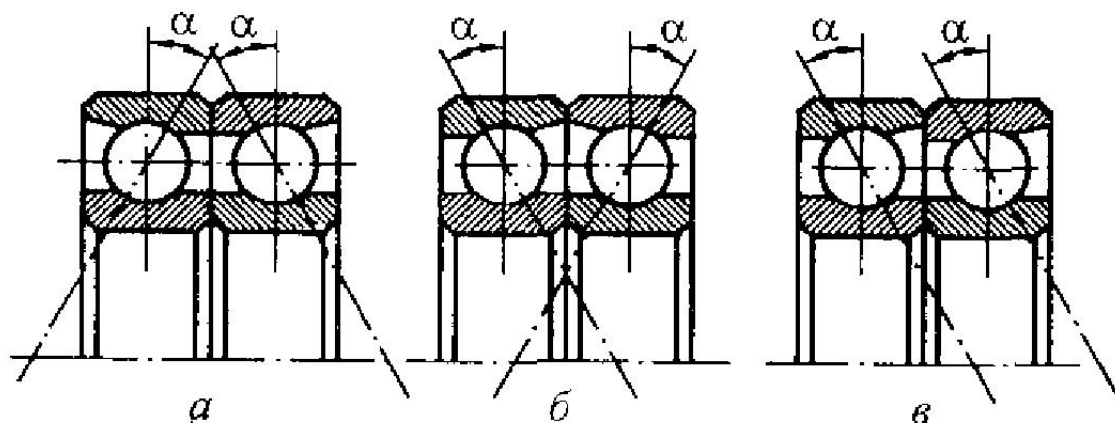


Рисунок 12 – Сдвоенные шариковые радиально-упорные подшипники

На рисунке 12 представлены сдвоенные шариковые радиально-упорные подшипники, которые установлены по схеме «О» (Рисунок 12, а), по схеме «Х» (Рисунок 12, б), и по схеме «Тандем» (Рисунок 12, в). Лучше всего подходит схема «Тандем», так как она выдерживает гораздо большие осевые нагрузки, в отличие от первых двух схем, но тогда усложняется процесс монтажа и демонтажа подшипников, в следствии чего была выбрана схема установки «О» в передней опоре и схема установки «Х» в задней подшипниковой опоре.

При установке напрессованных на шпиндель подшипников в стакан, внешние кольца подшипников не должны входить одновременно в контакт с внутренней поверхностью стакана. Именно поэтому передние подшипники большего диаметра, и на стакане предусмотрена проточка.

Ввиду особенностей проектируемого станка – небольших габаритов и высокой скорости вращения шпинделя, к подшипникам предъявляются высокие требования.

Во время работы подшипники греются и им необходима постоянная смазка рабочих элементов. Для решения данной проблемы чаще всего предусматривают гидравлические системы, которые постоянно смазывают подшипниковые узлы и за счет этого так же происходит охлаждение.

В данной работе станок достаточно малых размеров и в корпусе шпиндельного узла нет необходимого места под гидравлическую систему, которая, так же нуждается в обслуживании, утяжеляет станок и делает его дороже, поэтому было принято решение отказаться от гидравлической системы.

Для решения поставленных задач были выбраны подшипники радиально-упорные с керамическими телами качения марки SKF. Преимущества выбранных подшипников:

- Высокое КПД
- Малый вес
- Малый коэффициент трения
- Износостойкость

— Низкая теплопроводность и, как следствие, малый нагрев во время работы

Для определения правильного подбора подшипников по уровню надежности и условиям применения рассчитывают ресурс подшипников:

$$L_{sah} = a_1 \cdot a_{23} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^k \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} \quad (13)$$

где $a_1 = 1$ – коэффициент, зависящий от надежности [Таблица 7.7, 28]

$a_{23} = 0,8$ – коэффициент, корректирующий ресурс в зависимости от особых условий

$C = 15600$ Н – базовая динамическая грузоподъемность [29]

P – эквивалентная динамическая нагрузка, Н

$k = 3$ – показатель степени для шариковых подшипников, [стр. 117, 28]

$n = 8000$ – частота вращения кольца подшипника.

Эквивалентная динамическая нагрузка рассчитывается по формуле:

$$P = (V \cdot X \cdot F_r + Y \cdot F_a) \cdot K_B \cdot K_T \quad (14)$$

где $V = 1$ – коэффициент, учитывающий вращение кольца [стр. 115, 28]

$X = 0,43$ и $Y = 1$ – коэффициенты, зависящие от геометрии подшипника [стр. 111, 28]

F_r – радиальная нагрузка:

$$F_r = 3 \cdot F_t = 1893,6 \quad (15)$$

F_a – внешняя осевая сила:

$$F_a = e \cdot F_r = 1079,352 \quad (16)$$

$K_B = 1,4$ – коэффициент динамичности нагрузки [Таблица 7.6, 28]

$K_T = 1$ – коэффициент, зависящий от рабочей температуры [стр. 115, 28]

Подставляем найденные значения в формулу 9:

$$P = (V \cdot X \cdot F_r + Y \cdot F_a) \cdot K_B \cdot K_T = 2651,04$$

Рассчитываем ресурс подшипников по формуле 8:

$$L_{sah} = a_1 \cdot a_{23} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^k \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} = 33960 \text{ ч}$$

1.8. Расчет поликлиновой ременной передачи

Для передачи главного движения была выбрана поликлиновая передача, так как она имеет ряд преимуществ по сравнению с прочими вариантами передачи главного движения. Поликлиновая передача обеспечивает плавное вращение ведомого шпинделя, и как следствие плавность вращения шпинделя. Так же заметно снижаются динамические нагрузки на шпиндель при прерывистой обработке детали.

Исходные данные для расчета передачи:

Крутящий момент - $T = 24,1$ Нм;

Максимальная частота вращения вала двигателя - $n_{дв} = 3000$ об/мин;

Максимальная частота вращения оси шпинделя - $n_{шп} = 8000$ об/мин

Мощность - $7,5$ кВт.

Рассчитаем необходимое передаточное число по следующей формуле:

$$u = \frac{n_{дв}}{n_{шп}} = \frac{3000}{8000} = 0,375 \quad (17)$$

Передаточное число $u = 2$

Диаметр шкива двигателя D_1 рассчитывается по формуле:

$$D_1 = 30,3\sqrt[3]{T} = 30,3\sqrt[3]{24,1} = 87,5 \text{ мм}$$

Принимаем стандартное значение диаметра шкива $D_1 = 90$ мм

Диаметр большого шкива

$$D_2 = D_1 \cdot u_1$$

$$D_2 = 90 \cdot 0,375 = 33,75 \text{ мм}$$

принимаем равное стандартному $31,5$ мм.

Скорость ремня рассчитывается по формулы:

$$v = \frac{\pi \cdot n \cdot D_1}{60 \cdot 1000}$$

где n – номинальная частота двигателя.

$$v = \frac{3,14 \cdot 3000 \cdot 90}{60 \cdot 1000} = 14,13 \text{ м/с}$$

Межосевое расстояние:

$$a = b \cdot (D_1 + D_2) + h$$

где h – высота клина поликлинового ремня, принимаемая по таблице 4,85 мм

Коэффициент b обычно принимают равным 0,55. Но если межосевое расстояние обосновывается компоновкой передачи, то он должен находиться в пределах от 0,55 до 2. Принимаем значение коэффициента 1,44.

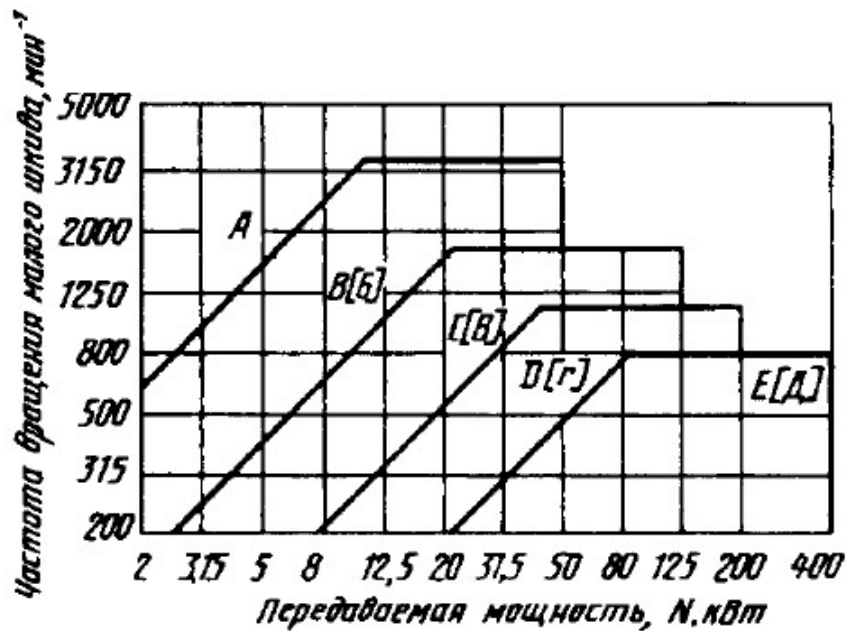


Рисунок 13 – График для определения сечения ремня

Из рисунка 13 определяем сечение ремня, при заданных мощности и частоте вращения выбираем сечения ремня «А».

Высота ремня h с сечением типа «А» по ГОСТ 1284.1-89 составляет 4,75 мм

$$a = 1,44 \cdot (31,5 + 90) + 4,75 = 179,81 \text{ мм}$$

Принимаем межосевое расстояние равное 180 мм

Длина ремня определяется по формуле:

$$l = 2 \cdot a + \frac{\pi}{2} \cdot (D_1 + D_2) + \frac{(D_1 + D_2)^2}{4a} = 571,35 \text{ мм}$$

Принимаем значение длины ремня стандартным $l = 550$ мм.

После принятия стандартной длины ремня необходимо уточнить межосевое расстояние:

$$a = \frac{2l - \pi(D_1 + D_2) + \sqrt{[2l - \pi(D_1 + D_2)]^2 - 8(D_1 + D_2)^2}}{8} \quad (18)$$

Подставляя необходимые значения получаем:

$$a = 178$$

Расчет угла ведущего шкива обхвата:

$$\alpha = 180 - \frac{D_2 - D_1}{a} 57^\circ \quad (19)$$

где a – уточненное межосевое расстояние, мм

Подставляя значения получаем:

$$\alpha = 180 - \frac{D_2 - D_1}{a} 57 = 180 - \frac{31,5 - 90}{178} 57 = 198,7 \quad (20)$$

После расчета ведущего угла шкива необходимо рассчитать допускаемую мощность на ремень с 10 ребрами:

$$[N] = (N_0 C_\alpha C_L + \Delta N_I) C_P \quad (21)$$

где N_0 – исходная мощность, кВт

C_α – коэффициент угла обхвата, $C_\alpha = 0,92$;

C_L – коэффициент, учитывающий влияние на долговечность длины ремня, принимается $C_L = 0,96$;

C_P – коэффициент динамичности и режима нагрузки, принимается $C_P = 1$

ΔN_I – поправка, учитывающая влияние изгиба на большом шкиве, которая рассчитывается по следующей формуле:

$$\Delta N_I = 0,0001 \cdot \Delta T_I \cdot n_{эл} \quad (22)$$

где ΔT_I – поправка к моменту быстроходного шкива, $\Delta T_I = 2$ Нм

$n_{эл}$ – номинальная частота электродвигателя, $n_{эл} = 3000$ мин⁻¹

$$\Delta N_I = 0,0001 \cdot \Delta T_I \cdot n_{эл} = 0,0001 \cdot 2 \cdot 3000 = 0,6$$

Подставим все значения в формулу №12:

$$[N] = (5,6 \cdot 0,92 \cdot 0,96 + 0,6) \cdot 1 = 5,54 \quad (23)$$

Расчет числа ребер поликлинового ремня:

$$Z = \frac{N}{[N]} \quad (24)$$

Подставляя значения получаем значение $Z=2$

Силовой расчет передачи:

Окружная сила на ведущем шкиве:

$$F_t = \frac{N_t}{\vartheta_t} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot T_1}{D_1} \quad (25)$$

При силовом расчете передачи необходимо учесть коэффициент динамической нагрузки k_δ , тогда формула 8 примет следующий вид:

$$F_t = k_\delta \cdot \frac{N_t}{\vartheta_t} \quad (26)$$

где k_δ – коэффициент динамической нагрузки, принимаемый $k_\delta = 1,1$ соответствующий умеренным колебаниям нагрузки.

Подставляя необходимые значения в формулу 8 и 9 получаем:

$$F_t = k_\delta \cdot \frac{N_t}{\vartheta_t} = 1,1 \cdot \frac{2 \cdot 10^3 \cdot T_1}{D_1} = 589,1 \text{ Н}$$

Аналогичным образом произведем расчет окружной силы для ведомого шкива:

$$F_t = k_\delta \cdot \frac{N_t}{\vartheta_t} = 1,1 \cdot \frac{2 \cdot 10^3 \cdot T_2}{D_2} = 631,2 \quad (27)$$

Сила начального натяжения ремня F_0 должна обеспечивать сохранение натяжения на длительное время не подвергаясь вытяжке и не теряя долговечности.

$$F_0 = A \cdot \sigma_0 \quad (28)$$

где $A=81$ – площадь поперечного сечения ремня, мм^2

$\sigma_0 = 1,8$ МПа – начальное напряжение для плоского ремня без натяжного устройства.

Подставляя все значения получаем:

$$F_0 = A \cdot \sigma_0 = 81 \cdot 1,8 = 145,8 \text{ Н}$$

Силы натяжения ведущей и ведомой ветвей ремня.

Силы натяжения ветвей определяются из условия равновесия шкива:

$$T_1 = \frac{D_1 \cdot (S_1 - S_2)}{2} \quad (29)$$

С учетом формулы 19 окружная сила на ведущем шкиве будет равно:

$$F_t = S_1 - S_2 \quad (30)$$

где S_1 – натяжение ведущей ветви

$$S_1 = F_0 + \frac{F_t}{2} \quad (31)$$

S_2 – натяжение ведомой ветви

$$S_2 = F_0 - \frac{F_t}{2} \quad (32)$$

Подставляем в формулы необходимые значения и рассчитываем:

$$S_1 = F_0 + \frac{F_t}{2} = 440,35 \text{ Н}$$

$$S_2 = F_0 - \frac{F_t}{2} = 148,75 \text{ Н}$$

Мощность, передаваемая ремнем:

$$N_1 = \frac{N_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}{K_4} \quad (33)$$

где N_0 – номинальная мощность, передаваемая одним ремнем;

K_1 – коэффициент, учитывающий влияние угла обхвата, $K_1 = 1$;

K_2 – коэффициент, учитывающий скорость ремня, $K_2 = 0,8$;

K_3 – коэффициент, учитывающий характер нагрузки и режим работы,

$K_3 = 1,1$;

K_4 – коэффициент, учитывающий конструктивную схему, $K_4 = 1$.

Подставляя все коэффициенты в формулу 25, получаем:

$$N_1 = \frac{7,5 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1,1}{1} = 6,6 \text{ Вт.}$$

1.9. Расчет привода продольной и поперечной подачи

В качестве привода продольной и поперечной подачи выбираем шарико - винтовую передачу (ШВП), так как передача обладает рядом достоинств:

— Небольшие потери во время трения;

- Высокий КПД передачи при небольших габаритах;
- Точность поступательного перемещения;
- Компактные размеры;
- Высокий срок службы;
- Бесшумность;
- Плавность хода.

Из вышеперечисленных пунктов делаем вывод, что данная передача подходит для приводов подачи.

Перед расчетом передачи необходимо задаться начальными данными:

$$C_a = 2240, H$$

$$C = 4160, H$$

$$HRC = 46$$

Расчёт передачи продольной подачи:

Максимальная сила, которая действует на привод, полученная в зависимости от перемещаемого данным приводом максимально возможного веса, $F_{max} = 270 \text{ Н}$

Максимальная частота вращения определяется режимами резания и составляет, $n_{max} = 1000 \text{ мин}^{-1}$

Определим корректирующие коэффициенты K_0, K :

$$K = K_T \cdot K_P \cdot K_H \cdot K_M / K_i \quad (34)$$

где $K_T = 0,9$ [Таблица 16, 17]

$K_P = 1$ [Таблица 17, 17]

$K_H = (HRC/61)^3 = 0,43$ [стр. 797, 17]

$K_M = 1$ [стр. 797, 17]

$K_i = 1$ [Таблица 18, 17]

Подставляя все численные значения получаем:

$$K = K_T \cdot K_P \cdot K_H \cdot \frac{K_M}{K_i} = 0,387 \quad (35)$$

$$K_0 = K_{TO} \cdot K_{HO}/K_{i0} \quad (36)$$

где $K_{TO} = 0,85$ [Таблица 16, 17]

$$K_{HO} = (HRC/61)^{4,4} = 0,29 \text{ [стр. 797, 17]}$$

$$K_{i0} = 1 \text{ [Таблица 18, 17]}$$

Подставляя все численные значения получаем:

$$K_0 = K_{TO} \cdot \frac{K_{HO}}{K_{i0}} = 0,25 \quad (37)$$

После расчета коэффициентов, необходимо предварительно выбрать типоразмер ШВП.

Базовая минимальная динамическая грузоподъемность:

$$C_{a \min} = 1,25 \cdot F_{max}/K \quad (38)$$

Подставим ранее вычисленные значения и получим:

$$C_{a \min} = 1,25 \cdot \frac{F_{max}}{K} = 968$$

Базовая минимальная динамическая грузоподъемность должна удовлетворять условию: $C_a \geq C_{a \min}$. Рассчитанное значение удовлетворяет заданному условию.

После чего вычисляем значение скорректированной динамической и статической грузоподъемности:

$$C_{ap} = K \cdot C_a \quad (39)$$

$$C_{0ap} = K_0 \cdot C_{0a} \quad (40)$$

Подставим уже известные величины и получим следующие значения:

$$C_{ap} = 866,88$$

$$C_{0ap} = 1040$$

Для передачи с натягом необходимо выполнить проверку по возможной силе предварительного натяга $F_{нат}$:

$$F_{нат} = (0,1..0,2) \cdot C_{ap} \quad (41)$$

$$F_{нат} = 0,1 \cdot C_{ap} = 86,688$$

Должно выполняться условие $F_{\text{нат}} \geq 0,25 \cdot F_{\text{max}}$

$$86,688 \geq 67,5$$

Сила, нагружающую левую (рабочую) гайку:

$$Q_{\text{л max}} = F_{\text{нат}} \cdot \left(1 + 0,25 \cdot \frac{F_{\text{ли}}}{F_{\text{нат}}}\right)^2 \quad (42)$$

Подставляя известные значения, получаем: $Q_{\text{л max}} = 274,2 \text{ Н}$

Сила, нагружающая правую (нерабочую) гайку:

$$Q_{\text{п max}} = Q_{\text{ли}} - F_{\text{ли}} \quad (43)$$

Подставляя известные значения, получаем: $Q_{\text{п max}} = 4,2 \text{ Н}$

Эквивалентная нагрузка для расчета ресурса:

$$Q_{\text{л E}} = \sqrt[3]{0,01 \cdot \sum_1^r (Q_{\text{ли}}^3 \cdot n_i \cdot t_i) / n_{\text{ср}}} = 274 \text{ Н} \quad (44)$$

Расчет статической прочности: [стр. 800, 17]

$$F_p \leq C_{\text{оap}}$$

$$274 \leq 1040$$

Расчёт на заданный ресурс: [стр. 800, 17]

$$L_{\text{hф}} = 10^6 \left(\frac{C_{\text{ap}}}{F_E}\right)^3 / (60n_{\text{ср}}) \quad (45)$$

где C_{ap} – скорректированная грузоподъемность;

F_E – эквивалентная нагрузка;

$n_{\text{ср}}$ – средняя частота вращения

$$L_{\text{hф}} = \frac{10^6 \left(\frac{C_{\text{ap}}}{F_E}\right)^3}{60n_{\text{ср}}} = 23568,5 \text{ ч}$$

Статическая устойчивость винта: [стр. 800, 17]

Статическая устойчивость винта рассчитывается по следующей формуле:

$$F_{\text{кр}} = \pi^3 \cdot E \cdot d^4 / [64 \cdot S \cdot (\mu \cdot l)^2] \quad (46)$$

где $E = 215000 \text{ МПа}$ – модуль упругости материала винта;

$d = 10,106 \text{ мм}$ – диаметр резьбы по впадинам;

$S = 3$ – коэффициент запаса прочности;

$\mu = 0,7$ – коэффициент, зависящий от способа закрепления винта [таблица 19, 17];

$l = 560$ – длина нагруженного участка винта.

Подставляя все данные получаем:

$$F_{кр} = 23568,5 \text{ Н}$$

Необходимо чтобы соблюдалось условие $F_{кр} > F_{max}$

Условие соблюдается, так как $23568,5 > 270$

Расчет стержня винта на прочность:

Рассчитаем напряжение растяжения-сжатия:

$$\sigma = 4 \cdot F_{max} / (\pi \cdot d_{2B}^2) \quad (47)$$

где $F_{max} = 270$ – максимальная рассчитанная сила;

$d_{2B} = 12$ – диаметр стержня винта.

$$\sigma = 2,4 \text{ МПа}$$

Рассчитаем напряжение кручения:

$$\tau = 10^3 \cdot T_{зав} / (0,2 \cdot d_{2B}^3) \quad (48)$$

где $T_{зав}$ – наибольший момент;

$$\tau = 3,76 \text{ МПа}$$

После расчёта составляющих, найдем эквивалентное напряжение:

$$\sigma_E = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma] \quad (49)$$

где $[\sigma] = \frac{\sigma_T}{3} = 261,6$ – допускаемое напряжения;

$$\sigma_E = 12,85 \leq 261,6$$

Рассчитываем осевую жесткость винта диаметром $d_{кв}$ и длиной l

$$C_B = \pi \cdot d_{кв}^2 \cdot E / (4 \cdot 10^3 \cdot l) \quad (50)$$

Подставляя известные данные получаем $C_B = 43,4 \text{ Н/мкм}$

Вывод

В ходе выполнения данной части выпускной квалификационной работы были проанализированный уже имеющиеся малогабаритные токарные станки, их особенности. На основании собранных данных составлен литературный обзор и техническое задание, по требованиям которого должен быть спроектирован токарный малогабаритный станок.

В ходе проектирования станка были произведены необходимые расчеты, а именно:

1. Габаритные размеры станка
2. расчет передачи главного движения – вращения шпинделя,
3. Подшипники, их размеры, ресурс и действующие силы.

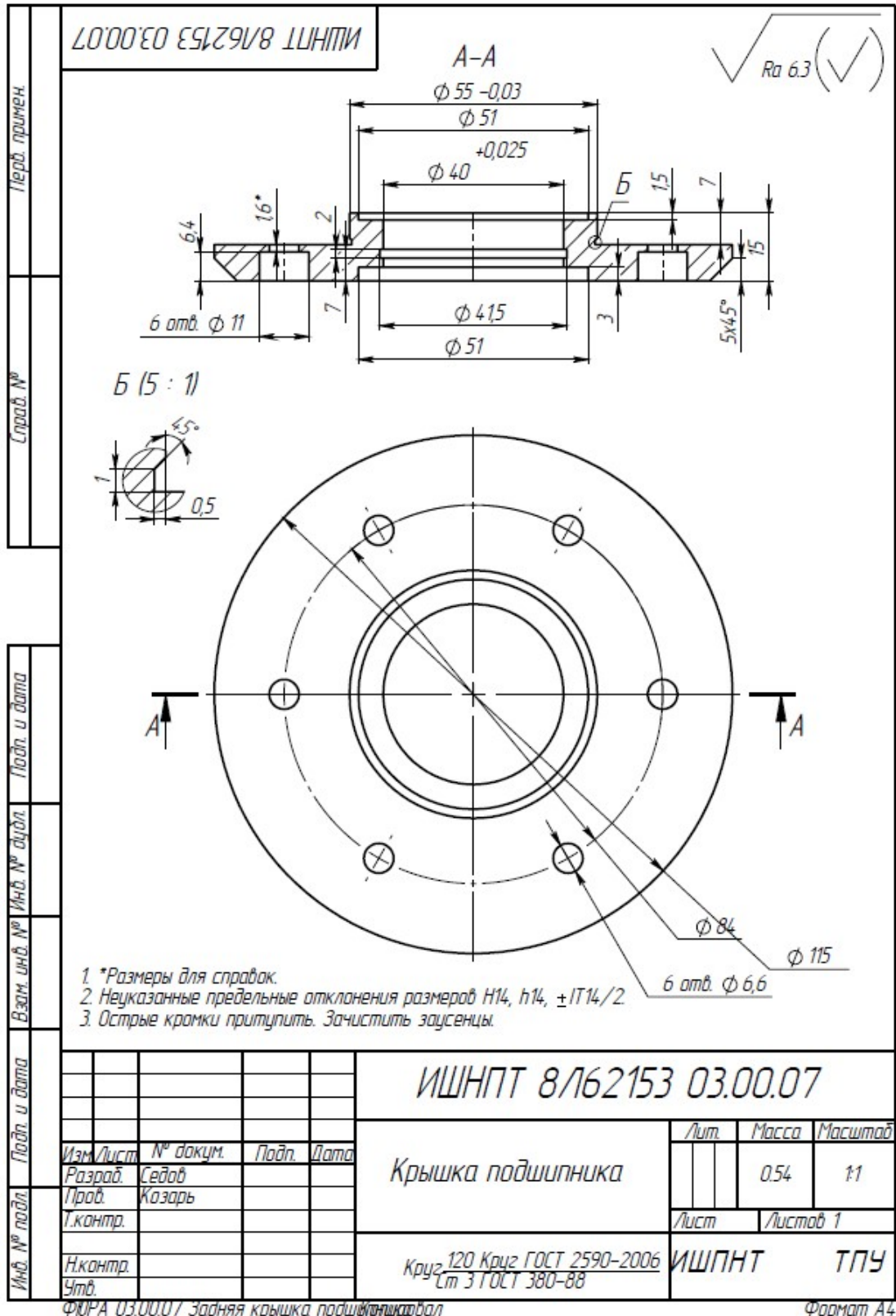
Так же в ходе конструирования были приняты ряд решений, которые помогли уменьшить габаритные размеры и увеличить точность обработки до заданных в ТЗ.

Создана 3D модель в программном обеспечении SolidWorks 2019. Так же был составлен сборочный чертеж станка и спецификация (приложение 2,3).

2. Технологическая часть

Техническое задание

Разработать технологический процесс изготовления детали ось, представленной на чертеже.



Введение

Технология – один из важнейших факторов, который определяет развитие и состояние производства. От уровня технологии зависят производительность труда, экономичность расходования энергетических и материальных ресурсов, а также качество выпускаемой продукции. Проектирование технологического процесса – важнейший этап в технологической подготовке выпуска продукции, который влияет на весь жизненный цикл товара. Так же данный этап играет важную роль в принятии решения о производстве продукта.

Во время проектирования технологического процесса учитывают тенденции в усовершенствовании технологии изготовления. В настоящее время развитие технологии развивается в следующих вопросах: применение новых режущих инструментов (новые инструментальные материалы), расширение области применения оборудования с числовым программным обеспечением, использование методов ресурсосбережения, а также повышение размерной и геометрической точности во время обработки.

В современных рыночных условиях конкурентоспособность выпускаемой продукции, и машиностроительной в том числе, имеет решающее значение при реализации ее потребителем. Одним из направлений повышения конкурентоспособности машиностроительной продукции является снижение материалоемкости т.е. сокращение отходов и потерь материала за счет рационального использования заготовок. Так же стоит учитывать выбор методы получения заготовок. Рационально выбранная заготовка позволяет уменьшить припуски и следовательно объем последующий обработки резанием, трудоемкость и себестоимость изготовления продукции.

2.1. Определение типа производства и величины партии деталей

Главным параметром при проектировании технологического процесса детали является выбор типа производства. Форма и вид технологических процессов применяются в зависимости от условий производства и назначении проектируемого технологического процесса. Вид технологического процесса определяется количеством изделий, охватываемых процессом.

Тип производства согласно ГОСТ 3.1108-74 характеризуется коэффициентом закрепления операция за одним рабочим местом или единицей техники

$$K_{з.о.} = \frac{Q}{P},$$

где Q-число операций, P-число рабочих мест, предназначенных для выполнения данных операций.

Типы производства в зависимости от коэффициентов закрепления операций (Таблица 1).

Таблица 1 – Типы производства в зависимости от коэффициентов закрепления

Тип производства	$K_{з.о.}$
Массовое	1
Серийное: <ul style="list-style-type: none">• крупносерийное• среднесерийное• мелкосерийное	1-10 10-20 20-40
Единичное	>40

В данном случае производство – мелкосерийное, количество деталей составляет 20 штук. Особенность мелкосерийного производства в том, что изготовление и выпуск одинаковых деталей повторяется не регулярно. Такой тип производства схож по технологическим особенностям с единичным производством. Применение преимущественно универсального оборудования с расположением в цехах по типам станков, нормальный измерительный и рабочий инструмент.

2.2. Анализ технологичности конструкции детали

Анализ технологичности конструкции детали – важнейший этап в технологической разработке курсового проекта. Данный анализ обеспечивает улучшение технико-экономических показателей данного техпроцесса.

Основная цель при анализе технологичности детали – уменьшение трудоемкости и металлоемкости, возможности обработки детали высокопроизводительными методами. Таким образом, улучшение технологичности конструкции позволяет снизить себестоимость ее изготовления без ущерба для ее назначения.

Оценка технологичности бывает 2 видов: качественная и количественная. Качественная оценка технологичности детали характеризует технологичность обобщенно, основываясь на опыте исполнителя и допускается на всех этапах проектирования как предварительная. Качественная оценка технологичности детали выражается качественным показателем и производится в том случае, если они существенно повлияют на технологичность рассматриваемой детали.

После проведения качественного анализа технологичности, можно сделать следующие выводы:

- деталь является поверхностью вращения, следовательно базирования в трехкулочковом патроне будет оптимальным;
- в качестве заготовки для изготовления детали выбран прокат стальной горячекатаный диаметром 120мм. Максимальный диаметр нерабочей поверхности составляет 115мм, что говорит о максимальном приближении размеров заготовки и детали;

- жесткость фланца обеспечивает необходимую точность при обработке $l/d = 16/115 = 0,139 < 10..12$, что так же говорит о технологичности детали;
- С высокой степенью точности необходимо изготовить только рабочие поверхности $\varnothing 55 h7$, $\varnothing 40 h7$. Остальные размеры необходимо выполнить по H10, что сокращает время производство и количество операций;
- все поверхности можно получить стандартным инструментом, что увеличивает технологичность.

Из вышеперечисленных пунктов можно сделать вывод, о том, что благодаря данному расположению поверхностей, допусков, расставленных на диаметральных размеры и соотношению линейных и диаметральных размеров, деталь типа «Шпиндель» является технологичной.

2.3. Выбор вида получения заготовки

На выбор способа получения заготовки влияет множество показателей, такие как: объём производства, конструкция и назначение детали, сложность изготовления, масса и материал. На данный момент применяется большое множество технологических методов получения заготовок (Рисунок 1).



Рис. 1. Технологические методы получения заготовок

1. Отливки, которые могут быть получены различными методами, чаще всего применяют для изготовления деталей сложной конфигурации из чугуна, цветных металлов и специальной литейной стали. Методом литья в кокиль, либо литьем под давлением может быть получена деталь высокой точности и качества поверхности, но при этом заготовка имеет высокую стоимость. При других видах литья (традиционное, по газифицируемым моделям) отливки обладают повышенной шероховатостью поверхности, высокой твердостью поверхностного слоя, также для них необходимы большие величины припусков на обработку.

2. Поковки применяют для получения деталей из пластических металлов менее сложной формы, но при этом имеющих большие перепады размеров (диаметров). Данным методом отверстия, как правило, не получают. Заготовки-поковки имеют меньшую шероховатость, но большую волнистость поверхности; а также повышенную твердость корки, большие величины припусков на обработку и невысокую стоимость.

3. Штамповки используют для деталей сложной формы также из пластических металлов. При данном способе получения заготовки можно получить любое отверстие. Заготовка-штамповка характеризуется меньшей шероховатостью, высокой точностью, малыми припусками и самой высокой стоимостью. Такой метод применяют при поверхности, которую невозможно обработать механически, но требуется высокое качество.

4. Прокат. Его отличительная черта - дешевизна. Изготавливают из стали и цветных металлов в виде прутков с различной формой поперечного сечения (круг, квадрат, шестигранник, труба, угольник, и т. д.). Такие заготовки наиболее широко применяются. Но имеют недостаток - низкий коэффициент использования материала.

Прокат делится на:

- Плоский (рулонная сталь, листовая сталь, жель, лента и пр.)
- Листовой (лист, полоса (рулон), штрипс):
- Горячекатаные тонкие (толщина до 4 мм);

- Горячекатаные толстые (толщина свыше 4 мм);
- Холоднокатаные;
- Профнастил — это стеновой или кровельный материал для наружных ограждений, стен и крыш.
- Сортовой прокат (катанка, шары помольные и другие виды проката, у которых касательная к любой точке периметра его поперечного сечения данное сечение не пересекает).
- Фасонный прокат (угловой прокат, швеллер, балка двутавровая, рельсы, специальные профили для судостроения и другие виды проката, у которых касательная хотя бы к одной точке периметра поперечного сечения пересекает данное сечение):
- Общего (массового) потребления (угловой профиль, швеллеры, двутавровые балки и другие);
- Специального назначения (рельсы железнодорожные широкой и узкой колеи, рельсы трамвайные, профили с/х машиностроения, судостроения, нефтяной и электропромышленности).

Самым первым критерием при выборе типа заготовки служит материал, из которого изготавливается деталь. Сталь - прокат, поковка, штамповка, реже - отливка; Чугун - различные методы литья; Цветные металлы - прокат, отливка, реже - штамповка.

Вторым критерием являются технологические возможности каждого из типов. Для деталей простой конфигурации предпочитают прокат; для деталей средних и крупных размеров простой формы с большими перепадами размеров - поковка; менее предпочтительны, из-за высокой стоимости, отливка или штамповка; для деталей сложной формы - отливка или штамповка.

Для получения выбранной заготовки – шпиндель, необходим прокат круглого поперечного сечения, который в свою очередь делится на 3 класса точности.

1. Класс А – высокая точность.
2. Класс Б – повешенная точность.

3. Класс В – обычная точность.

Для каждого из вышеперечисленных классов нормируются предельные отклонения, шероховатость и кривизна поверхности.

Прокат горячекатаный по сравнению с холоднокатаным отличается высокими механическими характеристиками уже в момент получения самого проката, поэтому для изготовления данной детали выбираем прокат горячекатаный.

С учетом выбранной шероховатости $Ra=6,3$ и обычной точности (Класс В) изготовления прутка и максимальным диаметром $D=115\text{мм}$ выбираем стандартный прокат из «ГОСТ 2590-88 Прокат стальной горячекатаный круглый. Сортамент.» прутки $\varnothing 120\text{мм}$. Обозначение на чертеже:

$$\text{Круг} \frac{120\text{ГОСТ 2590} - 88}{\text{ГОСТ 380} - 2005}$$

Сталь горячекатаная, круглая, прокат $\varnothing 120\text{мм}$, обычной точности прокатки класса В по ГОСТ 2590-88, марки Ст.3 по ГОСТ 380-2005.

2.4. Составление технологического маршрута обработки детали

Основные операции, необходимые для получения данной детали были выявлены в ходе анализа технологичности оси, а также составлен технологический маршрут. Операции следующие:

1. Заготовительная
2. Токарная черновая
3. Токарная чистовая ЧПУ
4. Шлифовка
5. Контрольная операция

Операционный эскиз	Установ Оборудо вание	Операции
	А	<p>1. Заготовительная</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Подрезать торец 1 выдерживая размер A_{12} 2) Точить поверхность 3, выдерживая размер D_{11} 3) Центровать торец 4) Сверлить отверстие 2, выдерживая размер D_{12} 5) Отрезать заготовку
	А	<p>2. Токарная черновая</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Подрезать торец 1 выдерживая размер A_{21} 2) Точить поверхность 2 выдерживая размеры A_{22} и D_{21} 3) Точить поверхность 3 выдерживая размеры A_{23} и D_{22}

	<p>Б</p> <p>Токарно-винторезный станок, трехкулочковый патрон,</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Точить поверхность 1 выдерживая размер A_{25} 2) Расточить поверхность 2 выдерживая размеры A_{24} и D_{23}.
	<p>В</p> <p>Сверлильный станок</p>	<p>3. Сверлильная</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Установить и закрепить заготовку на разжимную оправку 2) Сверлить отверстия выдерживая размеры D_{31} и D_{32}.
	<p>А</p> <p>Токарно-винторезный станок с ЧПУ, трехкулочковый патрон,</p>	<p>4. Токарная с ЧПУ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Подрезать торец 1 выдерживая размер A_{41} 2) Точить поверхность 2 выдерживая размеры A_{42} и D_{41} 3) Точить поверхность 3 выдерживая размеры A_{43} и D_{42} 4) Точить канавку 4 по ГОСТ 8820-69.

	<p>Б</p> <p>Токарно-винторезный станок с ЧПУ, трехкулочковый патрон</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Точить поверхность 1 выдерживая размер D_{43} 2) Точить поверхность 2 выдерживая размер A_{44} 3) Расточить поверхность 3 выдерживая размеры A_{46} и D_{44}. 4) Точить фаску выдерживая размер $A_{45} \times 45^\circ$ 5) Расточить отверстие 4 выдерживая размер D_{45}. 6) Точить канавку 5 выдерживая размеры A_{47}, A_{48} и D_{46}.
	<p>А</p> <p>Круглошлифовальный станок</p>	<p>5. Шлифовальная</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Шлифовать поверхность выдерживая размер D_{51} 2) Шлифовать поверхность выдерживая размер D_{52}
		<p>Контрольная</p>

На основе технологического маршрута составлена размерная схема обработки и граф дерево (приложение 2).

2.5. Определение допусков поверхностей вращения

Допуски на диаметральные размеры принимаются равными статической погрешности ω_{C_i} (Приложение 1 [12]).

Допуски на диаметральные размеры сведены в таблицу 2:

Таблица 2 – Допуски на диаметральные размеры

TD_{01}	0,28	TD_{42}	0,03
TD_{11}	0,14	TD_{43}	0,035
TD_{12}	0,05	TD_{44}	0,046
TD_{21}	0,039	TD_{45}	0,016
TD_{22}	0,039	TD_{46}	0,025
TD_{23}	0,046	TD_{51}	0,019
TD_{41}	0,03	TD_{52}	0,019

2.6. Определение минимальных припусков на обработку поверхностей вращения

Определение минимального припуска на обработку поверхности вращения рассчитывается по следующей формуле:

$$z_{i \min} = 2 \cdot (R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}) \quad (51)$$

где

R_x – шероховатость поверхности, мкм (Приложение 2 [12]);

h – величина дефектного слоя поверхности, мкм (Приложение 2 [12]);

ρ – точность геометрической формы, мкм (Приложение 3 [12]);

ε – Погрешность закрепления заготовки, мкм (Приложение 4 [12]).

Результаты вычислений сведены в таблицу 3.

	$R_{Z_{i-1}}$, МКМ	h_{i-1} , МКМ	ρ_{i-1} , МКМ	ε_{yi} , МКМ	$Z_{Di \min}$, ММ
$Z_{D11 \min}$	100	75	-	270	0,89
$Z_{D41 \min}$	20	25	50	60	0,25
$Z_{D42 \min}$	20	25	40	60	0,4
$Z_{D43 \min}$	20	25	40	60	0,4
$Z_{D45 \min}$	20	25	50	60	0,4
$Z_{D51 \min}$	7	20	40	25	0,2
$Z_{D52 \min}$	7	20	40	25	0,2

2.7. Расчет диаметральных технологических размеров

Для выполнения расчета используется метод максимума-минимума. Для расчета составляются размерные схемы технологических маршрутов обработки поверхностей вращения.

1) Расчет диаметра проката D_{01} :

Для расчета рассматриваем схему, которая включает в себя искомый размер (Рисунок 11).

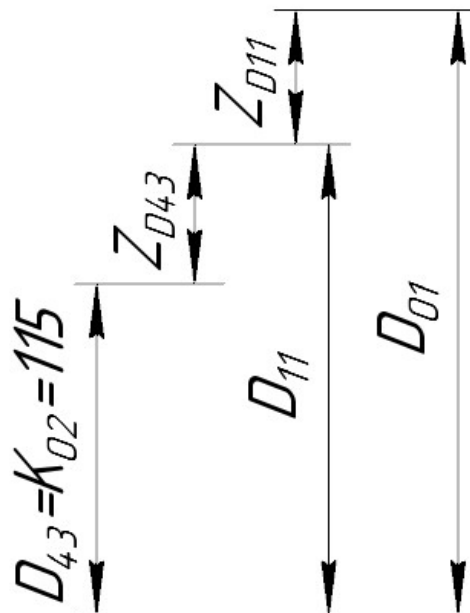


Рисунок 14 – Размерная схема для определения диаметра проката

В данной цепи известны допуски составляющих звеньев D_{43} , D_{11} , составляющее звено $D_{43} = K_{02} = 115 \pm 0,8$, а так же значение замыкающих звеньев – припусков, $Z_{D_{43}}$, $Z_{D_{11}}$.

Рассмотрим простейшую цепь, входящую в вышеуказанную, D_{43} , D_{11} , $Z_{D_{43}}$.

Среднее значение, D_{43} :

$$D_{43}^c = D_{43} + \frac{HOD_{43} + BOD_{11}}{2} = 115 \quad (52)$$

Найденное звено D_{43} записывается в следующем виде $D_{43} = 115 \pm 0,8$

Среднее значение $Z_{D_{43}}$:

$$Z_{D_{43}}^c = Z_{D_{43}min} + \frac{TD_{43} + TD_{11}}{2} = 0,4885 \text{ мм} \quad (53)$$

Среднее значение звена D_{11} :

$$D_{11}^c = D_{43}^c + Z_{D_{43}}^c = 115 + 0,4885 = 115,4885 \quad (54)$$

Номинальное значение звена D_{11} :

$$\begin{aligned} D_{11} &= D_{11}^c - \frac{HOD_{11} + BOD_{11}}{2} = 115,4885 - \frac{0 - 0,14}{2} \quad (55) \\ &= 115,5585 \end{aligned}$$

Из вышеприведённых расчетов, значение звена D_{11} :

$$D_{11} = 115,5585_{-0,14} \text{ мм}$$

Фактическое значение припуска $Z_{D_{43}}$:

$$\begin{aligned} Z_{D_{43}\Phi} &= D_{21\Phi} - D_{43} = 115,5585_{-0,14} - 115_{-0,8}^{+0,8} \quad (56) \\ &= 0,5585_{-0,94}^{+0,8} \end{aligned}$$

Рассмотрим цепь D_{11} , $Z_{D_{11}}$, D_{01} (рисунок 2.4.1.2, в).

Определим допуск звена D_{01} :

$$TD_{01} = BOD_{01} - HOD_{01} = 0,8 - (-2,0) = 2,8 \text{ мм.} \quad (57)$$

Находим среднее значение $Z_{D_{11}}$:

$$\begin{aligned} Z_{D_{11}}^c &= Z_{D_{11}min} + \frac{TD_{11} + TD_{01}}{2} = 0,89 + \frac{0,14 + 2,8}{2} \quad (58) \\ &= 2,45 \end{aligned}$$

Определим среднее значение звена D_{01} :

$$D_{01}^C = D_{11}^C + Z_{D11}^C = 115.5585 + 2.45 = 118.0085 \text{ мм.} \quad (59)$$

Вычислим номинальное значение звена D_{01} :

$$D_{01} = D_{01}^C - \frac{BOD_{01} + HOD_{01}}{2} = 118.0085 - \frac{0.8 - 2.0}{2} \quad (60)$$

$$= 118.6085 \text{ мм}$$

Следовательно, расчетное значение этого звена:

$$D_{01} = 118.6085_{-2.0}^{+0.8} \text{ мм.} \quad (61)$$

Выбираем прокат диаметром $D_{01\phi} = 120_{-2.0}^{+0.8}$

Рассчитаем фактическое значение припуска Z_{D11} :

$$Z_{D11\phi} = D_{01\phi} - D_{11} = 120_{-2.0}^{+0.8} - 115.5585_{-0.14} \quad (62)$$

$$= 4.4415_{-2.0}^{+0.94}$$

2) Расчет технологических размеров при обработке отверстия диаметра $\phi 40^{+0.025}$:

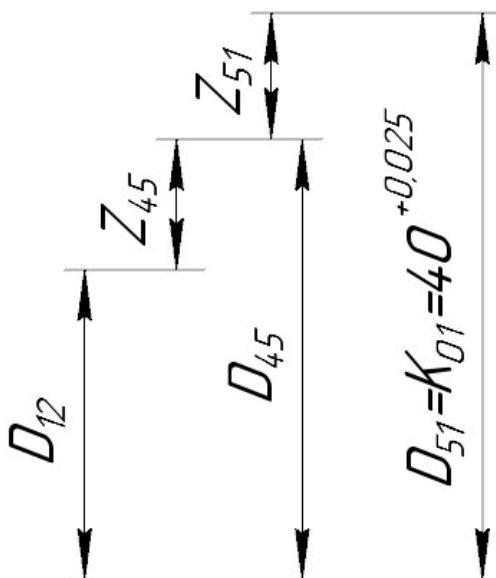


Рисунок 15 - Размерная схема диаметра отверстия $\phi 40^{+0.025}$:

Рассмотрим цепь D_{51}, D_{45}, Z_{51} .

$$D_{51} = K_{01} = 40^{+0.025}; Z_{D51min} = 0.2 \text{ мм.} \quad (63)$$

Среднее значение D_{51} :

$$D_{51}^C = D_{51} + \frac{HOD_{51} BOD_{51}}{2} = 40 + \frac{0 + 0.025}{2} \quad (64)$$

$$= 40.0125$$

Среднее значение Z_{51}

$$\begin{aligned} Z_{D51}^C &= Z_{D51 \min} + \frac{TD_{51} + TD_{45}}{2} = 0.2 + \frac{0.019 + 0.016}{2} \\ &= 0.2175 \end{aligned} \quad (65)$$

Среднее значение D_{45} :

$$D_{45}^C = D_{51}^C - Z_{D51}^C = 40.0125 - 0.2175 = 39.795 \quad (66)$$

Следовательно, расчетное значение этого звена:

$$D_{45} = 39.795_{-0.008}^{+0.008} \text{ мм.} \quad (67)$$

Принимаем, что $D_{45\phi} = 39,787^{+0,016}$

Фактическое значение припуска Z_{D51} :

$$\begin{aligned} Z_{D51\phi} &= D_{51} - D_{45\phi} = 40^{+0.025} - 39.787^{+0.016} \\ &= 0.213_{-0.016}^{+0.025} \end{aligned} \quad (68)$$

Рассмотрим цепь D_{12}, D_{45}, Z_{45}

$$D_{45} = 39.787^{+0.016}; Z_{D12 \min} = 0.42 \quad (69)$$

Среднее значение Z_{D45} :

$$\begin{aligned} Z_{D45}^C &= Z_{D45 \min} + \frac{TD_{12} + TD_{45}}{2} = 0.42 + \frac{0.05 + 0.016}{2} \\ &= 0.453 \end{aligned} \quad (70)$$

Среднее значение D_{12} :

$$D_{12}^C = D_{45}^C - Z_{D45}^C = 39.795 - 0.453 = 39.342 \quad (71)$$

$$D_{12} = 39.342_{-0.025}^{+0.025} \quad (72)$$

$$D_{12\phi} = 39,317^{+0,05} \quad (73)$$

Фактическое значение припуска Z_{D12} :

$$\begin{aligned} Z_{D12\phi} &= D_{12} - D_{12\phi} = 39.342_{-0.025}^{+0.005} - 39.317^{+0.05} \\ &= 0.025_{-0.075}^{+0.025} \end{aligned} \quad (74)$$

3) Расчет технологических размеров при обработке внутренней поверхности $\varnothing 51$:

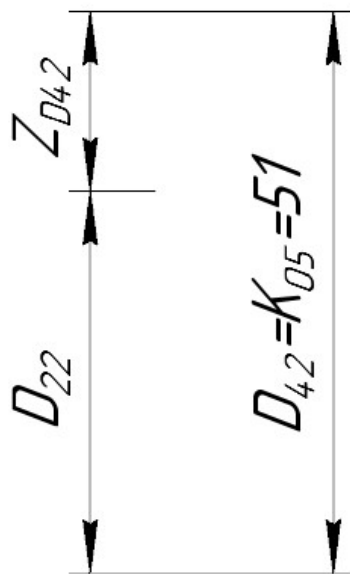


Рисунок 16 - Размерная схема диаметра внутренней поверхности $\varnothing 51$

В данной цепи известно: составляющее звено $D_{42} = K_{D5} = 51$

Минимальное значение припуска $Z_{D52 \min} = 0.4$ мм.

Определим среднее значение D_{42} :

$$D_{42}^C = D_{42} + \frac{HOD_{42} + BOD_{42}}{2} = 51 + \frac{0 + 0.03}{2} \quad (75)$$

$$= 51.015 \text{ мм.}$$

Находим среднее значение Z_{D42} :

$$Z_{D42}^C = Z_{D42} + \frac{PD_{22} + TD_{22}}{2} = 0.4 + \frac{0.039 + 0.03}{2} \quad (76)$$

$$= 0.4345 \text{ мм.}$$

Определим среднее значение звена D_{22} :

$$D_{22}^C = D_{42}^C - Z_{D42}^C = 51.015 - 0.4345 = 50.5805 \text{ мм.} \quad (77)$$

$$D_{22} = 50.5805_{-0.02}^{+0.02} \quad (78)$$

Учитывая, что для размеров отверстий, формируемых механической обработкой, в качестве номинального принято брать наименьший предельный размер, запишем:

$$D_{22\phi} = 50.5605^{+0.04} \text{ мм.} \quad (79)$$

d) Определим фактическое значение припуска Z_{D42} :

$$\begin{aligned} Z_{D42\phi} &= D_{42} - D_{22\phi} = 51 - 50.5605^{+0.04} \\ &= 0.4395_{-0.04} \text{ мм.} \end{aligned} \quad (80)$$

4) Расчет технологических размеров при обработке внешней поверхности $\phi 55_{-0,03}$

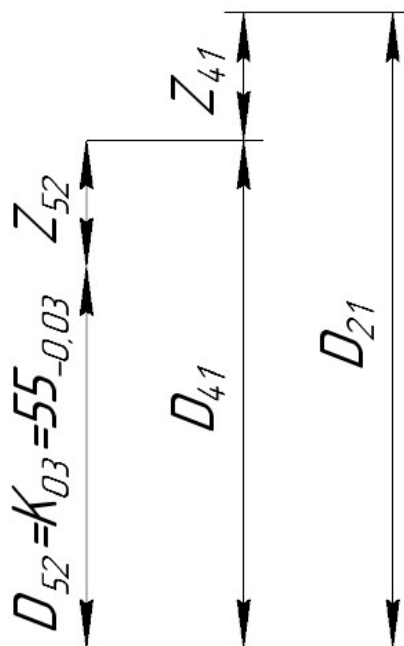


Рисунок 17 – Размерная схема диаметра внешней поверхности $\phi 55_{-0,03}$

Рассмотрим цепь D_{41} , D_{52} , Z_{D52} (Рисунок 14)

В этой цепи известно: составляющее звено D_{52} ($D_{52} = K_{D3} = 55_{-0,03}$) и минимальное значение припуска $Z_{D51 \min} = 0.2$ мм.

Определим среднее значение D_{52} :

$$\begin{aligned} D_{52}^C &= D_{52} + \frac{HOD_{52} + BOD_{52}}{2} = 55 + \frac{-0,03 + 0}{2} \\ &= 54.985 \text{ мм.} \end{aligned} \quad (81)$$

Находим среднее значение Z_{D52} :

$$\begin{aligned} Z_{D52}^C &= Z_{D52} + \frac{TD_{41} + TD_{52}}{2} = 0.2 + \frac{0.03 + 0.019}{2} \\ &= 0.2245 \text{ мм.} \end{aligned} \quad (82)$$

Определим среднее значение звена D_{41} :

$$D_{41}^C = D_{52}^C - Z_{D52}^C = 54.985 + 0.2245 = 55.2095 \text{ мм.} \quad (83)$$

$$D_{22} = 55.2095_{-0.015}^{+0.015} \quad (84)$$

Учитывая, что для размеров отверстий, формируемых механической обработкой, в качестве номинального принято брать наименьший предельный размер, запишем:

$$D_{41\phi} = 55,2245_{-0,03} \quad (85)$$

Определим фактическое значение припуска Z_{D52} :

$$\begin{aligned} Z_{D42\phi} &= D_{41\phi} - D_{52} = 55,2245_{-0,03} - 55_{-0,03} \\ &= 0,2245_{-0,03}^{+0,03} \end{aligned} \quad (86)$$

Рассмотрим цепь D_{21} , D_{41} , Z_{D41} (Рисунок 14)

В этой цепи известно: составляющее звено $D_{41} = 55.2245_{-0.03}$ и минимальное значение припуска $Z_{D41 \min} = 0.25$ мм.

Определим среднее значение Z_{D41} :

$$\begin{aligned} Z_{D41}^C &= Z_{D41 \min} + \frac{TD_{21} + TD_{41}}{2} = 0.25 + \frac{0.39 + 0.03}{2} \\ &= 0.2845. \end{aligned} \quad (87)$$

Находим среднее значение D_{21} :

$$\begin{aligned} D_{52}^C &= D_{52} + \frac{HOD_{52} + BOD_{52}}{2} = 55 + \frac{-0,03 + 0}{2} \\ &= 54.985 \text{ мм.} \end{aligned} \quad (88)$$

Определим среднее значение звена D_{41} :

$$D_{21}^C = D_{41}^C - Z_{D41}^C = 55.2095 + 0.2845 = 55.495 \text{ мм.} \quad (89)$$

$$D_{21} = 55.494_{-0.02}^{+0.02} \text{ мм.} \quad (90)$$

$$D_{24\phi} = 55,514_{-0,04} \quad (91)$$

Определим фактическое значение припуска Z_{D41} :

$$\begin{aligned} Z_{D41\phi} &= D_{21\phi} - D_{41} = 55,514_{-0,04} - 55,2245_{-0,03} \\ &= 0,2895_{-0,04}^{+0,03} \end{aligned} \quad (92)$$

2.8. Определение допусков на технологические продольные размеры

Допуски на продольные размеры в общем случае рассчитываются по следующей формуле:

$$TA_i = \omega_{ci} + \rho_{и} + \varepsilon_{\delta} \quad (93)$$

где

ω_{ci} – статическая погрешность, мкм (Приложение 1 [12]);

$\rho_{и}$ – отклонение измерительной базы, мкм (Приложение 3 [12]);

ε_{δ} – погрешность базирования, мкм (Приложение 4 [12]);

Полученные допуски всех линейных технологических размеров сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Допуски на продольные размеры

TA_i	ω_{ci} , мм	$\rho_{и}$, мкм	ε_{δ} , мкм	TA_i
TA_{11}	0,25	30	80	0,36
TA_{12}	0,25	10	80	0,334
TA_{21}	0,25	30	-	0,28
TA_{22}	0,25	10	-	0,26
TA_{23}	0,25	10	-	0,26
TA_{24}	0,25	10	-	0,26
TA_{25}	0,25	10	-	0,26
TA_{41}	0,2	10	-	0,21
TA_{42}	0,2	10	-	0,21
TA_{43}	0,2	10		0,21
TA_{44}	0,2	10	0,2	0,23
TA_{45}	0,2	10	0,2	0,23
TA_{46}	0,2	10	-	0,21

2.9. Определение минимальных припусков на обработку плоскостей

Минимальные припуски на обработку плоскости рассчитываются по следующей формуле:

$$z_{i \min} = R_{Z_{i-1}} + h_i + \rho_{i-1} \quad (94)$$

где

R_Z – шероховатость поверхности, мкм (Приложение 2 [12]);

h_i – величина дефектного поверхностного слоя, мкм (Приложение 2 [12]);

ρ_{i-1} – точность геометрической формы, мкм (Приложение 3 [12]).

Полученные припуски для всех линейных технологических размеров сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Расчет минимальных припусков на линейные технологические размеры

	$R_{Z_{i-1}}$, мкм	h_i , мкм	ρ_{i-1} , мкм	$Z_{i \min}$
$Z_{21 \min}$	100	80	15	0,185
$Z_{25 \min}$	100	80	15	0,185
$Z_{41 \min}$	20	25	15	0,06
$Z_{42 \min}$	20	25	10	0,055
$Z_{43 \min}$	20	25	10	0,055
$Z_{44 \min}$	20	25	15	0,06
$Z_{46 \min}$	20	25	10	0,055

2.10. Расчет продольных технологических размеров

Перед началом расчета технологических размеров необходимо произвести анализ всех размерных цепей. Замыкающими звеньями данных цепей должны являться не воздерживающиеся конструкторские размеры и проверить возможность обеспечения их точности.

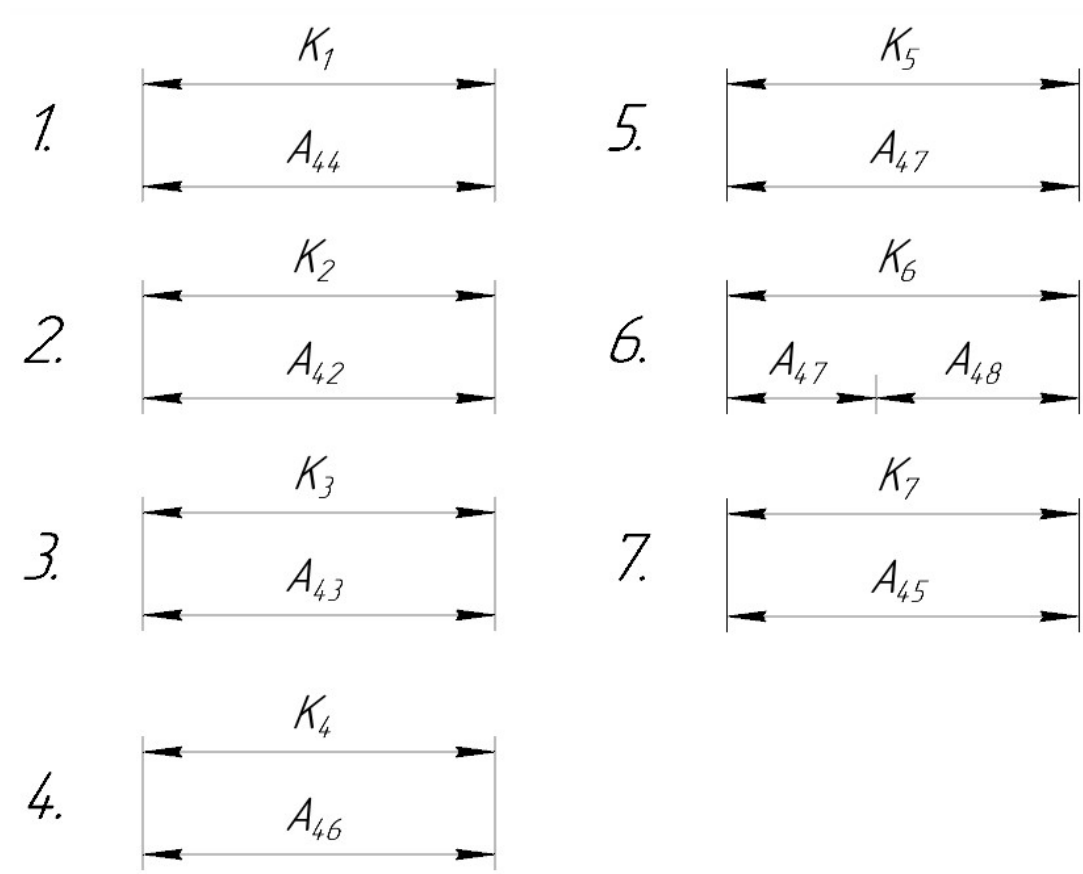


Рисунок 18 – Размерные цепи продольных технологических размеров с конструкторскими размерами

На начальном этапе расчета вынесем размеры, которые между собой равны, т.е. конструкторские и технологические размеры. Назначаем допуски согласно справочнику 12.

$$K_1 = A_{44} = 15 \pm 0,46$$

$$K_2 = A_{42} = 7 \pm 0,31$$

$$K_3 = A_{43} = 1,5 \pm 0,05$$

$$K_4 = A_{46} = 3 \pm 0,35$$

$$K_5 = A_{47} = 2 \pm 0,28$$

$$K_7 = A_{45} = 5 \pm 0,34$$

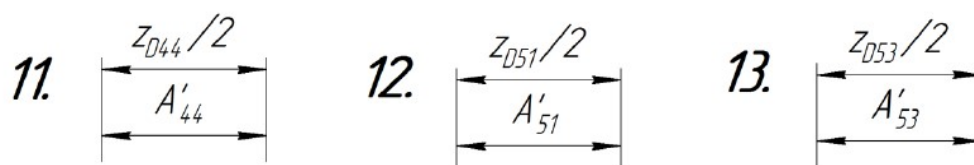


Рисунок 19 – Размерные цепи с диаметральными припусками

Рассмотрим двухзвенные цепи с технологическими размерами равными диаметральным припускам (Рисунок 18)

$$\text{№11 } A'_{44} = \frac{Z_{D44}}{2} = 1.336^{+0.435}_{-0.835} \text{ мм}; \quad (95)$$

$$\text{№12 } A'_{51} = \frac{Z_{D51}}{2} = 0.418^{+0.02}_{-0.02} \text{ мм}; \quad (96)$$

$$\text{№13 } A'_{53} = \frac{Z_{D53}}{2} = 0.384^{+0.02}_{-0.2} \text{ мм}; \quad (97)$$

Рассмотрим трехзвенные цепи

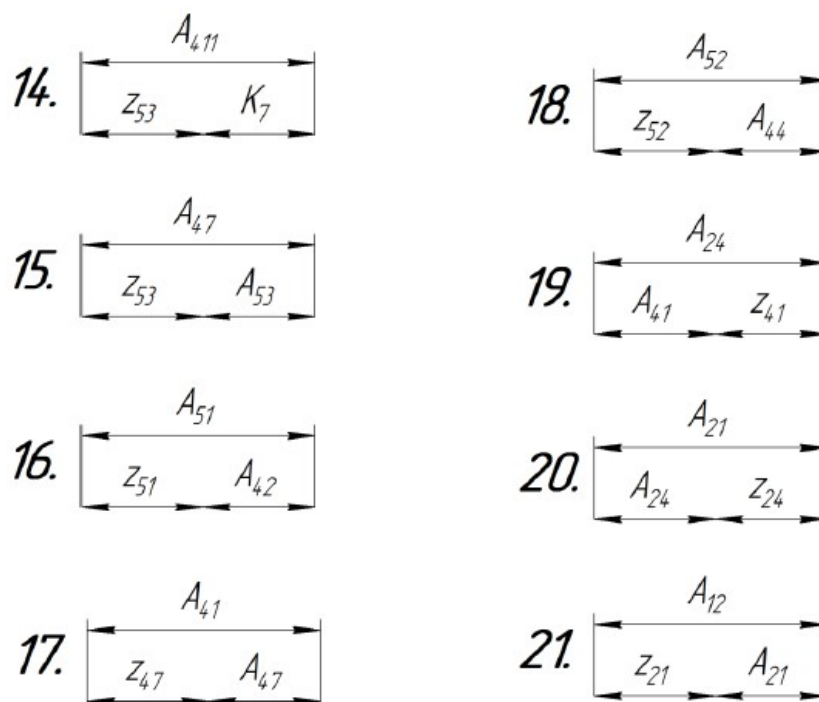


Рисунок 20 – Размерные цепи продольных технологических размеров с припусками

$$\text{№10 } A_{45}^C = A_{51}^C + K_{10}^C = 0.478 + 2 = 2.418 \text{ мм}; \quad (98)$$

$$A_{45} = 2.418 \pm 0.1 \text{ мм}. \quad (99)$$

Рассмотрим цепь №14 (рисунок 19) и найдем размер A_{411} .

Среднее значение этого размера будет равно:

$$A_{411}^C = Z_{53}^C + K_7^C \quad (100)$$

Для начала необходимо определить Z_{53}^C :

$$Z_{51}^C = Z_{51min} + \frac{TA_{411} + TK_7}{2} = 0.065 + \frac{0.2 + 0.8}{2} \quad (101)$$

$$= 0.565 \text{ мм};$$

$$A_{411}^C = 0,565 + 2 = 2,565 \text{ мм.} \quad (102)$$

Окончательно запишем $A_{411} = 2.565 \pm 0.1 \text{ мм.}$

$$Z_{53} = A_{411} - K_7 = 2,565_{-0,1}^{+0,1} - 2_{-0,4}^{+0,4} \quad (103)$$

$$= 0,565 \pm 0,5 \text{ мм.}$$

Рассмотрим цепь №15 (рисунок 19) и найдем размер A_{47} :

$$A_{47} = Z_{53} + A_{53} = 0.565_{-0,5}^{+0,5} + 25_{-0,26}^{+0,26} \quad (104)$$

$$= 25,565_{-0,76}^{+0,76} \text{ мм.}$$

Рассмотрим цепь №16 (рисунок 19) и найдем размер A_{42} .

Среднее значение этого размера будет равно:

$$A_{42}^C = A_{51}^C - Z_{51}^C. \quad (105)$$

Для начала необходимо определить Z_{51}^C :

$$Z_{51}^C = Z_{51min} + \frac{TA_{51} + TA_{42}}{2} = 0.065 + \frac{0.35 + 0.2}{2} = 0.34 \text{ мм};$$

$$A_{42}^C = 15 - 0.34 = 14.66 \text{ мм.}$$

Окончательно запишем $A_{42} = 14.66 \pm 0.1 \text{ мм.}$

$$Z_{51} = A_{51} - A_{42} = 15_{-0,21}^{+0,21} - 14.66_{-0,1}^{+0,1} \quad (106)$$

$$= 0.36 \pm 0.31 \text{ мм.}$$

Рассмотрим цепь №17 (рисунок 19) и найдем размер A_{41} .

Среднее значение этого размера будет равно:

$$A_{41}^C = A_{47}^C + Z_{47}^C. \quad (107)$$

Для начала необходимо определить Z_{47}^C :

$$Z_{47}^C = Z_{47min} + \frac{TA_{41} + TA_{47}}{2} = 0.2 + \frac{0.2 + 0.2}{2} = 0.4 \text{ мм};$$

$$A_{41}^C = 25.565 + 0.4 = 25.965 \text{ мм.}$$

Окончательно запишем $A_{41} = 25.965 \pm 0.1 \text{ мм.}$

$$Z_{47} = A_{41} - A_{47} = 25.965_{-0,1}^{+0,1} - 25.565_{-0,76}^{+0,76} = 0.4 \pm 0.86 \text{ мм.}$$

Рассмотрим цепь №18 (рисунок 19) и найдем размер A_{44} .

Среднее значение этого размера будет равно:

$$A_{44}^C = A_{52}^C - Z_{52}^C. \quad (108)$$

Для начала необходимо определить Z_{51}^C :

$$Z_{52}^C = Z_{52min} + \frac{TA_{52} + TA_{44}}{2} = 0.055 + \frac{0.35 + 0.2}{2} = 0.33 \text{ мм};$$

$$A_{44}^C = 8 - 0.33 = 7.67 \text{ мм}.$$

Окончательно запишем $A_{44} = 7.67 \pm 0.1 \text{ мм}$.

$$Z_{52} = A_{52} - A_{44} = 8_{-0,18}^{+0,18} - 7.67_{-0,1}^{+0,1} = 0.33 \pm 0.28 \text{ мм}.$$

Рассмотрим цепь №19 (рисунок 2.8.3) и найдем размер A_{24} .

Среднее значение этого размера будет равно:

$$A_{24}^C = A_{41}^C - Z_{41}^C. \quad (109)$$

Для начала необходимо определить Z_{51}^C :

$$Z_{41}^C = Z_{41min} + \frac{TA_{24} + TA_{41}}{2} = 0.2 + \frac{0.3 + 0.2}{2} = 0.45 \text{ мм};$$

$$A_{24}^C = 25.965 + 0.45 = 26.415 \text{ мм}.$$

Окончательно запишем $A_{24} = 26.415 \pm 0.15 \text{ мм}$.

$$Z_{41} = A_{24} - A_{41} = 26.415_{-0,15}^{+0,15} - 25.965_{-0,1}^{+0,1} = 0.45 \pm 0.25 \text{ мм}.$$

Рассмотрим цепь 20 (рисунок 2.8.3) и найдем размер A_{41} .

Среднее значение этого размера будет равно:

$$A_{21}^C = A_{24}^C + Z_{24}^C. \quad (110)$$

Для начала необходимо определить Z_{24}^C :

$$Z_{24}^C = Z_{24min} + \frac{TA_{21} + TA_{24}}{2} = 0.2 + \frac{0.3 + 0.3}{2} = 0.5 \text{ мм};$$

$$A_{21}^C = 26.415 - 0.5 = 26.915 \text{ мм}.$$

Окончательно запишем $A_{21} = 26.915 \pm 0.15 \text{ мм}$.

$$Z_{24} = A_{21} - A_{24} = 26.915_{-0,15}^{+0,15} - 26.415_{-0,15}^{+0,15} = 0.5 \pm 0.3 \text{ мм}.$$

Рассмотрим цепь №21 (рисунок 19) и найдем размер A_{12} .

Среднее значение этого размера будет равно:

$$A_{12}^C = A_{21}^C - Z_{21}^C. \quad (111)$$

Для начала необходимо определить Z_{51}^C :

$$Z_{21}^C = Z_{21min} + \frac{TA_{12} + TA_{21}}{2} = 0.2 + \frac{0.38 + 0.3}{2} = 0.54\text{мм};$$

$$A_{12}^C = 26.915 + 0.54 = 27.455 \text{ мм.}$$

Окончательно запишем $A_{12} = 27.455 \pm 0.19$ мм.

$$Z_{21} = A_{12} - A_{21} = 27.455_{-0.19}^{+0.19} - 26.915_{-0.15}^{+0.15} = 0.54 \pm 0.34 \text{ мм.}$$

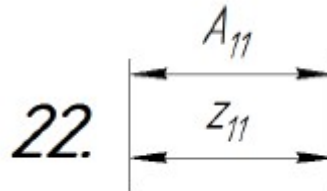


Рисунок 21 – Размерная цепь продольного технологического размера
равного припуску

Рассмотрим цепь №22 (рисунок 20) и найдем размер A_{11} .

$$A_{11min} = Z_{11min} = 0.22\text{мм};$$

$$A_{11max} = A_{11min} + TA_{11} = 0.22 + 0.4 = 0.62\text{мм};$$

$$A_{11}^C = \frac{A_{11min} + A_{11max}}{2} = \frac{0.22 + 0.62}{2} = 0.42\text{мм};$$

$$A_{11} = Z_{11} = 0.42 \pm 0.2\text{мм.}$$

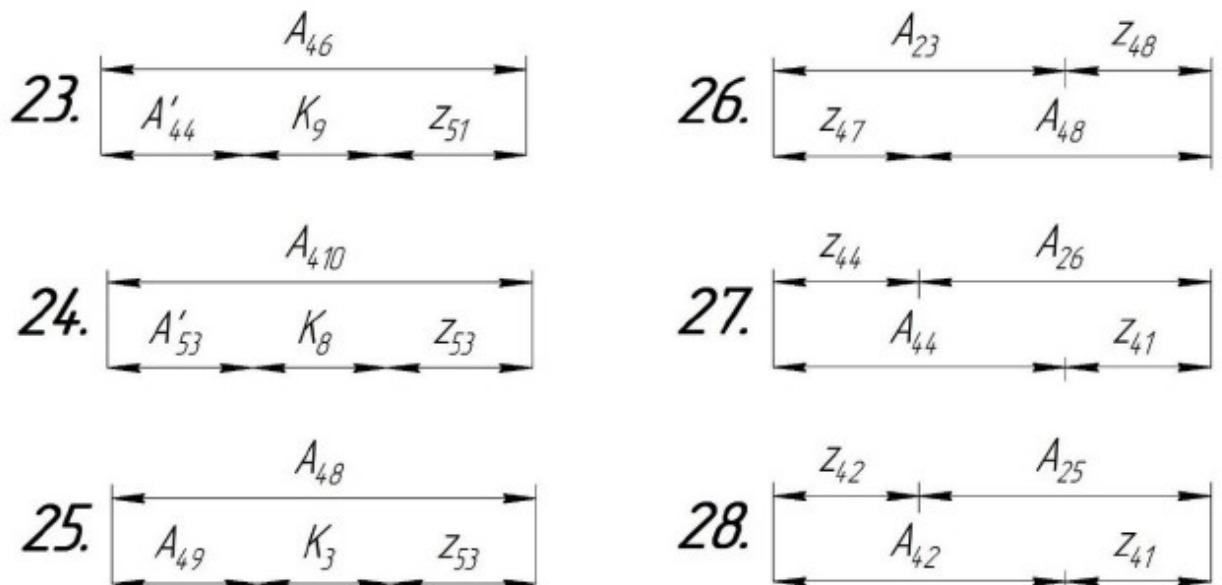


Рисунок 22 – Размерные цепи четырехзвенные продольных
технологических размеров

Рассмотрим цепь №23 (рисунок 21) и найдем размер A_{46} .

Среднее значение этого размера будет равно:

$$A_{46}^C = A_{44}^C + K_9^C + Z_{51}^C = 1.1136 + 2 + 0,34 \quad (112)$$
$$= 3.476 \text{ мм.}$$

Окончательно запишем $A_{46} = 3.476 \pm 01 \text{ мм.}$

Рассмотрим цепь №24 (рисунок 21) и найдем размер A_{410} .

Среднее значение этого размера будет равно:

$$A_{410}^C = A_{53}^C + K_8^C + Z_{53}^C = 0,294 + 2 + 0,565 \quad (113)$$
$$= 2,859 \text{ мм.}$$

Окончательно запишем $A_{410} = 2,859 \pm 01 \text{ мм.}$

Рассмотрим цепь №25 (рисунок 21) и найдем размер A_{48} .

Среднее значение этого размера будет равно:

$$A_{48}^C = A_{49}^C + K_3^C + Z_{53}^C = 4 + 11 + 0,565 \quad (114)$$
$$= 15,565 \text{ мм.}$$

Окончательно запишем $A_{48} = 15,565 \pm 01 \text{ мм.}$

Рассмотрим цепь №26 (рисунок 21) и найдем размер A_{23} .

Среднее значение этого размера будет равно:

$$A_{23}^C = Z_{47}^C + A_{48}^C - Z_{48}^C. \quad (115)$$

Для начала необходимо определить Z_{47}^C .

$$Z_{48}^C = Z_{48min} + \frac{TA_{23} + TA_{48} + TZ_{47}}{2} = 0,2 + \frac{0,3 + 0,2 + 1,72}{2} = 1,31 \text{ мм};$$

$$A_{23}^C = 0,4 + 15,565 - 1,31 = 14,655 \text{ мм.}$$

Окончательно запишем $A_{23} = 14,655 \pm 0,15 \text{ мм};$

$$Z_{48} = A_{48} + Z_{47} - A_{23} = 15,565_{-0,1}^{+0,1} + 0,4_{-0,86}^{+0,86} - 14,655_{-0,15}^{+0,15}$$
$$= 15,965_{-0,96}^{+0,96} - 14,655_{-0,15}^{+0,15} = 1,31 \pm 1,11 \text{ мм.}$$

Рассмотрим цепь №27 (рисунок 21) и найдем размер A_{26} .

Среднее значение этого размера будет равно:

$$A_{26}^C = Z_{41}^C + A_{44}^C - Z_{44}^C. \quad (116)$$

Для начала необходимо определить Z_{44}^C .

$$Z_{44}^C = Z_{44min} + \frac{TA_{26} + TA_{44} + TZ_{41}}{2} = 0,19 + \frac{0,3 + 0,2 + 0,5}{2} = 0,69 \text{ мм};$$

$$A_{26}^C = 0.45 + 7.67 - 0.69 = 7.43 \text{ мм.}$$

Окончательно запишем $A_{26} = 7.43 \pm 0.15 \text{ мм}$;

$$\begin{aligned} Z_{44} &= A_{44} + Z_{41} - A_{26} = 7.67_{-0.1}^{+0.1} + 0.45_{-0.25}^{+0.25} - 7.43_{-0.15}^{+0.15} = 8.12_{-0.35}^{+0.35} - 7.43_{-0.15}^{+0.15} \\ &= 0.69 \pm 0.5 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Рассмотрим цепь №28 (рисунок 21) и найдем размер A_{25} .

Среднее значение этого размера будет равно:

$$A_{25}^C = Z_{41}^C + A_{42}^C - Z_{42}^C. \quad (117)$$

Для начала необходимо определить Z_{42}^C .

$$Z_{42}^C = Z_{42min} + \frac{TA_{25} + TA_{42} + TZ_{41}}{2} = 0.19 + \frac{0.3 + 0.2 + 0.5}{2} = 0.69 \text{ мм};$$

$$A_{25}^C = 0.45 + 14.66 - 0.69 = 14.42 \text{ мм.}$$

Окончательно запишем $A_{25} = 14.42 \pm 0.15 \text{ мм}$;

$$\begin{aligned} Z_{42} &= A_{42} + Z_{41} - A_{25} = 14.66_{-0.1}^{+0.1} + 0.45_{-0.25}^{+0.25} - 14.42_{-0.15}^{+0.15} \\ &= 15.11_{-0.35}^{+0.35} - 14.42_{-0.15}^{+0.15} = 0.69 \pm 0.5 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Таблица 5 - Значения линейных технологических размеров

Обозначение технологического размера	Принятое номинальное значение и предельные отклонения технологического размера
A ₁₁	0,42±0,2
A ₁₂	27,455±0,19
A ₂₁	26,915±0,15
A ₂₃	14,655±0,15
A ₂₄	26,415±0,15
A ₂₅	14,42±0,15
A ₂₆	7,43±0,15
A ₄₁	25,965±0,1
A ₄₂	14,66±0,1
A ₄₃	6 ^{+0,3}
A ₄₄	7,67±0,1
A ₄₅	2,415±0,1
A ₄₆	3,476±0,1
A ₄₇	25,565±0,76

Вывод

В ходе выполнения данной части был спроектирован технологический процесс изготовления детали «Фланец». В ходе проектирования были выбраны заготовки, смоделирован маршрут изготовления детали в условиях мелкосерийного производства. Так же были рассчитаны припуски на механическую обработку.

В соответствии с данными графами обработки, была составлена расчетно-технологическая, операционная карты (Приложение 2). Так же составлена карта наладки инструмента, расчетно-технологическая карта (Приложение 2).

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

3. «Социальная ответственность»

Студенту:

Группа	ФИО
4А6В	Седов Денис Эдуардович

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

Тема ВКР:

Проектирование настольного высокоскоростного токарно-револьверного станка с ЧПУ	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Малогобаритный токарный станок с ЧПУ. Применяется для изготовления небольших деталей в домашних и небольших мастерских.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	ТК РФ Статья 160 ТК РФ Статья 100 ТК РФ Статья 147 ТК РФ Статья 349.2. ГОСТ 7599-82 ГОСТ 12.1.003-83 ГОСТ 12.2.003-91 ГОСТ Р 54564-2011 ГОСТ 12.2.009-99 ГОСТ 2787-75 ГОСТ Р 50786-2012 ГОСТ 12.1.012-2004 ГОСТ 12.2.003-91 СП 52.13330.2016 СанПиН 2.2.4.548–96
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	1. Недостаточная освещенность рабочей зоны 2. Отклонение показателей микроклимата от норм 3. Повышенный уровень шума 4. Повышенный уровень вибрации
3. Экологическая безопасность:	Утилизация оборудования
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС: пожары, взрывы, обрушение сооружения и т.п. Наиболее типичная ЧС: пожар.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна	-		13.04.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А6В	Седов Денис Эдуардович		13.04.2020

Введение

В данном разделе рассматриваются вредные и опасные факторы, которые влияют на человека в процессе разработки, изготовления и эксплуатации настольного токарного станка. Так же рассматриваются мероприятия по предотвращению и устранению несчастных случаев и способы снижения вредных воздействий на окружающую среду и человека.

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

В данной работе представлена разработка настольного высокоточного токарного станка с ЧПУ. При изготовлении и сборке конструкции, можно столкнуться с несколькими опасными работами, с риском для получения вреда рабочему. Для изготовления и сборки станка необходимо изготовить детали на фрезерном и гидроабразивном станках. Так же для изготовления некоторых деталей используется токарный станок. Используется сварка для сборки некоторых узлов станка.

3.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности регламентируются различными НПА:

- ТК РФ
- ГОСТ (относящиеся к работе на токарном станке)
- СанПиН 2.2.4.548–96

Правовые нормы трудового законодательства включают в себя, задачи, сферу действия трудового права, порядок установления правовых норм в области труда, основное содержание трудовых и иных непосредственно связанных с ними отношений, правосубъектность их участников, а также основные принципы правового регулирования труда работников.

Так, например, в статье 100 ТК РФ содержится информация о режиме рабочего времени и количестве выходных дней.

Статья 147 ТК РФ содержит информацию об оплате труда работников, занятых на работах с вредными и опасными условиями труда. В данной статье говорится о том, что Оплата труда работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, устанавливается в повышенном размере. Минимальный размер повышения оплаты труда работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, составляет 4 процента тарифной ставки (оклада), установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда.

Гарантии и компенсации за вредные условия труда — это способы социальной защиты работников производств, оказывающих негативное влияние на их здоровье. Под вредными условиями труда следует понимать те, которые характеризуются присутствием на предприятии факторов, негативно влияющих на состояние здоровья работников и их дееспособность. Статья 14 № 426-ФЗ содержит подробную классификацию производств по степени вредности.

В зависимости от того, к какой категории опасности относится производство, государство устанавливает различные гарантии и компенсации для людей, которые на них трудятся:

- уменьшение рабочего времени;
- дополнительный ежегодный отпуск;
- доплата за вредные условия труда;
- досрочный выход на пенсию;
- обязательное проведение периодических медосмотров за счет работодателя.

К основным эргономическим требованиям в производственных условиях относят:

- Необходимый уровень защиты/безопасности (ГОСТ 12.2.003-91)
- Допустимый уровень шума (ГОСТ 12.1.003-83)
- Допустимый уровень вибраций (ГОСТ 12.1.012-2004)
- Освещенность рабочего места (СП 52.13330.2016)
- Рабочее место при выполнении работ стоя (ГОСТ 12.2.032-78)

- Производственное оборудование (ГОСТ 12.2.049-80)

3.2. Производственная безопасность

При проектировании настольного токарного станка, уделяется основное внимание не только созданию оптимальных условий труда, но и так же учитываются факторы вредных воздействий химических, биологических, физических и других факторов. Оптимальные условия — это такие условия, при которых работники без потери здоровья выполняют поставленные задачи и при этом не падает качество продукции.

Таблица 6 - Возможные опасные и вредные фактор

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработ ка	Изготовл ение	Эксплуат ация	
Повышенный уровень шума на рабочем месте		+	+	ГОСТ 12.1.003-83
Повышенный уровень вибрации		+	+	ГОСТ 12.1.012-2004
Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	СП 52.13330.2016
Отклонение показателей микроклимата от норм	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96

3.3. Анализ выявленных вредных факторов производственной среды

Вредный производственный фактор – это фактор трудового процесса или среды, воздействие которого на при определенных условиях на работника может вызвать профессиональное заболевание, снижение работоспособности. Опасный производственный фактор – фактор способный стать причиной острого заболевания, резкого ухудшения здоровья или летального исхода.

Недостаточная освещённость

Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы, возникающей в результате прилагаемых усилий для опознания четких или сомнительных сигналов.

Установлено, что свет, помимо обеспечения зрительного восприятия, воздействует на нервную оптико-вегетативную систему, систему формирования иммунной защиты, рост и развитие организма и влияет на многие основные процессы жизнедеятельности, регулируя обмен веществ и устойчивость к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды. Сравнительная оценка естественного и искусственного освещения по его влиянию на работоспособность показывает преимущество естественного света.

Для оптимизации условий труда имеет большое значение освещение рабочих мест. Задачи организации освещённости рабочих мест, следующие: обеспечение различаемости рассматриваемых предметов, уменьшение напряжения и утомляемости органов зрения. Производственное освещение должно быть равномерным и устойчивым, иметь правильное направление светового потока, исключать слепящее действие света и образование резких теней.

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

Отклонение показателей микроклимата от норм

СанПиН 2.2.4.548–96 устанавливает гигиенические требования к показателям микроклимата рабочих мест производственных помещений с учетом интенсивности энерготрат работающих, времени выполнения работы, периодов года и содержат требования к методам измерения и контроля микроклиматических условий.

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей ;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

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

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, приведенным в таблице 2, применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года.

Таблица 7 - Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
	Iб (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
	IIa (175-232)	19-21	18-22	60-40	0,2
	IIб (233-290)	17-19	16-20	60-40	0,2
	III (более 290)	16-18	15-19	60-40	0,3
Теплый	Ia (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1
	Iб (140-174)	22-24	21-25	60-40	0,1
	IIa (175-232)	20-22	19-23	60-40	0,2
	IIб (233-290)	19-21	18-22	60-40	0,2
	III (более 290)	18-20	17-21	60-40	0,3

Повышенный уровень шума на рабочем месте

Источником шума в цехе, является работающее оборудование. Так как в данной установке присутствуют изготавливаемые детали, данный фактор учитывается обязательно. По ГОСТ 12.1.003-83 предельно допустимый уровень шума в цехе не более 80 дБ (широкополосный шум). В данной работе источниками шума являются: лазерный станок, токарный станок. Общий уровень шума измеряется в пределах 65 дБ. Данный показатель соответствует допустимому.

Повышенный уровень вибрации

Источником вибрации является все оборудование, работающее в цехе. В данной работе источником вибрации являются станки: лазерный станок и токарный станок.

Согласно ГОСТ 12.1.012-2004 «Вибрационная безопасность», амплитуда вибрации в помещении не должна превышать $0,0072 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ при частотах от 31,5 Гц до 63 Гц. Станки работают в диапазонах близких к 60 Гц. Станок работает в пределе до 32 Гц. Следовательно, вибрация не будет пагубно сказываться на рабочих.

3.4. Экологическая безопасность

Защита окружающей среды в нашем мире является весьма приоритетной задачей. Количество отходов бытовых, выбросов предприятий на сегодня составляет колоссальный объем, в связи с этим уровень загрязнения во многих районах весьма завышен. Для того что бы снизить уровень загрязнения необходимо отказаться от старых методов производства в пользу безотходного производства.

Основными производственными отходами при технологическом процессе с использованием модернизированного токарного станка являются металлическая стружка. Основным способом защиты окружающей среды от этих производственных остатков является их переработка и утилизация, в результате чего производство становится малоотходным, при котором его воздействие на окружающую среду по отдельным факторам не превышает значений, установленных НТД по охране природы.

Получаемые отходы высокопрочной стали, являются значительными как с точки зрения охраны природы, так и с точки зрения экономики, и подлежат первичной обработке непосредственно на предприятии с учетом других металлических отходов. Первичная обработка включает сортировку по сортаментам, разделку (удаление неметаллических включений) и механическую обработку, т.е. рубку, резку, пакетирование или брикетирование на прессах.

Сортировка отходов осуществляется еще на стадии обработки с учетом требований ГОСТ 2787-75 «Лом и отходы черных металлов. Шихтовые. Классификация и технические требования». Дальнейшая переработка осуществляется на специальном участке. Стружка пакетируется с помощью специальных прессов и поступает после первичной переработки на специальные металлургические предприятия.

Разработанный станок оказывает непосредственное влияние на литосферу, воздействуя на нее вибрационными нагрузками. Прочность некоторых земных пород, таких как пески, торф, заметно снижается из-за их уплотнения, структурные связи нарушаются, возможно, внезапное разжижение и образование оползней, отвалов, плывущих выбросов и других неблагоприятных процессов.

Живые организмы так же подвержены влиянию вибрационных нагрузок, которые могут возникать в следствии обработки заготовки на станке. Данный факт может заставить животных покинуть свои места обитания, однако если продолжительность нагрузки будет небольшая, то они могут возвращаться обратно, что сохраняет равновесия природной зоны.

С целью снизить вредное воздействие вибрационных нагрузок были предусмотрены виброопоры, которые не позволяют вибрации действовать на литосферу.

Непосредственного влияния на гидросферу и атмосферу данный станок не оказывает. Влияние происходит на стадии изготовления деталей для сборки станка и их обработки, а именно такие процессы как прокат, фрезерование (с применением СОЗ), токарная обработка (с применением СОЗ), термическая обработка (закалка, улучшение), покраска.

Механическая обработка металлов на станках сопровождается выделением пыли, стружки, туманов масел и эмульсий, которые через вентиляционную систему выбрасываются из помещения.

Производственные сточные воды образуются в результате использования воды в технологических процессах. Вода используется для приготовления СОЖ, промывки окрашиваемых изделий, для гидравлических испытаний, охлаждения оборудования и обработки помещения.

3.5. Защита в чрезвычайных ситуациях

При разработке, изготовлении и эксплуатации настольного токарного станка возможно возникновение некоторых ЧС техногенного характера. Наиболее высокая вероятность ЧС для данных работ - пожар. Так как на рабочем месте имеется электрическая проводка под напряжением, питающая оборудование. Так же источником пожара может быть нагретое оборудование. Несоблюдение техники безопасности чревато возникновением пожара.

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

- Проведение противопожарного инструктажа с персоналом;
- Обучение технике безопасности при работе с оборудованием;
- Размещение инструкций по предотвращению и борьбе с пожаром, а также размещение на видном месте плана эвакуации;
- Обеспечение свободного прохода;
- Содержание оборудования в исправном состоянии;
- Оснащение помещения средствами пожаротушения. Для помещения с электрооборудованием рекомендованы огнетушители порошкового типа ГОСТ Р 51017- 2009

Вывод:

Анализ в данной работе факторов может быть использован в реальных условиях изготовления и сборки настольного токарного станка.

Проект отвечает всем требованиям и нормам безопасности, что означает его готовность к передаче потребителю с рекомендациями по безопасной эксплуатации.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
4. «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Студенту:

Группа	ФИО
4А6В	Седов Денис Эдуардович

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	ОМ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ</i>
<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизации 10%.</i>
<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды 30%</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<i>Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</i>	<i>Анализ конкурентных технических решений SWOT-анализ</i>
<i>Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР</i>	<i>Определение этапов работ; определение трудоемкости работ; разработка графика Ганта</i>
<i>Составление бюджета инженерного проекта (ИП)</i>	<i>Расчет бюджетной стоимости НИ</i>
<i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков</i>	<i>Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.</i>
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности ИР 2. Матрица SWOT 3. Диаграмма Ганта 4. Бюджет НИ 5. Основные показатели эффективности НИ 	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н доцент		13.04.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А6В	Седов Денис Эдуардович		13.04.2020

Введение

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской программы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель данной ВКР – спроектировать настольный высокоскоростной токарно-револьверный станок с ЧПУ. Исследуемым методом является метод конструирования, который реализуется в программном продукте SolidWorks.

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

Анализ конкурентных технических решений

В процессе разработки конструкции рассматривалось 2:

Вариант 1 – Станок «MetalMaster» ZX41100 17041;

Вариант 2 – Станок «Optimum» OPTIturn TU3008G D3427210;

Вариант 3 – Мой проект.

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 1. Экспертная оценка производится по техническим характеристикам и экономическим показателям по 5 бальной шкале, где 1 - самая низкая оценка, а 5 – самая высокая. Общий вес всех показателей в сумме должен составлять 1.

Таблица 8 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.1	Вар.2	Вар.3
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Масса	0,09	3	5	4	0,27	0,45	0,36
Частота вращений шпинделя	0,19	2	4	5	0,38	0,76	0,95
Наличие ЧПУ	0,12	1	1	5	0,12	0,12	0,6
Простота конструкции и ремонтпригодность	0,14	4	3	4	0,56	0,42	0,56
Максимальный диаметр	0,15	4	4	5	0,6	0,6	0,75
Безопасность	0,11	5	5	4	0,55	0,55	0,44
Экономические критерии оценки эффективности							
Цена	0,13	3	4	2	0,39	0,52	0,26
Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	3	2	5	0,21	0,14	0,35
Итого:	1	25	28	34	3,08	3,56	4,27

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

$$K = \sum V_i \cdot B_i = 0,1 \cdot 3 = 0,3 \quad (118)$$

где K – конкурентоспособность проекта;

V_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.

SWOT-анализ

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

Таблица 9 - SWOT - анализ

	Strengths (сильные стороны)	Weaknesses (слабые стороны)
	<p>S1. Энергоэффективность</p> <p>S2. Простота изготовления</p> <p>S3. Технологичность сборки</p> <p>S4. Уникальность продукта</p> <p>S5. Простота конструкции и ремонтпригодность</p> <p>S6. Предполагаемый долгий срок эксплуатации</p>	<p>W1. Более высокая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>W2. Сложность изготовления некоторых комплектующих деталей.</p> <p>W3. Неквалифицированность рабочих.</p> <p>W4. Непродуманность маркетинговой стратегии.</p>
Opportunities (возможности)	<p>O1O3O4S1S4S6-использование современных материалоемких технологий в изготовлении данного станка способствует увеличению спроса и позволяет стать конкурентноспособным станком на рынке сбыта.</p> <p>O2S2S3S5-за счет использования более простых технологий технологии и унификации унификации деталей, можно достичь удешевление компонентов станка.</p>	<p>O1O4W4 – за счет разработки различных маркетинговых ходов, возможно увеличить продажи.</p>
Threats (угрозы)	<p>T3S5- снизить сроки изготовления за счет простоты компонентов</p> <p>T1. Незаинтересованность крупных компаний</p> <p>T2. Ограничения на экспорт технологии</p> <p>T3. Нестабильность изготовление деталей для станка.</p> <p>T4. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции</p>	<p>T1W1 – заинтересовать компании уникальностью продукта</p> <p>T1T3W4 – использовать рекламу и маркетинговые предложения</p>

Таблица 10 - Связь сильных сторон с возможностями

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
O1	+	-	-	+	-	+
O2	-	+	+	-	+	-
O3	+	-	-	+	-	+
O4	+	-	-	+	-	+

Таблица 11 - Связь слабых сторон с возможностями

	W1	W2	W 3	W4
O1	-	-	-	+
O2	-		-	-
O3	-	-	-	-
O4	-	-	-	+

Таблица 12 - Связь сильных сторон с угрозами

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
T1	-	-	-	-	-	-
T2	-	-	-	-	-	-
T3	-	-	-	-	+	-

Таблица 13 - Связь слабых сторон с угрозами

	W1	W2	W 3	W4
T1	+	-	-	+
T2	-	-	-	-
T3	-	-	-	+

4.2. Планирование научно-исследовательских работ

Структура работ в рамках научного исследования

Комплекс предполагаемых работ включает в себя следующие задачи:

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

Для выполнения данного исследования формируется рабочая группа, в которую входят: научный руководитель, конструктор, технолог, менеджер проекта, маркетолог.

Таблица 14 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Календарное планирование работ по теме	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	5	Анализ конструкций станка	Инженер
Разработка технической документации и проектирование	6	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер
	7	Выбор и расчет конструкции	Инженер
	8	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	Инженер
	9	Составление спецификаций и чертежей	Инженер
Оформление отчета, но НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

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 $t_{ожі}$ определяется по формуле:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} \quad (119)$$

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 :

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{C_i}, \quad (120)$$

Где C_i – количество исполнителей, одновременно выполняющих поставленную задачу, чел.

По всем работам результаты расчета продолжительности в рабочих днях представлены в таблице 8.

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:

$$T_{ki.рук} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (121)$$

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (122)$$

где $k_{кал}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.рук} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}; \quad (123)$$

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} \quad (124)$$

где $T_{кал}$ – общее количество календарных дней в году;

$T_{кал}$ – общее количество выходных дней в году;

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

Расчет трудоемкости и продолжительности работ, на примере задачи «Составление и утверждение технического задания»:

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot t_{min i} + 2 \cdot t_{max i}}{5} \text{ [чел. -дн.]}, \quad (125)$$

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i}. \quad (126)$$

Расчет календарного коэффициента для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя для всех сотрудников проекта):

$$k_{кал.констр} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{366}{365 - 104 - 26} = 1,55. \quad (127)$$

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

$$T_{ki.констр} = T_{pi} \cdot k_{кал} \text{ [кал. дн]}. \quad (128)$$

Все полученные значения в календарных днях округляются до целого числа, а затем сводятся в таблицу 8.

Таблица 15 - Временные показатели проектирования

Название работы	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ож}$, чел-дни		Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер				
Составление и утверждение технического задания	6		10		7,6		7,6		12	
Подбор и изучение материалов по теме		2		4		2,8		2,8		4
Календарное планирование работ по теме		1		3		1,8		1,8		3
Проведение теоретических расчетов и обоснований		6		9		7,2		7,2		11
Анализ конструкций станка		2		5		3,2		3,2		5
Разработка блок-схемы, принципиальной схемы		4		9		6		6		9
Выбор и расчет конструкции		3		7		4,6		4,6		7
Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия						4,2		4,2		7
Составление спецификаций и чертежей		3		6		4,2		4,2		7
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)		8		15		10,8		10,8		17

После расчета и сведения в таблицу временных показателей проектирования, на основе полученной таблицы строится диаграмма Ганта (Таблица 9).

Таблица 16 – Диаграмма Ганта

Вид работ	Продолжительность работ							
	Февраль	Март			Апрель			Май
	3	1	2	3	1	2	3	1
Составление и утверждение ТЗ	■							
Подбор и изучение материалов по теме		■						
Календарное планирование работ по теме			■					
Проведение теоретических расчетов и обоснований			■	■				
Анализ конструкций станка					■			
Разработка блок-схемы, принципиальной схемы					■	■		
Выбор и расчет конструкции						■		
Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия							■	
Составление спецификаций и чертежей								■



Где  - руководитель, а  - инженер.

Таблица 17 – Сводная таблица по календарным дням

	Количество дней
Общее количество календарных дней для выполнения работы	82
Общее количество календарных дней, в течение которых работал Руководитель	12
Общее количество календарных дней, в течение которых работал Инженер	70

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

4.3. Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям.

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

Расчет материальных затрат научно-технического исследования

В данном пункте будет рассмотрена стоимость всех материалов и их количество используемых при разработке проекта.

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 10.

Таблица 18 - Сырье, материалы и комплектующие изделия

Наименование	Количество, шт.	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Лист 10мм	1	39000	39000
Лист 5мм	2	13890	27780
Лист 1,5мм	1	1520	1520
Направляющая TRS-VN45mm	2	6040	12080
Направляющая TRS-VN20mm	2	3395	6790
Каретка TRS-VN20mm	4	2004	8016
Каретка TRS-VN45mm	2	3618	7236
Крепеж	1	5789	5789
Детали, изготовленные на заказ	1	28000	28000
Виброопора OB-70	4	1489	5956
Двигатель Nema 23 Stepper Motor	5	3684	18420
Револьверная головка	1	40000	40000
Электронные компоненты для ЧПУ	1	37000	37000
Итого:		237587	

Расчет амортизации специального оборудования

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 19 - Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Электронные компоненты для ЧПУ	1	10	37000	37000
2	Двигатель Nema 23 Stepper Motor	5	7	3684	18420
3	Направляющая TRS-VN20mm	2	12	3395	6790
4	Виброопора ОВ-70	4	10	1489	5956
Итого:					

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (129)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot t, \quad (130)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.;

t – время использования, мес.

Рассчитаем амортизацию для специальных компонентов, с учётом, что срок полезного использования 10 лет:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{10} = 0,1; \quad (131)$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

Электронные компаненты:

$$A = \frac{0,1 \cdot 37000}{12} \cdot 4 = 1233,3 \text{ руб.} \quad (132)$$

Двигатель:

$$A = \frac{0,1 \cdot 18420}{12} \cdot 4 = 2456 \text{ руб.} \quad (133)$$

Направляющая:

$$A = \frac{0,08 \cdot 6790}{12} \cdot 4 = 181 \text{ руб.} \quad (134)$$

Виброопора:

$$A = \frac{0,1 \cdot 5956}{12} \cdot 4 = 198,5 \text{ руб.} \quad (135)$$

Суммарные затраты амортизационных отчислений:

$$A = 1233,3 + 2456 + 181 + 198,5 = 4068,8 \text{ руб.} \quad (136)$$

Основная заработная плата исполнителей темы

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 $Z_{осн}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (137)$$

где $Z_{осн}$ – среднедневная заработная плата, руб.;

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

(табл. 8).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя Руководителя):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{50648 \cdot 11,2}{271} = 2093,2 \text{ руб.}, \quad (138)$$

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{38668 \cdot 11,2}{212} = 2042,8 \text{ руб.}. \quad (139)$$

где Z_m – должностной оклад работника за месяц;

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года.

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

Должностной оклад работника за месяц:

Для руководителя:

$$\begin{aligned} Z_m &= Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d)k_p \\ &= 24350 \cdot (1 + 0,3 + 0,3) \cdot 1,3 \\ &= 50648 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (140)$$

Для инженера:

$$\begin{aligned} Z_m &= Z_{мс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d)k_p \\ &= 18600 \cdot (1 + 0,3 + 0,3) \cdot 1,3 \\ &= 38668 \text{ руб.,} \end{aligned} \quad (141)$$

где $Z_{мс}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3;

k_d – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,3;

k_p – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 17 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители	$Z_{мс}, \text{руб}$	$k_{пр}$	k_d	k_p	$Z_m, \text{руб}$	$Z_{он}, \text{руб}$	$T_p, \text{раб.дн.}$	$Z_{осн}, \text{руб}$
Руководитель	24350	0,3	0,2	1,3	50648	2093,2	12	25118,4
Инженер	18600	0,3	0,2	1,3	38668	2042,8	70	142996
Итого:								168114,4

Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

Для руководителя:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,12 \cdot 25118,4 = 3014,2 \text{ руб..} \quad (142)$$

Для конструктора:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,12 \cdot 142996 = 17159,5 \text{ руб.,} \quad (143)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,12-0,15, мы принимаем 0,12).

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

Для руководителя:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}}(Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (25118,4 + 3014,2) = 8439,8 \text{ руб.} \quad (144)$$

Для инженера:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}}(Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (142996 + 17159,5) = 48246,7 \text{ руб.}, \quad (145)$$

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).

Накладные расходы

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

Накладные расходы в целом:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}} = (4068,8 + 237587 + 168114,4 + 20173,7 + 56686,5) \cdot 0,2 = 97326,1 \text{ руб.}, \quad (146)$$

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

Формирование бюджета затрат НИР

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется бюджет НИ (название темы) по форме, приведенной в таблице 12.

Таблица 20 - Группировка затрат по статьям

Амортизация, руб	Сырье, материалы, 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
4068,8	237587	168114,4	20173,7	56686,5	486630,4	97326,1	583956,5

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования 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. Токарно-винторезный станок MetalMaster ZX41100 17041 представляет собой оборудование для обработки заготовок из стали, чугуна и сплавов цветных металлов, а также для нарезания резьб. Станок отличается универсальностью и высокой производительностью, так как выполняет нарезание 45 видов дюймовых, 39 видов метрических, 18 видов модульных и 21 вид питчевых резьб. Специальный экран защищает оператора от вылета стружки и брызг СОЖ во время работы.

2. Токарно-винторезный станок Optimum OPTItum TU3008G D3427210 представляет собой современное и технологичное оборудование для металлообрабатывающего цеха или мастерской. Сменные шестерни обеспечивают большой диапазон нарезаемых резьб. Основной шпиндель установлен в прецизионных роликовых подшипниках конической формы. Закаленный хвостовик шпинделя оснащен увеличенным диаметром отверстия 38 мм. Модель отличается повышенной мощностью и наличием коробки передач. Поперечное смещение задней бабки на 5 мм предусмотрено для точения длинных конусов. Ходовой винт осуществляет автоматическую продольную подачу и точное нарезание резьбы. Быстрая и простая регулировка производится с помощью зажимной рукоятки без специальных инструментов. Плавный механизм подачи имеет работающие в масляной ванне закругленные передачи.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (147)$$

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

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{583956,5}{947639} = 0,6 \quad (148)$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{\Phi_{p2}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{947639}{947639} = 1 \quad (149)$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = \frac{\Phi_{p3}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{492918}{947639} = 0,47 \quad (150)$$

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).

Интегральный показатель ресурсоэффективности

В данном разделе необходимо произвести оценку ресурсоэффективности проекта, определяемую посредством расчета интегрального критерия, по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (151)$$

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент проекта;

b_i – бальная оценка проекта, устанавливаемая опытным 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 13.

Таблица 21 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки	Бальная оценка Станка «MetalMaster» ZX41100 17041;	Бальная оценка Станка «Optimum» OPTIturn TU3008G D3427210
1.Безопасность при использовании станка	0,4	5	5	4
2. Энергосбережение	0,1	4	3	2
3.Технические характеристики	0,2	5	3	4
4.Рекомендуемое время непрерывной работы	0,2	4	3	3
5.Простота сборки/изготовления	0,1	3	3	3
Итого:	1	4,5	3,8	3,5

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,4 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 3 = 4,5; \quad (152)$$

$$I_{p2} = 0,4 \cdot 5 + 0,1 \cdot 3 + 0,2 \cdot 3 + 0,2 \cdot 3 + 0,1 \cdot 3 = 3,8; \quad (153)$$

$$I_{p1} = 0,4 \cdot 4 + 0,1 \cdot 2 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,1 \cdot 3 = 3,5; \quad (154)$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки

Определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{I_{\text{р-исп.1}}}{I_{\text{финр}}} \quad (155)$$

Подставляем необходимые значения в формулу и получаем следующие показатели:

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{4,5}{0,6} = 7,5 \quad (156)$$

$$I_{\text{исп.2}} = \frac{3,8}{1} = 3,8 \quad (157)$$

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{3,5}{0,47} = 7,4 \quad (158)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных (табл. 20). Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$):

$$\mathcal{E}_{\text{ср } i} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.}i}} \quad (159)$$

Подставляем необходимые значения в формулу и получаем следующие показатели:

$$\mathcal{E}_{\text{ср } 1} = \frac{7,5}{7,5} = 1 \quad (160)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср } 2} = \frac{7,5}{3,8} = 0,5 \quad (161)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср } 3} = \frac{7,5}{7,4} = 0,99 \quad (162)$$

Таблица 22 - Сводная таблица показателей оценки ресурсоэффективности

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,6	1	0,36
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	3,8	4,2
3	Интегральный показатель эффективности	7,5	3,8	7,4
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,5	0,99

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

Результатом проведенного анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации устройства, как наиболее предпочтительного и рационального, по сравнению с остальными;

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 – 82 дней, общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер – 70, руководитель – 12.

Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 583956,5руб;

По факту оценки эффективности ИР, можно сделать выводы:

Значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,6, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной, по сравнению с аналогами;

Значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,5, по сравнению с 3,8 и 4,2;

Значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 7,5, по сравнению с 3,8 и 7,4, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был спроектирован, согласно техническому заданию, настольный высокоскоростной токарно-револьверный станок с ЧПУ. Техническое задание включало в себя задание на каждый раздел.

В процессе выполнения конструкторского раздела были проведены литературный обзор и обзор аналогов, представленных на рынке в данный момент. Были выполнены необходимые расчеты и подбор стандартных комплектующих, удовлетворяющих условию ТЗ.

В процессе выполнения технологического раздела был проведен анализ технологичности детали типа «Фланец». После анализа был составлен технологический маршрут обработки, размерная схема, граф дерева. Произведены расчеты технологических размеров.

В процессе выполнения раздела финансового менеджмента произведен анализ конкурентоспособности станка и его эффективность, так же был рассчитан бюджет реализации проекта, который составил 237587 рублей.

В процессе выполнения раздела социальная ответственность были изучены и рассмотрены возможные чрезвычайные ситуации при изготовлении и эксплуатации проектируемого станка и приведены меры по их предотвращению или защите от них.

Список использованных источников

1. 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.
2. 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.
3. Основы программирования и наладки станков с ЧПУ: учебное пособие / В.П. Должиков; Томский политехнический университет. – 2-е изд., перераб. и доп. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 143 с.
4. Расчет режимов резания при точении. / В.Н. Байлакова, А.М. Колокотов, И.Д. Малинина; МГАУ имени В.П. Горячкина. – Москва: Изд-во МГАУ имени В.П. Горячкина, 2000. – 53 с.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. Проблемы развития предприятий машиностроительной отрасли [Электронный ресурс]: URL: <http://www.tisbi.ru/assets/Site/Science/--2014/Saharov.pdf> .

9. ГОСТ 18877-73 - Резцы токарные проходные отогнутые с пластинами из твердого сплава. Конструкция и размеры [Электронный ресурс, дата обращения 24.04.2020] URL: www.metalgost.ru/ГОСТ/ГОСТ_18877-73/17439/
10. Статья «Погрешность установки заготовки в трёхлапчатом самоцентрирующем патроне», Белкин А.Н. Белкина А.А., Кременчугский государственный политехнический университет, 18.10.2006
11. Классификация металлорежущих станков [электронный ресурс]: статья.-/Металлорежущие станки, <https://stankomach.com/o-kompanii/articles/klassifikacija-metallorezhushih-stankov.html>
Дата обращения: 02.05.2019г.
12. Характеристика токарных станков. Классификация токарных станков [электронный ресурс]: статья.-/Металлорежущие станки, <http://delta-grup.ru/bibliot/4/21.htm> Дата обращения: 02.05.2019г.
13. Станки числовым программным управлением (ЧПУ) [электронный ресурс]: статья.-/Токарная обработка, <https://oxmetall.ru/tokarnaya/stanki-s-chislovyim-programmnyim-upravleniem-chpu> Дата обращения: 02.05.2019г.
14. Станки числовым программным управлением (ЧПУ) [электронный ресурс]: статья.-/Токарная обработка, <https://oxmetall.ru/tokarnaya/stanki-s-chislovyim-programmnyim-upravleniem-chpu> Дата обращения: 02.05.2019г.
15. Токарные станки, назначение, классификация и область применения [электронный ресурс]: статья.-/Токарные станки https://studwood.ru/1448168/tovarovedenie/tokarnye_stanki_naznachenie_klassifikatsiya_oblast_primeneniya Дата обращения: 02.05.2019г.
16. Назначение и область применения станков/Назначение станков [электронный ресурс]: статья.-/Токарные станки <https://studfile.net/preview/2203042/page:2/> Дата обращения: 02.05.2019г.
17. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя 1,2 том / И.Н. Жестковой. – Москва: Книжный мир, 2001. – 901 с.
18. Конструирование узлов и деталей машин: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. – 12-е изд., стер. – М.:

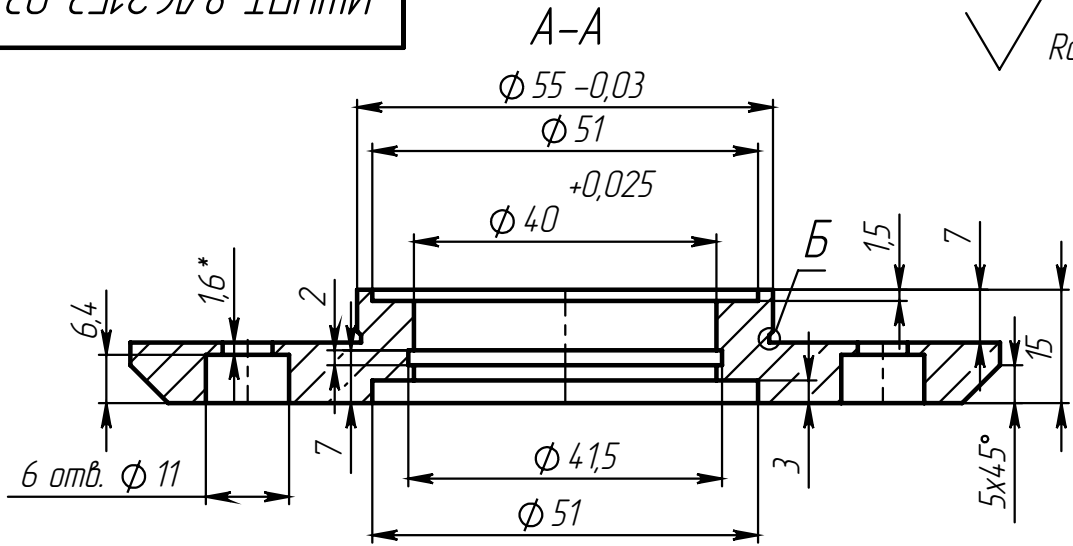
Издательский центр «Академия», 2009. – 496 с.

19. Прецизионные радиально-упорные шарикоподшипники [электронный ресурс]: статья.-/Токарные станки <https://www.skf.com/ru/products/bearings-units-housings/super-precision-bearings/angular-contact-ball-bearings/acbb-skf-high-and-super-precision/index.html> Дата обращения:
02.05.2020г.

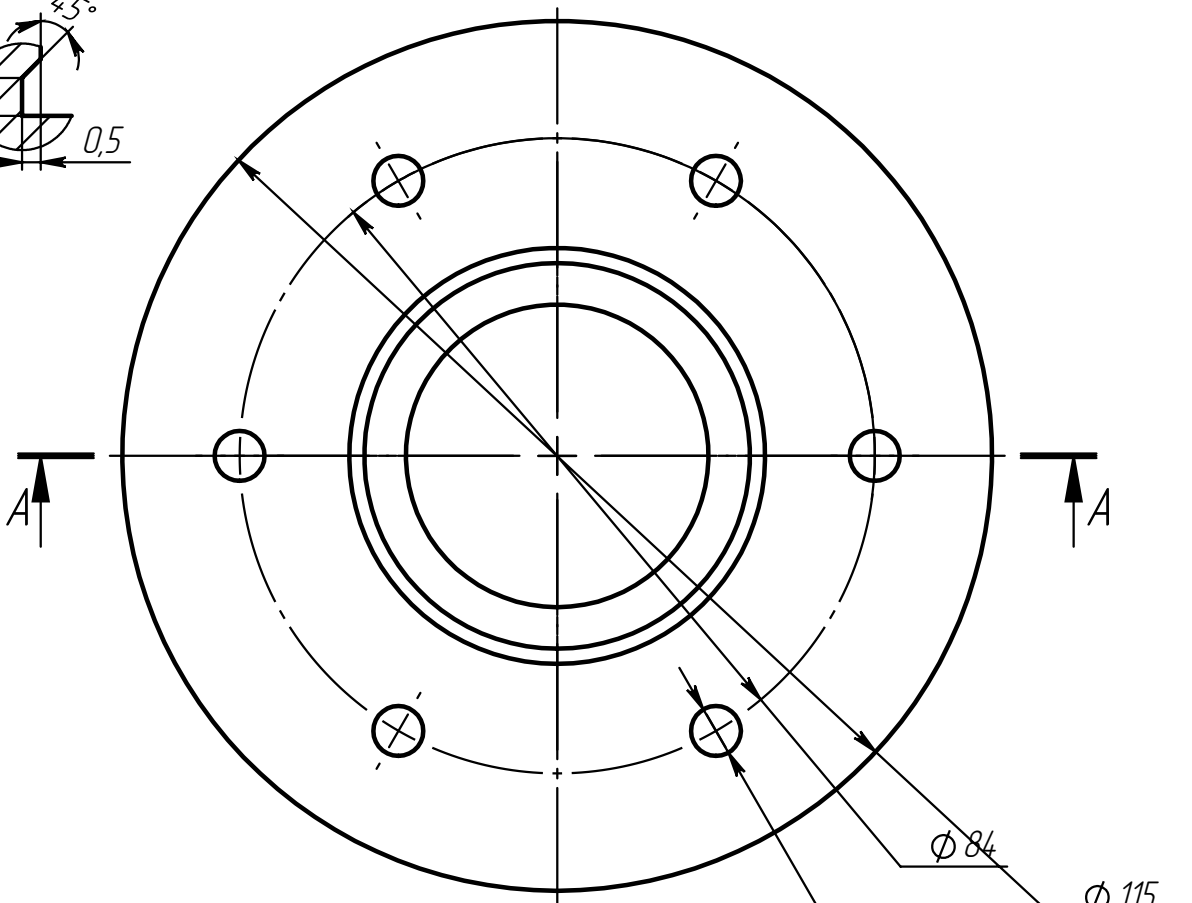
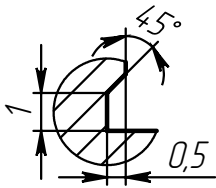
Приложение А – Чертеж детали

ИШНПТ 8/162153 03.00.07

$\sqrt{Ra 6.3}$ (✓)



Б (5 : 1)



- *Размеры для справок.
- Неуказанные предельные отклонения размеров Н14, н14, ±IT14/2.
- Острые кромки притупить. Зачистить заусенцы.

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Взам. инв. № Инв. № дубл.

Подп. и дата

Изм/Лист

Ив. № подл.

ИШНПТ 8/162153 03.00.07

Крышка подшипника

Лит.	Масса	Масштаб
	0.54	1:1
Лист		Листов 1

Круг 120 Круг ГОСТ 2590-2006
Ст 3 ГОСТ 380-88

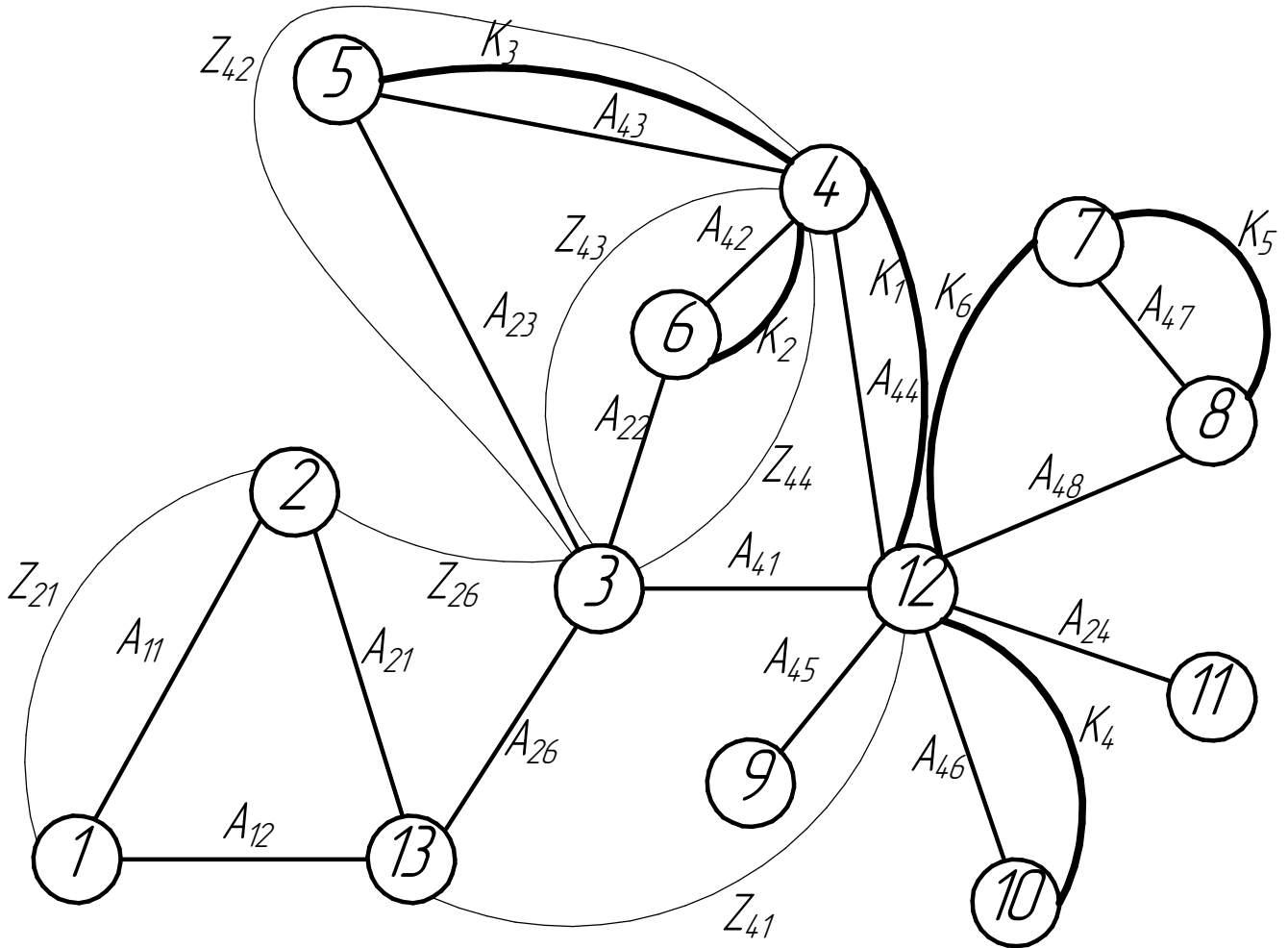
ИШНПТ ТПУ

Приложение Б – Размерная схема

Приложение В – Граф дерево

ИШПНТ.8/62153.001

Граф древо



Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дораб.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Седов Д.Э.		
Проб.		Козарь Д.М.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

ИШПНТ.8/62153.001

Граф древо

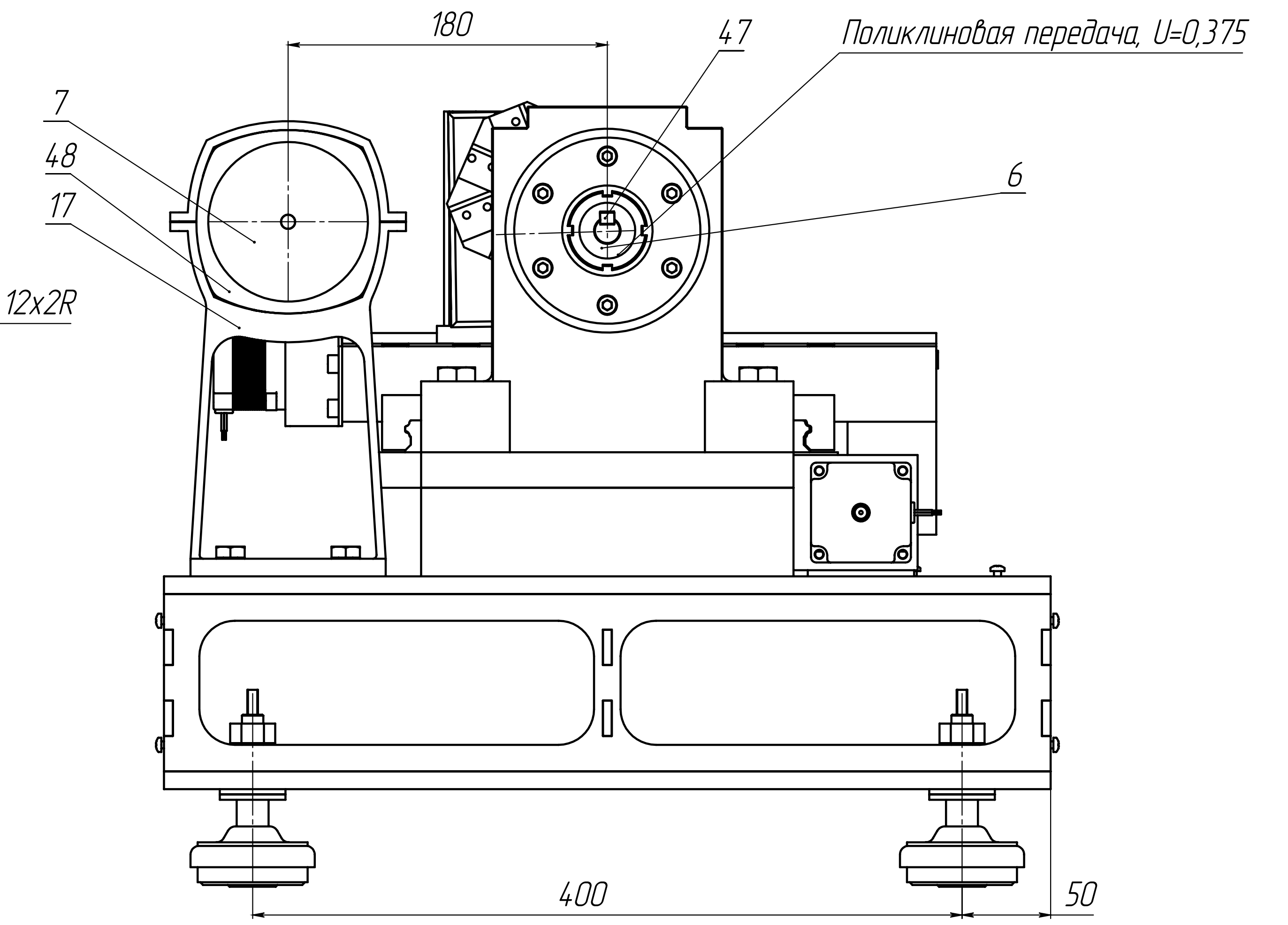
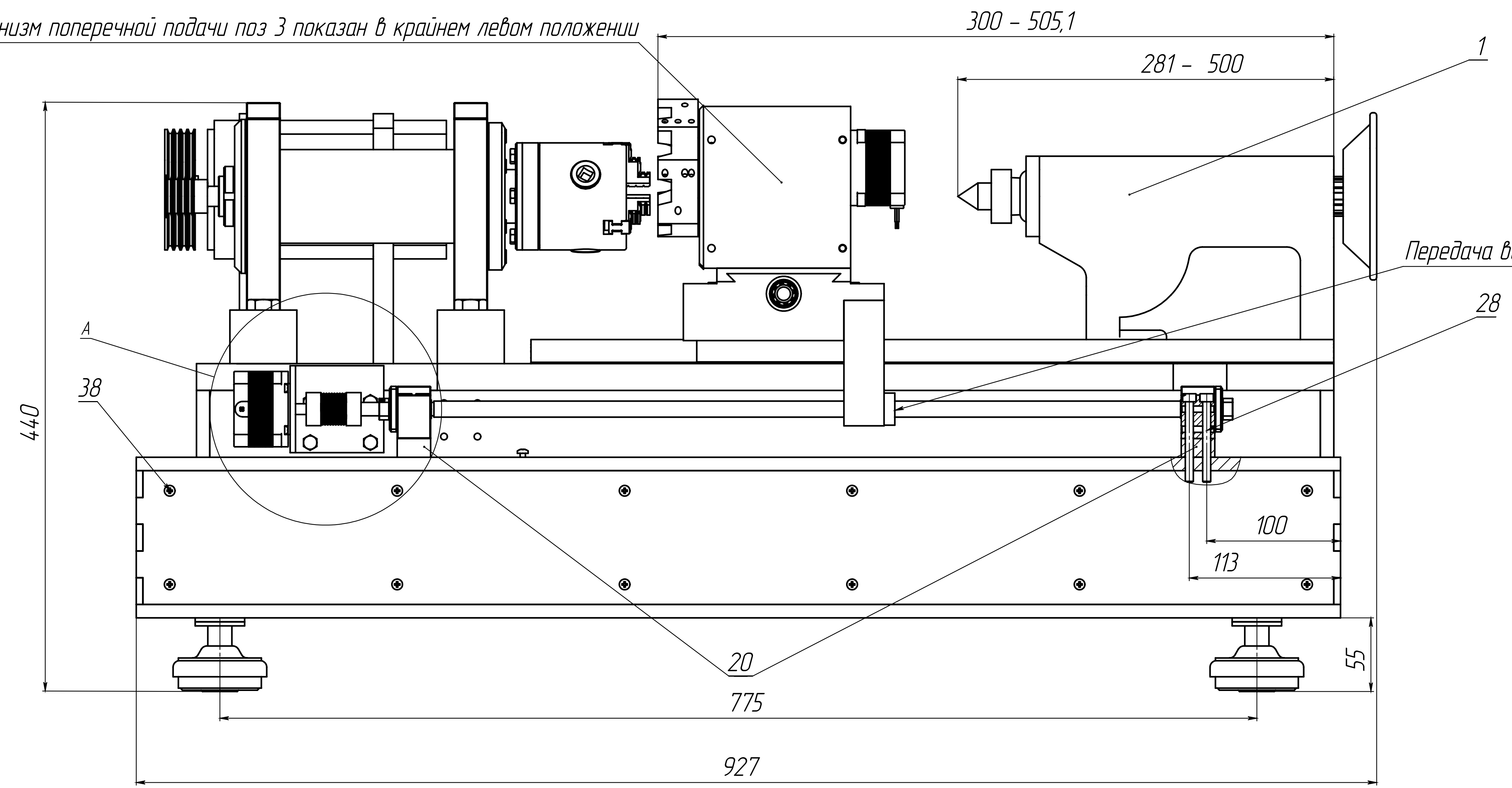
Лит.	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов	1

Копировал

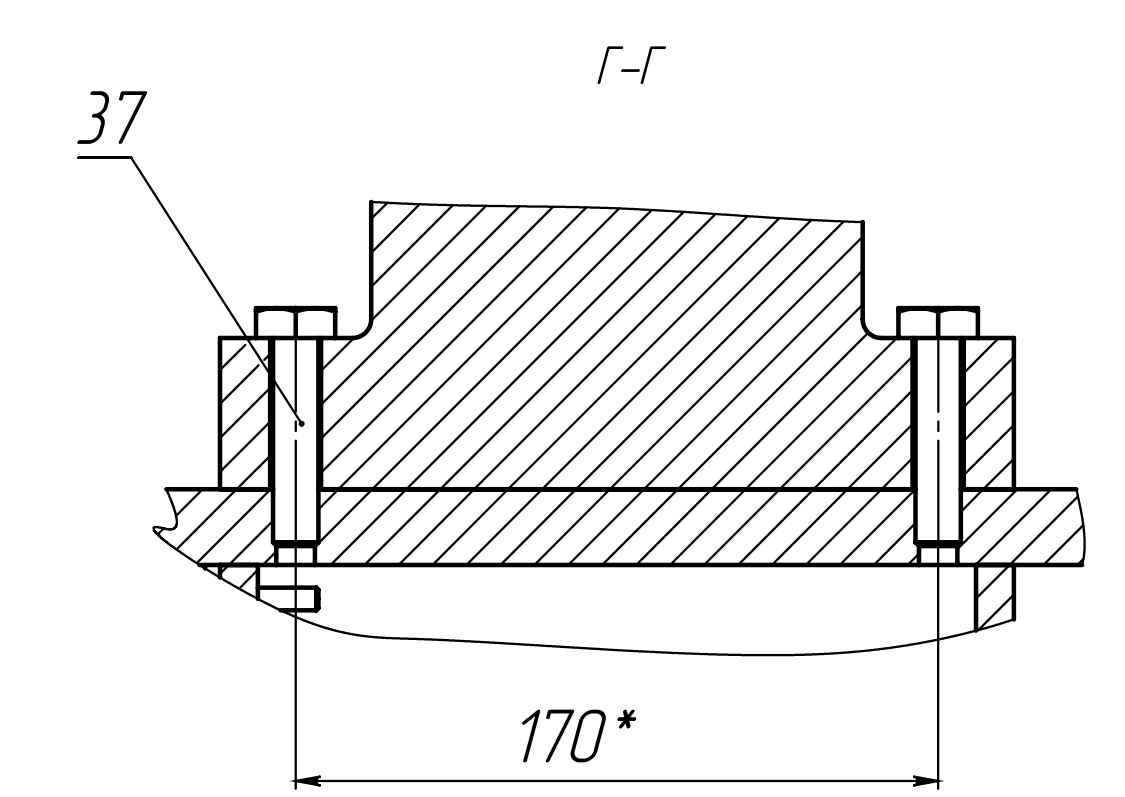
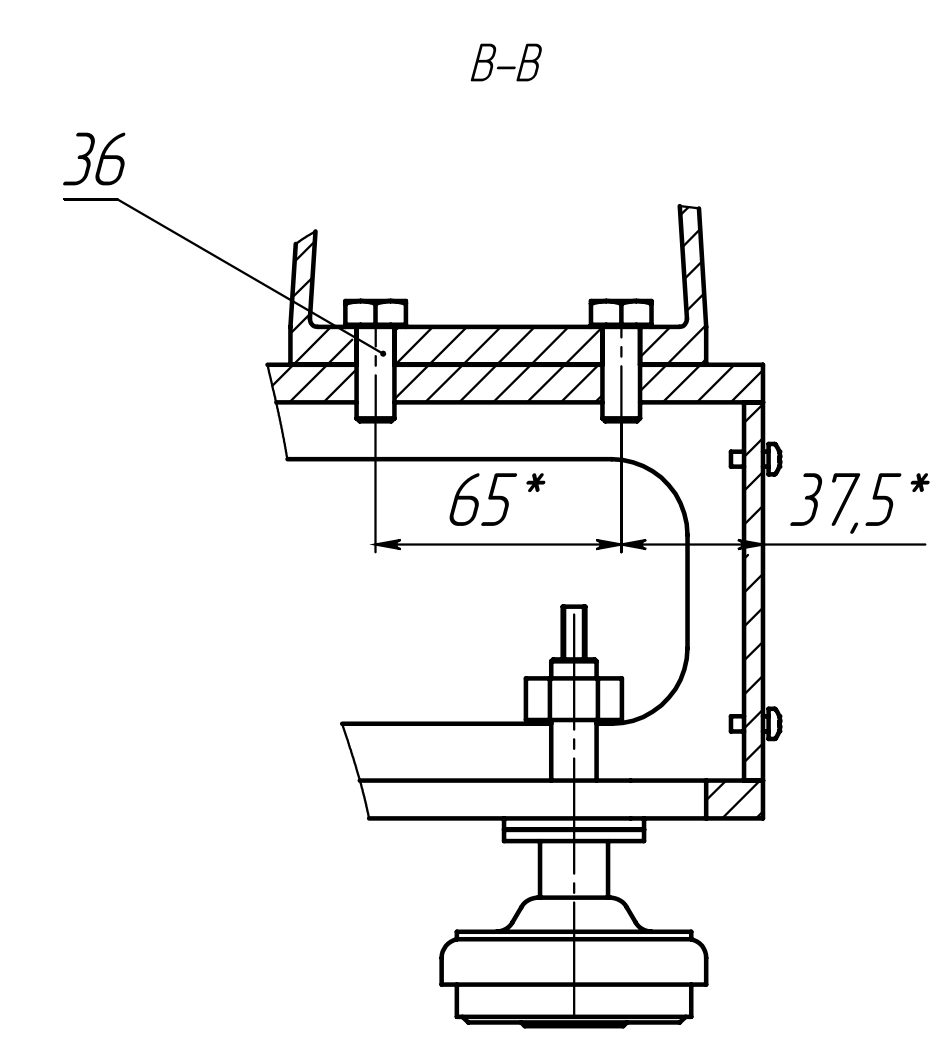
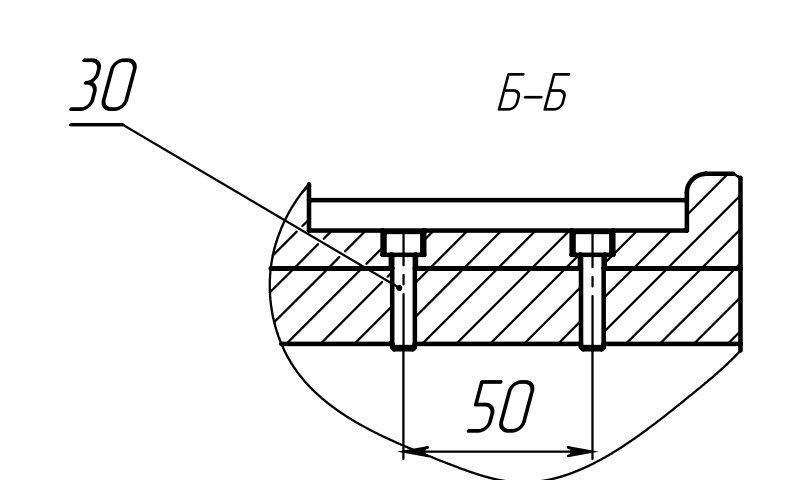
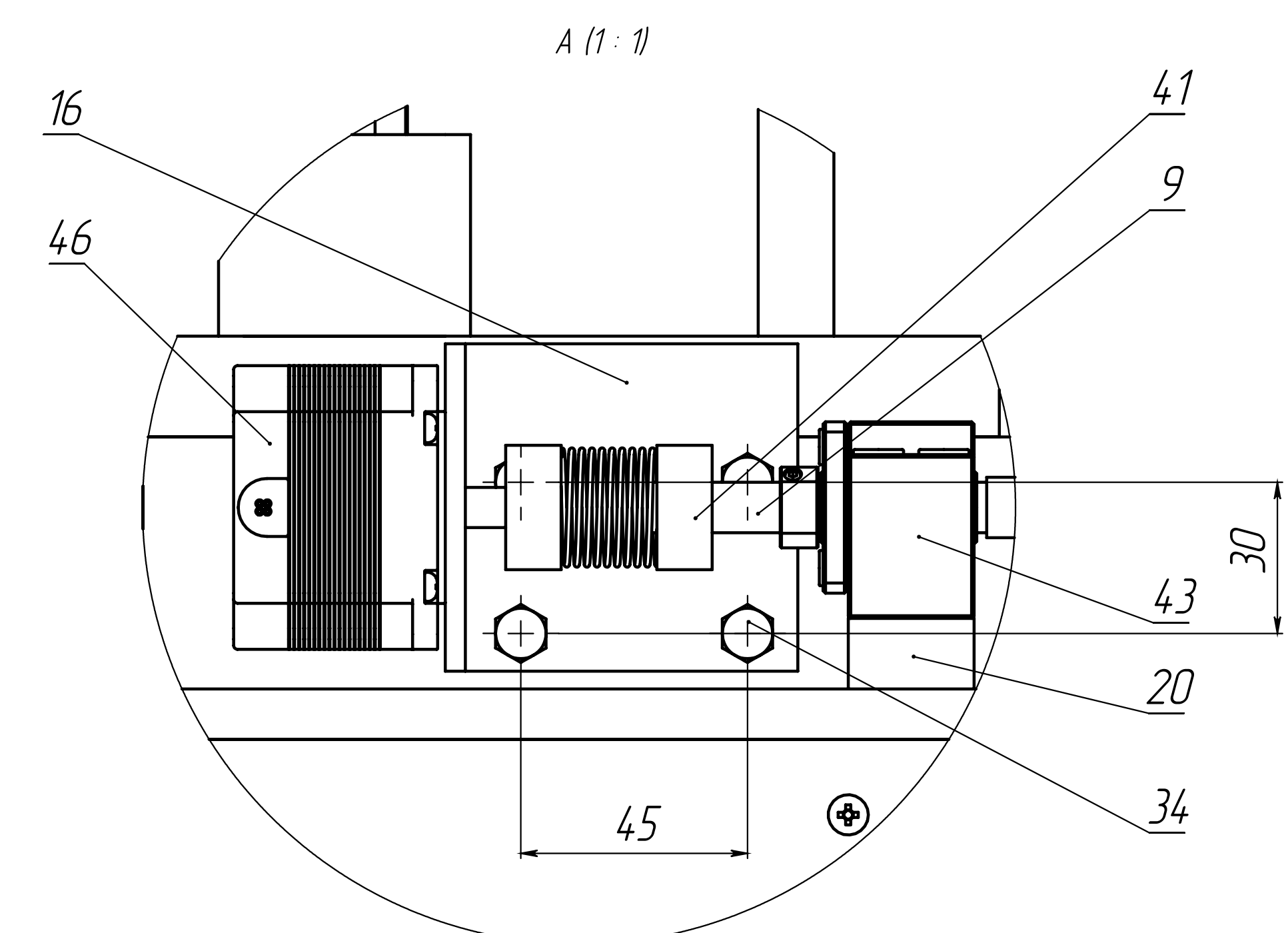
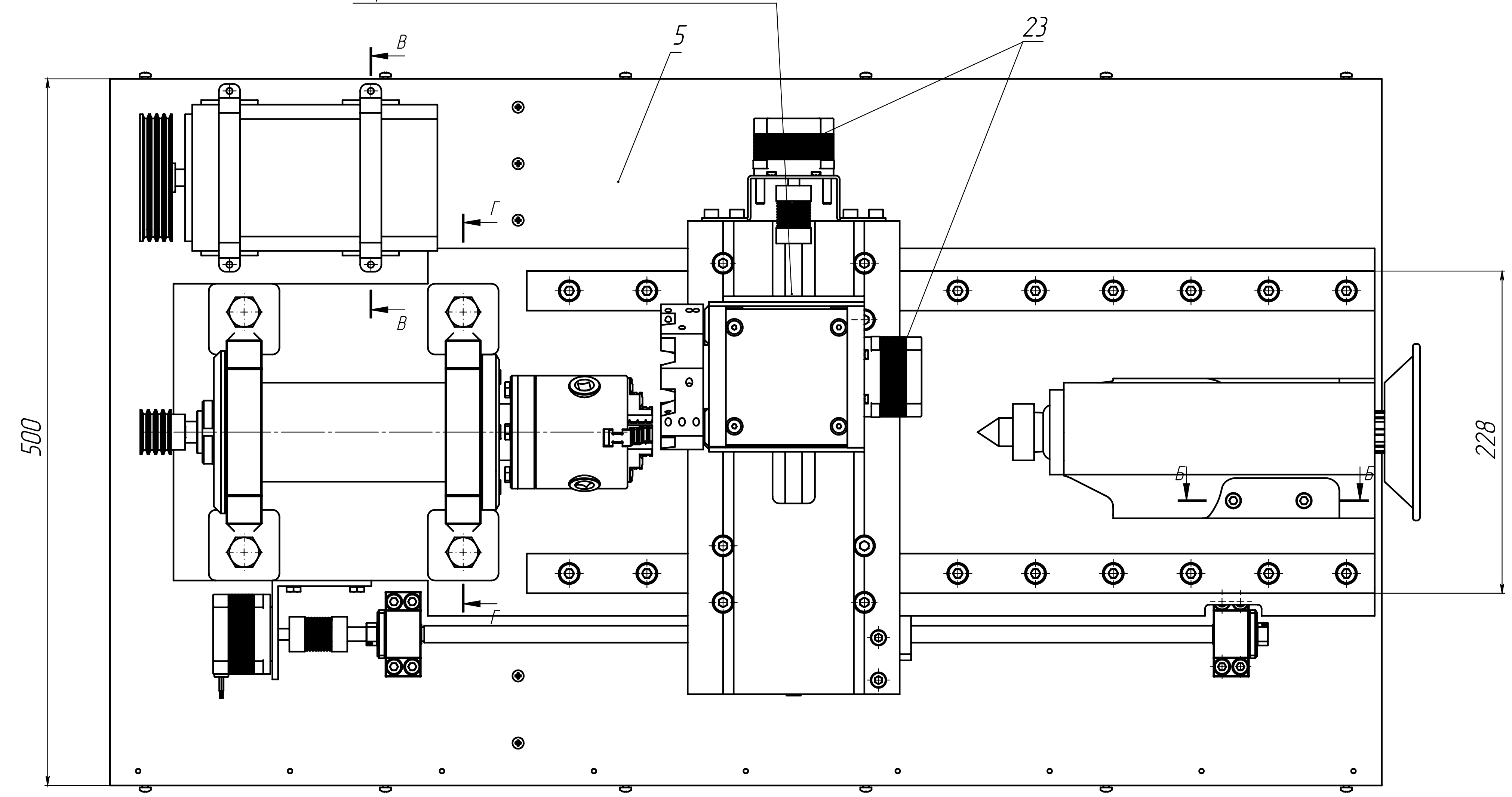
Формат

Приложение Г – Сборочный чертеж

Механизм поперечной подачи поз 3 показан в крайнем левом положении



Передаточный винт - гайка скольжения 12x2R



Технические характеристики

Частота вращения шпинделя, об/мин	15-8000
Напряжение, В	220
Максимальный диаметр заготовки, мм	105
Поперечный ход суппорта, мм	105
Продольный ход суппорта, мм	180
Вес, кг	205
Расстояние между центрами, мм	140-285

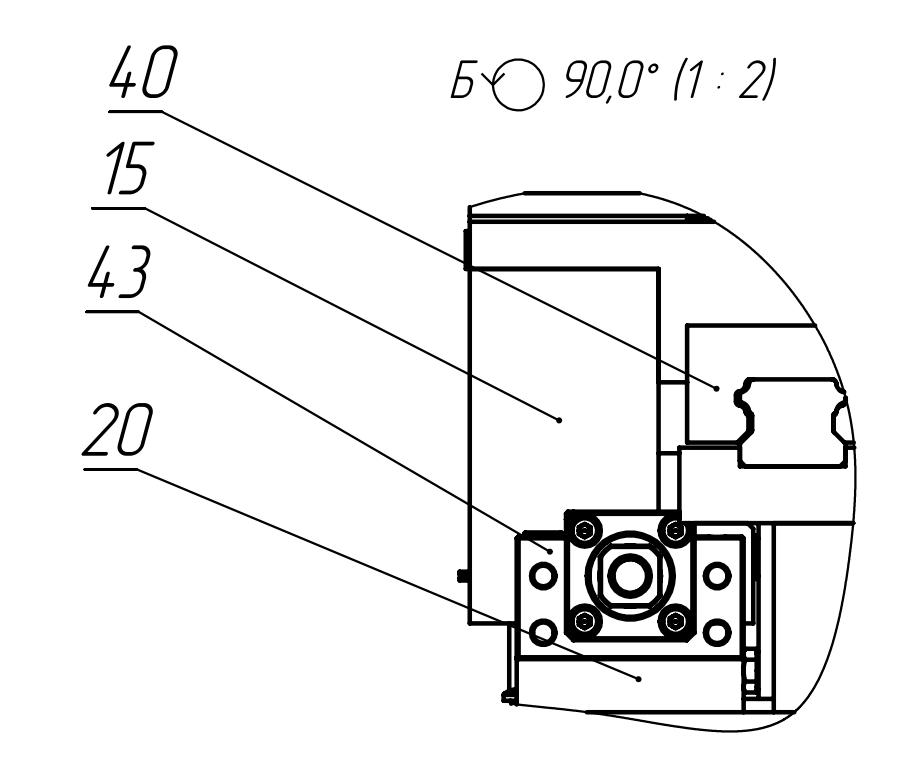
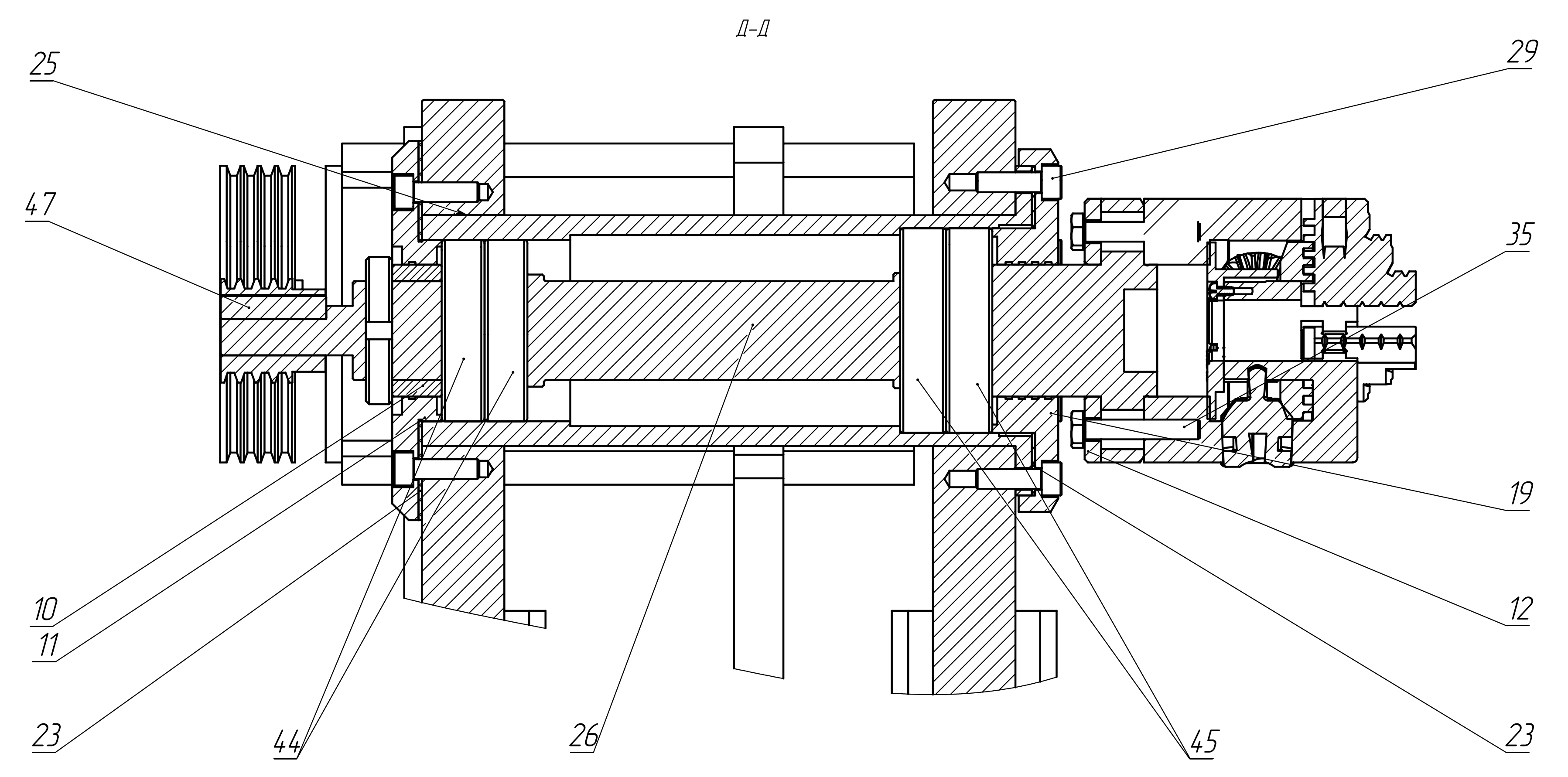
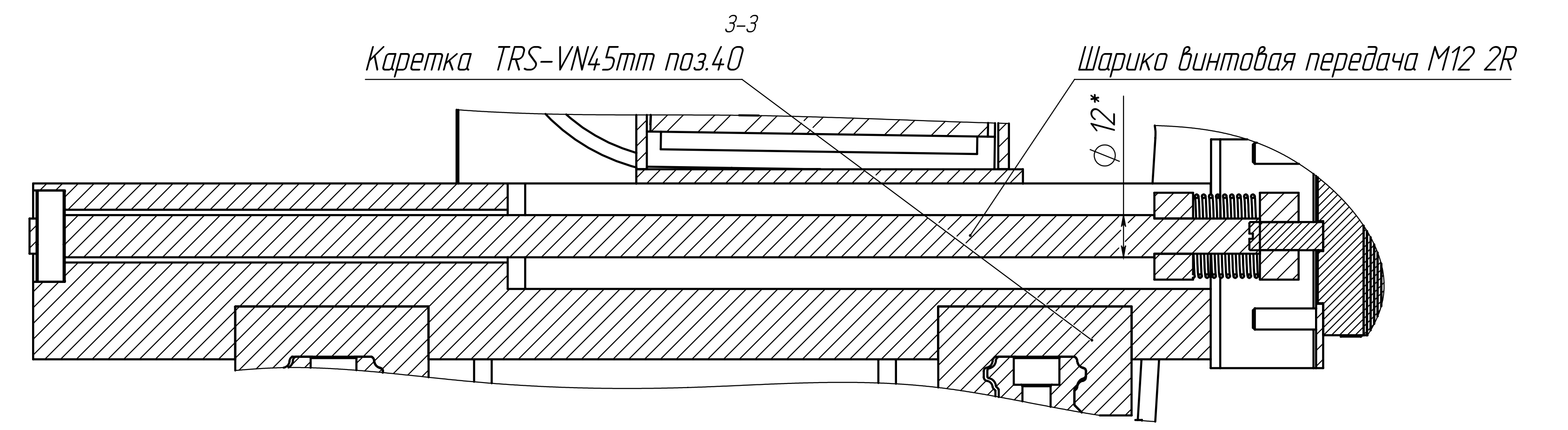
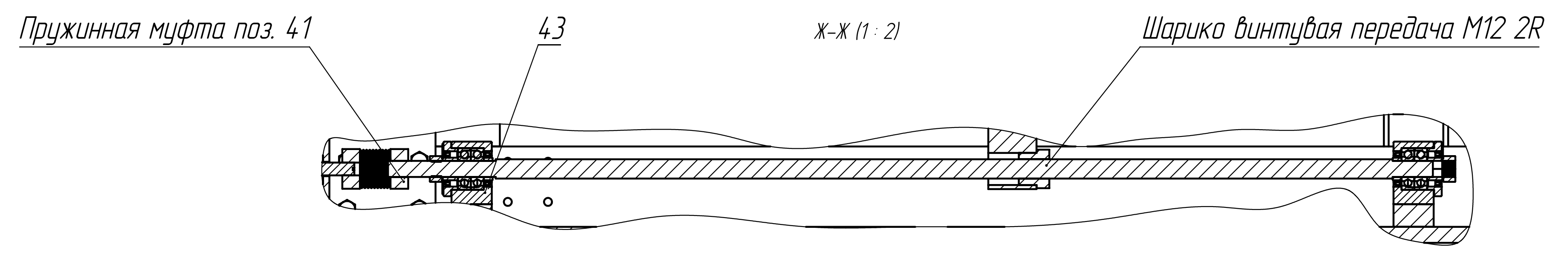
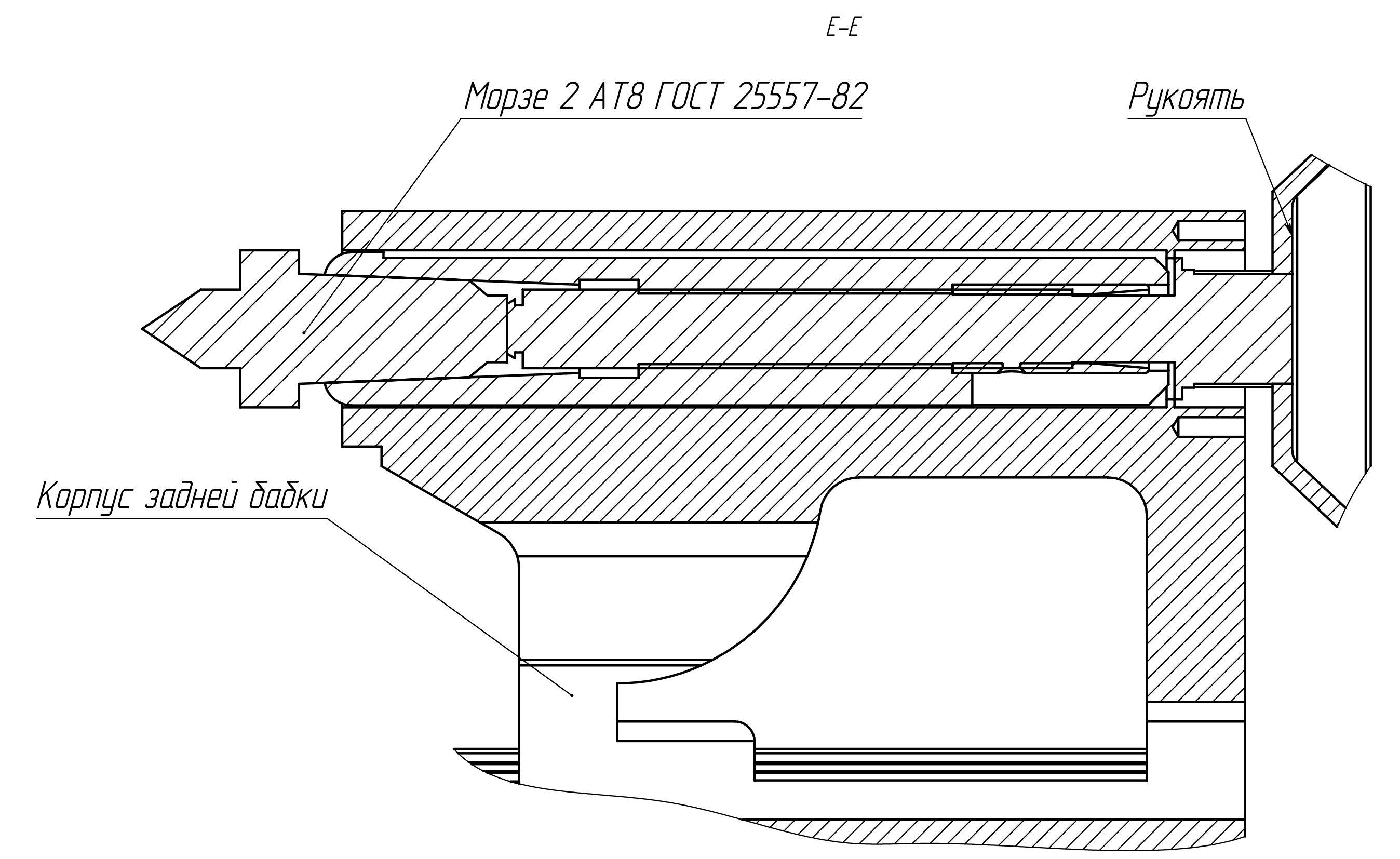
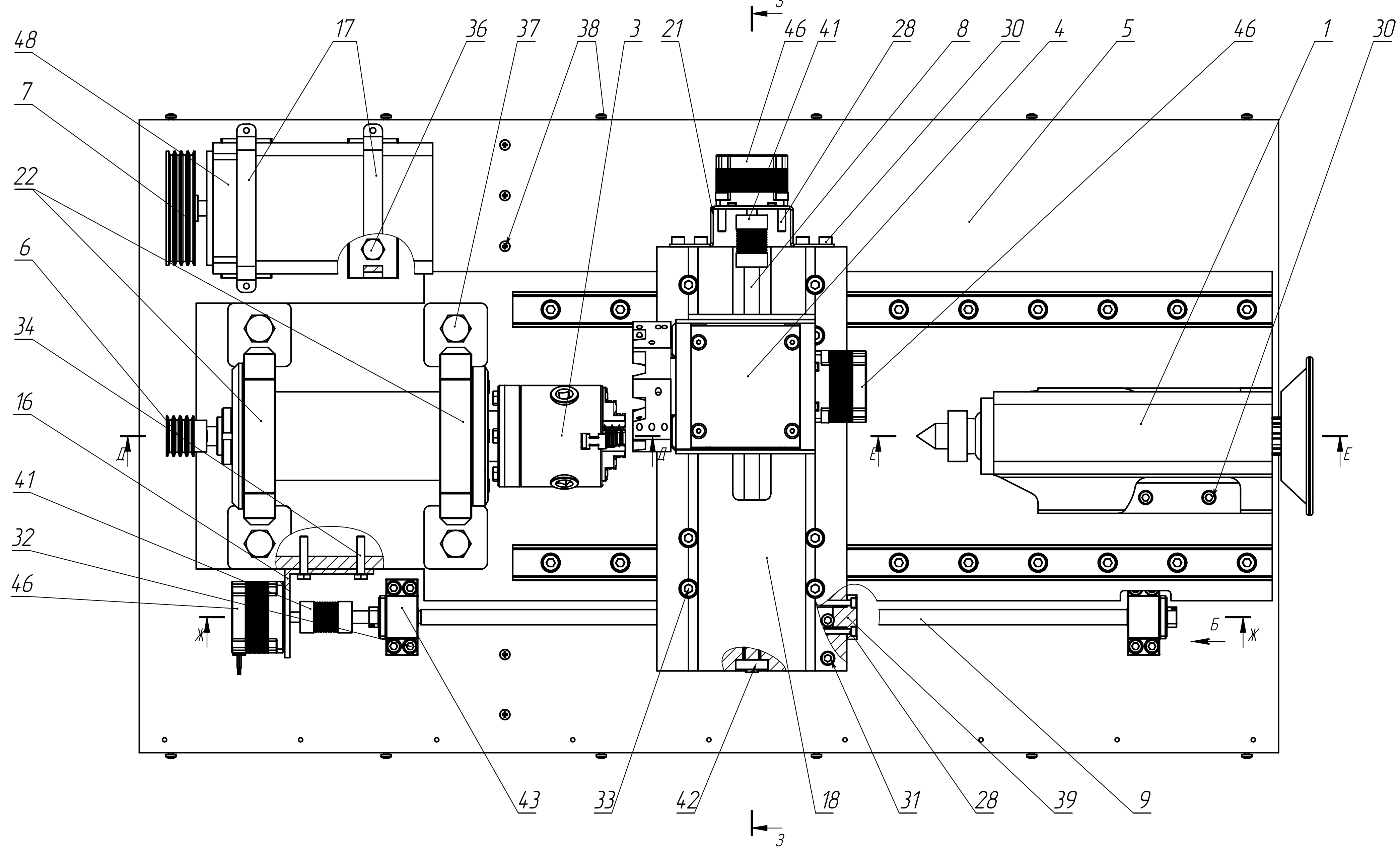
Технические требования:
 1. Размеры для справок *
 2. Произвести измерения по ГОСТ 18097-93

ИШНПТ.8/162153.СБ		
Лист	Масса	Масштаб
204.47	12	
Токарный станок		
ИШНПТ	Формат А0	

ИШНПТ.8/162153.СБ
 Лист 1 из 1
 Дата 2004.07

Кожух двигателя продольной подачи поз. 13 и кожух шпинделя поз. 14 не показаны

Защитный кожух поз. 2 и средняя стенка поз. 24 не показаны



Приложение Д – Спецификация

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.-во	примечание
				<u>Документация</u>		
A0			ИШНПТ.8/162153.СБ	Сборочный чертеж	2	
A4			ИШНПТ.8/162153.ПЗ	Пояснительная записка		
				<u>Сборочные единицы</u>		
		1	ИШНПТ.8/162153.01.00.00	Задняя бабка	1	
		2	ИШНПТ.8/162153.02.00.00	Защитный кожух	1	
		3	ИШНПТ.8/162153.03.00.00	Патрон	1	
		4	ИШНПТ.8/162153.04.00.00	Револьверная головка	1	
		5	ИШНПТ.8/162153.05.00.00	Станина	1	
				<u>Детали</u>		
		6	ИШНПТ.8/162153.00.00.01	Ведомый шкив	1	
		7	ИШНПТ.8/162153.00.00.02	Ведущий шкив	1	
		8	ИШНПТ.8/162153.00.00.03	Винт поперечной подачи	1	
		9	ИШНПТ.8/162153.00.00.04	Винт продольной подачи	1	
		10	ИШНПТ.8/162153.00.00.05	Дистанционная втулка	1	
		11	ИШНПТ.8/162153.00.00.06	Задняя крышка подшипника	1	
		12	ИШНПТ.8/162153.00.00.07	Замковое кольцо	1	
		13	ИШНПТ.8/162153.00.00.08	Кожух двигателя продольной подачи	1	
		14	ИШНПТ.8/162153.00.00.09	Кожух шпинделя	1	
		15	ИШНПТ.8/162153.00.00.10	Кронштейн гайки	1	
		16	ИШНПТ.8/162153.00.00.11	Кронштейн двигателя	1	
		17	ИШНПТ.8/162153.00.00.12	Опора двигателя	2	
		18	ИШНПТ.8/162153.00.00.13	Основание	1	
		19	ИШНПТ.8/162153.00.00.14	Передняя крышка подшипника	1	
		20	ИШНПТ.8/162153.00.00.15	Пластина под опору	2	

ИШНПТ.8/162153.ПЗ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.	Седов Д.Э.			
Провер.	Козарь Д.М.			
Реценз.				
Н. Контр.				
Утверд.				
Настольный высокоскоростной токарно- револьверный станок				
Лит.		Лист	Листов	
		1	2	
ТПУ ИШНПТ Группа 4А6В				

