

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

<b>Тема работы</b> <b>Проектирование конструкции малогабаритного фрезерного станка</b> УДК <u>621.914.3-181.4-11</u>
--

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А7В	Саденов Вадим Русланович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Черкасов Александр Иванович			

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Маланина Вероника Анатольевна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Ефременков Е.А.	К.Т.Н.		

## Результаты обучения

### по направлению

### 15.03.01 Машиностроение

#### по специализации Конструкторско-технологическое обеспечение автоматизированных машиностроительных производств

Код	Результат обучения
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; 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.
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.
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.
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.
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на машиностроительных и строительно-монтажных производствах.
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной

	инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, строительно-монтажного комплекса и в отраслевых научных организациях, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований
P7	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения и сварочного производства
P8	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы, составлять и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.
P10	Способность осваивать вводимое новое оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования и конструкций строительно-монтажных объектов, в случае необходимости обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия.

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

Школа - Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение  
 Отделение школы – 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
4А7В	Саденову Вадиму Руслановичу

Тема работы:

<b>Проектирование конструкции малогабаритного фрезерного станка</b>
---

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 111 – 35/с от 21.04.2021
---	----------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	11.06.2021
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p style="text-align: center;">Проектируемый малогабаритный фрезерный станок должен удовлетворять следующим требованиям:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обеспечиваемая скорость резания для фрез от 6 мм и выше, не менее 250 м/мин</li> <li>2. Бесступенчатое изменение скорости резания</li> <li>3. Наличие ЧПУ</li> <li>4. Предельные размеры: 700x550x500 мм</li> <li>5. Работа от источника питания 220В</li> </ol>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Литературный обзор</li> <li>2. Разработка полного технического задания, с целью улучшения понимания технических аспектов разрабатываемого станка и предъявляемых к нему требований</li> <li>3. Разработки кинематической схемы станка</li> <li>4. Конструкторские расчеты в соответствии с кинематической схемой</li> <li>5. Проектирование установки</li> <li>6. Разработка технологического процесса изготовления детали</li> <li>7. Подготовка графического материала и пояснительной записки</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Чертёж детали «Ролик»: 1 формат А4</li> <li>2. Кинематическая схема станка: 1 формат А4</li> <li>3. Сборочный чертеж малогабаритного фрезерного станка: 2-4 формата А0 (А1).</li> <li>4. Спецификация к сборочному чертежу 2-4 формата А4</li> </ol>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Черемискина Мария Сергеевна</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Маланина Вероника Анатольевна</p>

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>16.12.2020</p>
--	-------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Черкасов Александр Иванович			16.12.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А7В	Саденов Вадим Русланович		16.12.2020

## **Реферат**

В состав данной выпускной квалификационной работы входят пояснительная записка и графическая часть. Объём пояснительной записки составляет 101 страницу, и состоит она из 5 разделов: обзор аналогов, конструкторская и технологическая части, социальная ответственность и финансовый менеджмент, а также введение и заключение. В пояснительной записке присутствуют 19 рисунков и 21 таблица.

Объектом проектирования в данной работе является малогабаритный фрезерный станок.

Целью данной работы является проектирование конструкции малогабаритного фрезерного станка.

Результатом проектирования является конструкция станка в САД системе «КОМПАС – 3D».

В процессе данной выпускной квалификационной работы в результате был спроектирован малогабаритный фрезерный станок и сборочный чертёж к нему. Был составлен технологический процесс изготовления детали типа ролик. Уникальность данного станка заключается в его относительно малых габаритах, повышенной функциональности рабочего стола и при этом всё без потерь производительности.

В виду конструктивных особенностей станка у него имеется возможность последующей модернизации. К примеру, имеется возможность замены стола на вакуумный, либо, возможно добавление к приводу вертикального перемещения шпиндельного узла привода вращения для обработки фрезерованием под углом.

Разработанный станок, ввиду своих малых габаритов, можно использовать на предприятиях любого размера. Также данный станок подходит и для личного пользования в домашней мастерской.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Реферат .....	6
Введение.....	9
Обзор аналогов .....	10
1. Конструкторская часть .....	20
1.1.Техническое задание.....	20
1.2.Кинематическая схема станка.....	22
1.3.Габаритные размеры .....	24
1.4.Конструкция и компоновка шпиндельного узла .....	25
1.5.Проектный расчет шпиндельного узла .....	28
Заключение по разделу .....	37
2. Технологическая часть .....	38
2.1.Техническое задание.....	39
2.2.Определение типа производства и величины партии деталей .....	40
2.3.Анализ технологичности конструкции детали .....	41
2.4.Выбор вида и способа получения заготовки.....	42
2.5.Составление технологического маршрута обработки детали .....	48
2.6.расчёт минимальных припусков на обработку размера 15h8.....	51
2.7.Выбор режущего инструмента и расчет режимов резания.....	56
2.8.Выбор оборудования.....	59
2.9.Нормирование технологических переходов и операций .....	60
Заключение по разделу .....	62
3.«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» .....	63
3.1.Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	65
3.2.Планирование научно-исследовательских работ.....	69
3.3.Бюджет научно-технического исследования .....	74
3.4.Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	80
Заключение по разделу .....	85

4.«Социальная ответственность» .....	86
4.1.Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	88
4.2. Производственная безопасность.....	89
4.3. Экологическая безопасность.....	95
4.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	97
Заключение по разделу .....	99
Заключение .....	100
Список использованных источников и литературы .....	101
Приложение А – Кинематическая схема	
Приложение Б – Сборочный чертёж	
Приложение В – Спецификация	
Приложение Г – Чертеж детали	

## **Введение**

На сегодняшний день ситуация такова, что на рынке фрезерных станков представлен их достаточно широкий спектр, различающихся по конструктивным особенностям, по своим габаритам и по показателям производительности, ведь посредством фрезерования обрабатываются детали разных форм и размеров как и с простыми, так и со сложными поверхностями.

В большинстве случаев станки с высокой производительностью и качеством обработки используются в достаточно больших помещениях в виду своих габаритов и конструктивных особенностей. В то время как станки, размеры которых сопоставимы с настольными, имеют значительно меньшее качество обработки и скорость вращения шпинделя.

Объектом проектирования в данной выпускной квалификационной работе является малогабаритный фрезерный станок. Главной особенностью данного станка является относительно высокая производительность при достаточно малых габаритах. Также размеры и форм-фактор станка позволят эксплуатировать его в любом помещении, вне зависимости от его размеров. А повышенная функциональность рабочего стола послужит увеличению конкурентоспособности станка в сфере обработки изделий фрезерованием.

## **Обзор аналогов**

Разнообразие мира фрезерных станков поистине велико, ведь помимо таких основополагающих различий как, горизонтальное или вертикальное положение фрезы, есть ряд конструктивных нюансов, вносящих ощутимые различия между этими станками, которые всё ещё первостепенно выполняют одну и ту же функцию – фрезерование. Так например различают станки консольно-фрезерные (универсальные, горизонтальные, широкоуниверсальные, вертикальные); продольно-фрезерные (одно- и двухстоечные); фрезерные непрерывного действия (барабанные и карусельные); копировально-фрезерные и гравировально-фрезерные; бесконсольные вертикально-фрезерные и разные (шпоночно-фрезерные, фрезерно-центровальные, торцефрезерные и др.). [1]

### *ОСНОВНЫЕ УЗЛЫ ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА*

Как было сказано выше, так или иначе все эти станки предназначены для фрезерования, из чего следует закономерный вывод о том, что у них должны быть схожие элементы, а точнее схожие узлы. К таким узлам относятся следующие: основание станка, станину, салазки, шпиндель, коробки скоростей и подачи, консоль (для консольных станков) [5].

Закономерно в первую очередь речь пойдёт о станине станка, которая служит своего рода фундаментом, скелетом, если позволите, ведь на неё и устанавливаются все необходимые узлы и крепления механизмов станка. В зависимости от типа станка станины могут иметь горизонтальное или вертикальное исполнение. Горизонтальные станины крупногабаритных, например продольно-фрезерных, станков устанавливают на фундамент всей опорной поверхностью. Вертикальные станины монтируют на основании станка, которое установлено или закреплено на фундаменте. Для большинства станков станины выполняют из серого чугуна.

Далее будет логично рассказать про узел, который непосредственно и приводит нашу фрезу в действие – это шпиндельный узел фрезерного станка.

Если говорить на языке инженера, то шпиндельный узел фрезерного станка служит для передачи крутящего момента режущему инструменту от коробки скоростей. От точности вращения шпинделя, его жесткости и виброустойчивости в значительной мере зависит точность обработки и именно поэтому расчёт на эти величины обязателен при проектировании фрезерного станка и поэтому будет приведён ниже. Примерно 50 % всех проверок на точность, выполняемых в процессе изготовления, сборки и ремонта станка, приходится на шпиндельный узел.

Раньше на фрезерных станках коробка скоростей являлась главным узлом привода главного движения станка и предназначена она была для передачи шпинделю станка различных частот вращения от электродвигателя привода и располагалась она внутри станины. Управлялась эта коробка посредством механизма переключения частот вращения шпинделя. На сегодняшний же день уже существующие станки, и тем более проектируемые, невозможно представить без числового программного управления, которое берёт на себя в том числе и функцию этой самой коробки передач.

Ещё одним элементом, без которого невозможно представить фрезерный станок, является стол станка. Он монтируется на направляющих и перемещается по ним в продольном направлении. У консольных станков направляющие стола смонтированы на салазках, которые являются промежуточным элементом между столом и консолью. Нижней частью салазки установлены на поперечных направляющих консоли и могут вместе со столом перемещаться в поперечном направлении.

И в конце необходимо не забыть рассказать о консоли, что ни разу не влияет на важность её роли в конструкции фрезерного станка. Консоль, это элемент консольных фрезерных станков коробчатой формы с вертикальными и горизонтальными (поперечными) направляющими. Вертикальными направляющими консоль соединена со станиной и может перемещаться по ней. По горизонтальным (поперечным) направляющим

перемещаются салазки. Консоль может быть закреплена на направляющих станины по высоте специальными зажимами и является базовым узлом, объединяющим все остальные узлы цепи подач и распределяющим движение на продольную, поперечную и вертикальную подачу. Консоль поддерживается стойкой, в которой имеется телескопический винт для ее подъема и опускания.

### *КОМПОНОВКА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ*

Рассмотрим компоновку такого типа станка, который можно встретить повсеместно и по сей день, речь идёт о конструкции универсального станка, который (Рисунок 1) имеет горизонтально расположенный шпиндель и предназначен для обработки фрезерованием разнообразных поверхностей на небольших и нетяжелых деталях в условиях единичного и серийного производства. Обработку ведут цилиндрическими, дисковыми, угловыми, концевыми, фасонными, торцовыми фрезами. На этом станке можно обрабатывать вертикальные и горизонтальные фасонные и винтовые поверхности, пазы и углы. Фрезерование деталей, требующих периодического деления или винтового движения, выполняют с использованием специальных делительных приспособлений.

На станине 2 смонтированы все основные узлы станка. Внутри станины размещены шпиндельный узел и коробка скоростей. Для поддержания оправки с фрезой служит хобот 7 с серьгами 8. По вертикальным направляющим станины перемещается консоль 3, несущая коробку подач 1 [2].

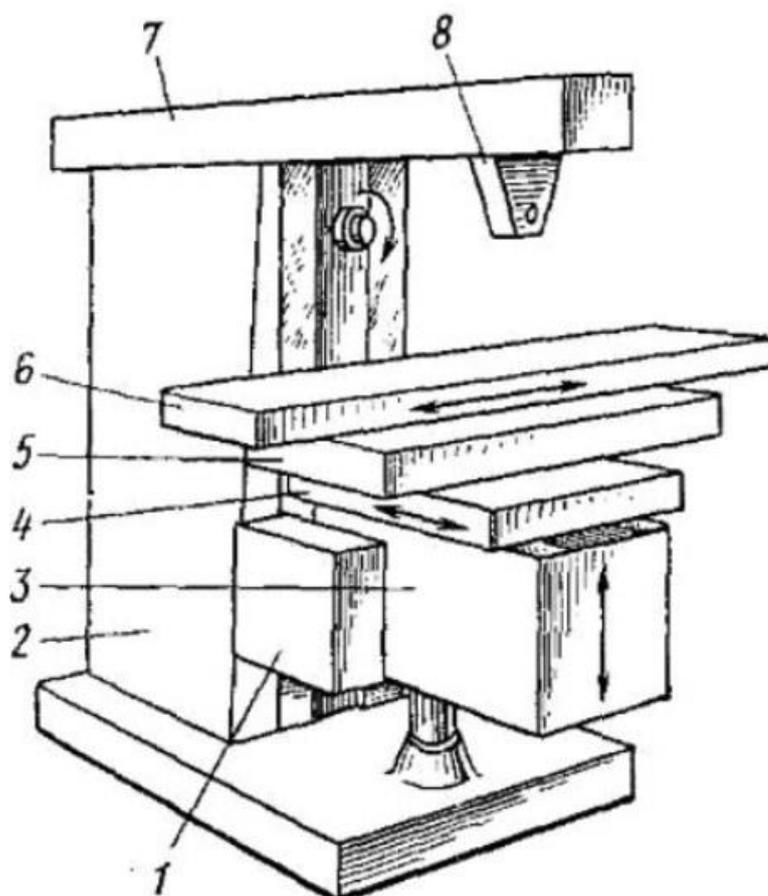


Рисунок 1 - Универсально-фрезерный станок [2]

По направляющим консоли в поперечном направлении движутся салазки 4 с поворотным устройством 5, которое несет продольный стол 6 и позволяет поворачивать стол вокруг вертикальной оси на  $45^{\circ}$  в обе стороны, благодаря чему стол может перемещаться в горизонтальной плоскости под разными углами к оси шпинделя.

Рассмотрим, какие функции и характеристики имеют фрезерные станки и на основе этого дадим заключение о том, какими ключевыми особенностями должен обладать станок, в условиях проекта данной работы,

чтобы он мог быть многофункциональным, конкурентоспособным и ориентированным на пользователя.

### *СТАНКИ «TRACE MAGIC»*

Станкостроительная компания Trace Magic основана в 1991 году в городе Казани. Компания имеет собственное производство по изготовлению фрезерных и токарных станков с ЧПУ. Компания производит фрезерные и токарные станки с ЧПУ различных полей и комплектаций, ориентируясь на потребность и конкретно поставленные задачи потребителя [3].



Рисунок 2 - Фрезерный станок с ЧПУ TM20 0605 [3]

На рисунке 2 Фрезерный станок с ЧПУ TM20 0605 является самым компактным среди станков серии TM20. Данная модель имеет среднее рабочее поле размером 600 x 500 мм и позволяет обрабатывать изделия из различных материалов, в том числе нержавеющей сталь и титан. Этот станок зарекомендовал себя как высокоточный, производительный и надежный, благодаря усиленной конструкции рамы станка, портала и стальной станины. Станок оснащен высокоскоростным шпинделем GMT воздушного охлаждения, мощностью 3 кВт, концевыми датчиками баз (X/Y/Z), которые

облегчают обнуление машинной системы координат станка и формирование базовых точек. Станок поставляется в варианте с серво-шаговыми двигателями.

### *СТАНКИ ЧПУ24*

Компания ООО «ЧПУ24» занимается подбором, поставкой, обслуживанием оборудования с числовым программным управлением. На данный момент в их линейке станков есть фрезерные станки, лазерные: CO<sub>2</sub>, маркеры, станки для раскроя металла, станки воздушно-плазменной резки и УФ принтеры [3].



Рисунок 3 - Фрезерный станок 1525x2550x170мм [3]

На рисунке 3 представлен ЧПУ Фрезерный станок 1525x2550x170мм, предназначенный для качественной фрезеровки и гравировки поверхностей деталей и заготовок по плоскости и в 3-х мерном пространстве. Станина станка выполнена из цельносварной конструкции, усиленной ребрами жесткости. Базовая комплектация фрезерного станка: профильные направляющие TRN HGR20, Винт ШВП 2005. Косозубые зубчатые рейки. Редуктор ременной, редукция 1:5, под ШД с фланцем 86мм. Шаговый

двигатель 86мм 6,8N\*m. Драйверы leadshine DM 542. Шпиндель 1,5кВт, 3-и подшипника, водяное охлаждение, цанга ER16. Цанги ER16 комплект 10 штук. Датчики индуктивные LJ12A3-4-Z/BX 6-36V. Фрезы (3шт.) Ключи для смены инструмента (2шт.) Помпа погружного типа 75Вт в систему охлаждения шпинделя.

### *СТАНКИ ООО «ЕВРАЗИЙСКИЙ СТАНКОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»*

ООО «Евразийский станкостроительный завод» производит станки токарной группы, фрезерной группы, станки с числовым программным управлением (ЧПУ), специальные тяжелые, трубообрабатывающие. ООО "Евразийский станкостроительный завод" реализует сложные проекты, которые могут быть единичными. В их штате более 20 конструкторов, которые готовы разрабатывать новые изделия и механизмы для решения задач своих клиентов. Они оказываем услуги по проектированию, изготовлению, монтажу и отладке оборудования, механизмом, оснастки [3].

На рисунке 4 представлен консольно-фрезерный станок ксбмф3 с ЧПУ.



Рисунок 4 - Консольно-фрезерный станок ксбмф3 с ЧПУ [3]

## *СТАНКИ SJR MACHINERY CO., LTD.*

Компания SJR Machinery Co., Ltd., основанная в 1984 году, является основным партнером Китайской корпорации международного экономического и технического сотрудничества Цзянсу. Эта компания специализируется на производстве и импорте / экспорте новейшего промышленного оборудования и инструментов. Они могут производить более 80 типов станков, включая токарные, фрезерные, шлифовальные станки, силовые прессы, гидравлические гильотины, гидравлические листогибочные прессы, станки с ЧПУ и автомобильные станки, а также другую аналогичную продукцию [4].



Рисунок 5 - Фрезерный станок серии X5750 [4]

На рисунке 5 представлен фрезерный станок серии X5750, главные особенности которого:

- Стол 3 оси с шарико-винтовой парой, высокая точность
- Подача стола с 3 отдельными серводвигателями, переменная скорость, не мешает друг другу, высокая надежность, простота в эксплуатации
- Механическая смена скоростей в головке, мощное фрезерование
- Стол с дополнительной опорной колонны, большая нагрузка, высокая точность
- Стол с дополнительной опорной колонны, большая нагрузка, высокая точность

Он может фрезеровать любую угловую поверхность через переднюю полусферу с помощью поворотной фрезерной головки.

# **1. Конструкторская часть**

## **1.1. Техническое задание**

на проектирование конструкции малогабаритного фрезерного станка

### **1. Цель, задачи и исходные данные для проведения работы**

Малогабаритный фрезерный станок проектируется с целью увеличения технологичности и увеличения мобильности станка.

### **2. Основное содержание работы**

Проектирование станка для выполнения следующих видов работ: фрезерование горизонтальных, вертикальных и наклонных поверхностей, фрезерование уступов, пазов всех видов, фрезерование фасонных, комбинированных поверхностей, обработка криволинейных поверхностей или сложных профилей.

### **3. Технические требования**

#### **3.1. Состав станка и требования к конструктивному исполнению**

##### **3.1.1. Станок должен содержать следующие основные элементы:**

- Станина;
- Шпиндельный узел;
- Боковой стол;
- Виброопора;
- 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. Станина должна быть выполнена с соблюдением всех размеров, предельных отклонений, допусков форм и параллельности поверхностей.

##### **3.1.2.3. Составные части станины:**

3.1.2.3.1. Продольные ребра

3.1.2.3.2. Поперечные ребра

3.1.2.3.3. 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,  $n_{\max} = 12000$  об/мин.

3.1.4. Требования к конструктивному исполнению бокового стола

3.1.4.1. Боковой стол должен крепиться к станине, при этом вылет не более 50 мм.

3.1.4.2. Заготовки должны крепиться так же, как и на основном столе, с помощью т-образных пазов и крепёжной оснастки.

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 которых может увеличить его технологичность

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 6, приложение А), на которой отображены все движущие механизмы будущего станка.

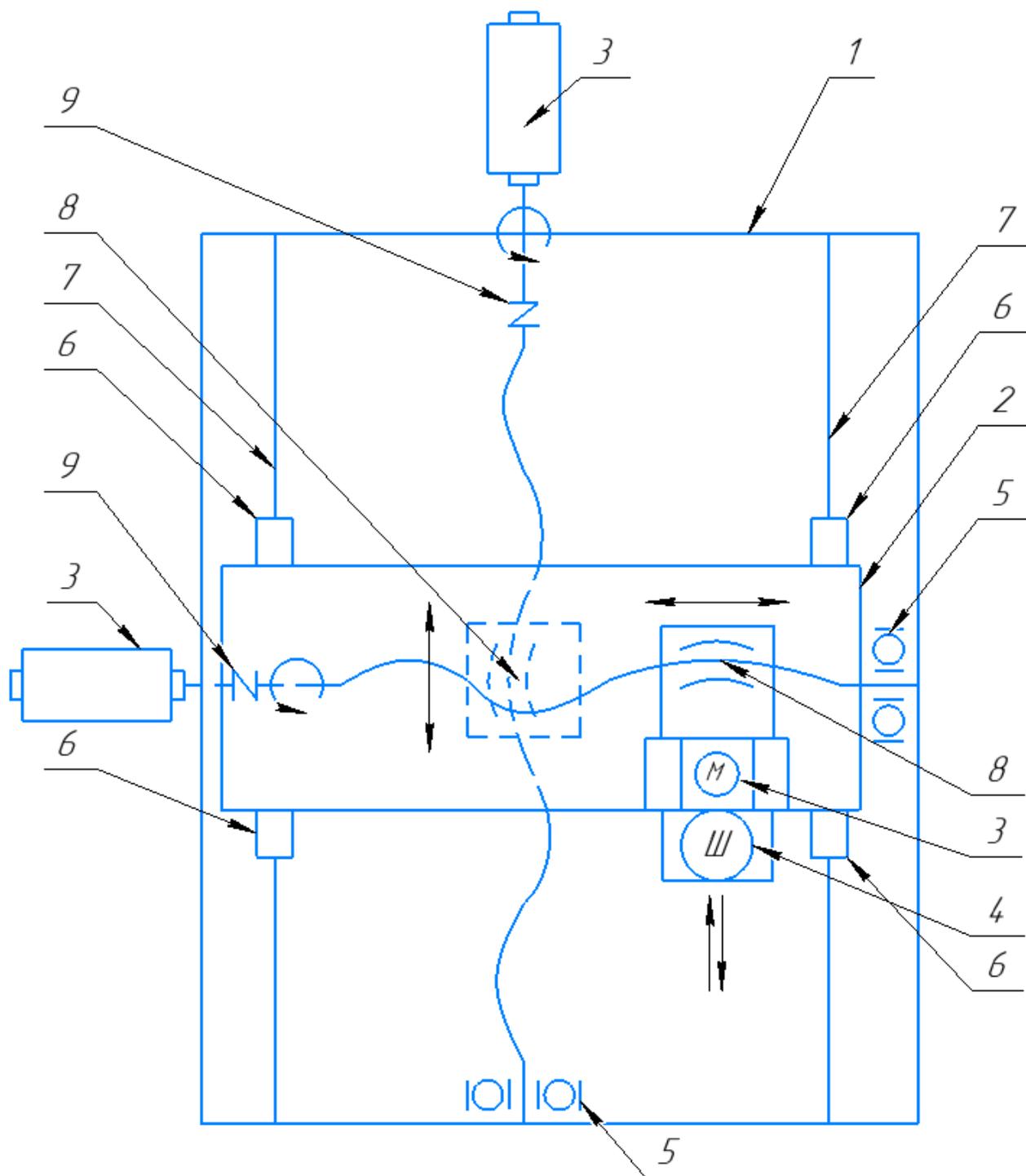


Рисунок 6 – Принципиальная кинематическая схема малогабаритного фрезерного станка с ЧПУ

1. Малогабаритный фрезерный станок
2. Подвижная станина
3. Шаговые электродвигатели
4. Шпиндель
5. Подшипники винтов
6. Линейные подшипники скольжения
7. Y – направляющие
8. Передача винт-гайка скольжения
9. Муфты

### 1.3. Габаритные размеры

На начальном этапе проектирования малогабаритного фрезерного станка с ЧПУ необходимо определиться с габаритами рабочего стола и обрабатываемых заготовок.

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

$B_{max}$  – максимальная ширина фрезерования [6], принимаем 176 мм

$$B_{min} = (0,2 \dots 0,25) * B_{max} = 0,25 * 176 = 44 \text{ , мм, где} \quad (1)$$

$B_{min}$  – минимальная ширина фрезерования

$$D_{max} = (0.1 \dots 0.125) * B_{max} = 0.1 * 176 = 17,6 \text{ , мм, где} \quad (2)$$

$D_{max}$  – максимальный диаметр фрезы

$$D_{min} = (0.1 \dots 0.125) * B_{min} = 0.125 * 44 = 5.5 \text{ , мм, где} \quad (3)$$

$D_{min}$  – минимальный диаметр фрезы

Значения округлим  $D_{max}$  и  $D_{min}$  до 6 и 18 мм соответственно. Исходя из того, что станок вертикально – фрезерный – принимаются фрезы торцевые и концевые

$$B_c = (2.5 \dots 3) * B_{max} = 2.5 * 176 = 440 \text{ , мм, где} \quad (4)$$

$B_c$  – ширина стола станка

$L_c$  – длина стола, принимаем 550 мм

$$L_{z \max} = 0.5 * L_c = 0.5 * 550 = 275 \text{ , мм, где} \quad (5)$$

$L_z$  – максимальная длина заготовки

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 указанный в ГОСТ 9726-89. [7]

#### 1.4. Конструкция и компоновка шпиндельного узла

Характеристика быстроходности определяет компоновку шпиндельного узла, которая определяется как Произведение диаметра шпинделя в передней опоре  $d$  на максимальную частоту вращения шпинделя  $n_{max}$  является формулой определения быстроходности:

$$d * n_{max}, \text{ где} \quad (6)$$

$n_{max}$  в свою очередь вычисляется по формуле:

$$n_{max} = \frac{1000 * V}{\pi * d}, \frac{\text{об}}{\text{мин}}, \text{ где} \quad (7)$$

$d$  – диаметр фрезы, мм

$V$  – скорость резания, мм/мин.

Максимальный показатель частоты вращения шпинделя будет достигаться при минимальном значении диаметра фрезы и при скорости резания, численные значения которых установлены в ТЗ. Подставим значения в формулу 2 получаем:

$$n_{max} = \frac{1000 * 250}{3,14 * 6} = 13270 \frac{\text{об}}{\text{мин}} \quad (8)$$

Принимаем  $n_{max} = 13000$  об/мин для удобства последующих расчётов

Получив нужные нам величины, вычисляем характеристику быстроходности:

$$d * n_{max} = 6 * 13000 = 0,78 \text{ мм} * \text{мин}^{-1} \quad (9)$$

Из полученных данных видно, что характеристика быстроходности в нашем случае получилась достаточно малой, что естественно для станков таких габаритов.

В передней и задней опоре шпиндельного узла используются сдвоенные подшипники 46116 ГОСТ 831-75 [8] - радиально-упорные шариковые подшипники. Схема установки сдвоенных подшипников выбрана дуплекс «О» (Рисунок 7, б). Подобный метод компоновки подшипников обладает повышенной устойчивостью и обладает восприятием осевой нагрузки в двух направлениях, что соответствует нагрузкам на шпиндель и упрощает монтаж/демонтаж подшипников.

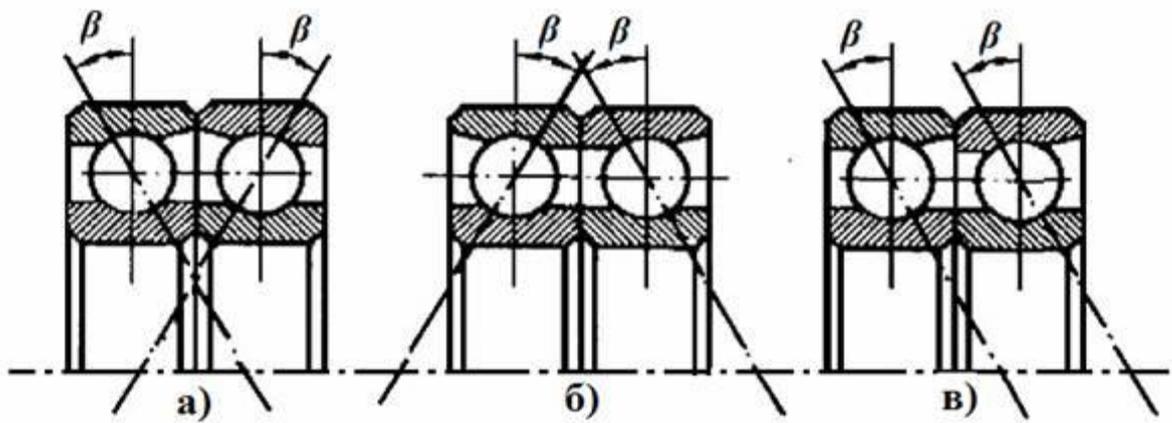


Рисунок 7 – Сдвоенные шариковые радиально-упорные подшипники  
 а) X-образная схема; б) O-образная схема; в) схема Тандем [9]

Предварительный натяг сдвоенных подшипников осуществляется благодаря крышке и корпусу шпинделя (Рисунок 8).

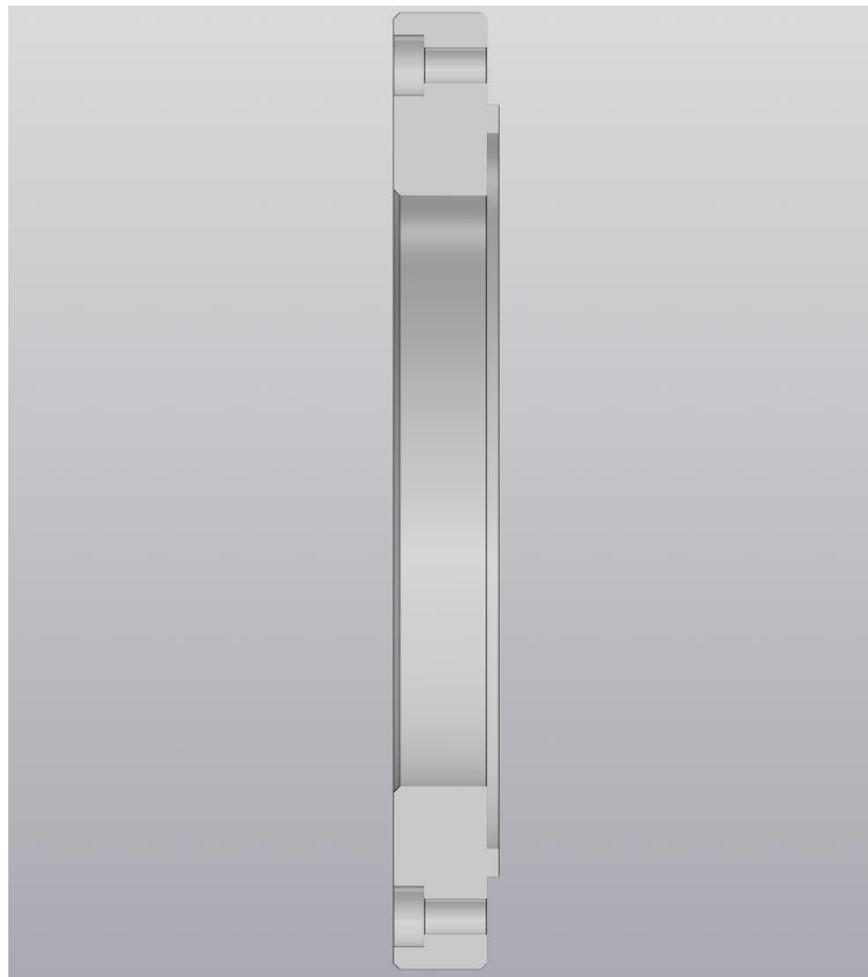


Рисунок 8 – Передняя крышка шпинделя

Передняя часть шпинделя используется для фиксации цангового патрона. Шпиндели малых фрезерных станков изготавливаются либо в виде фланцевого соединения с центрирующим выступом, либо без него.

Для уменьшения биения шпинделя необходимо изготовление центрирующей части шпинделя с высокой точностью как и форм, так и размеров.

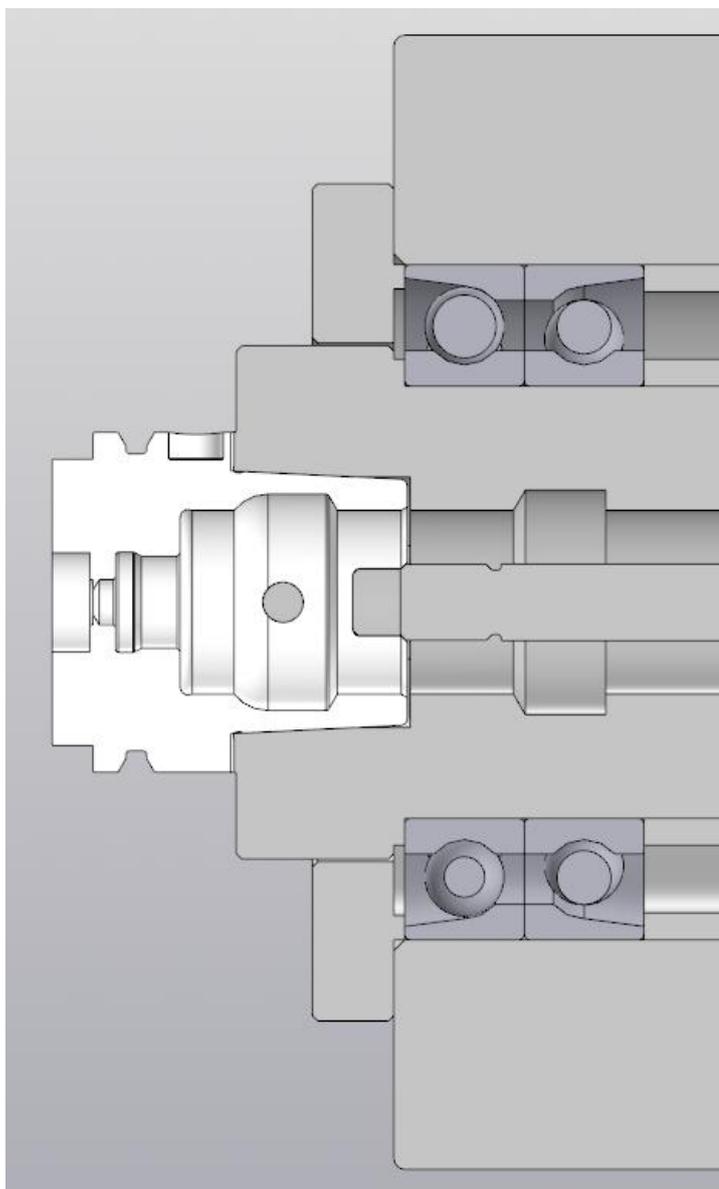


Рисунок 9 – Передняя часть шпинделя

## 1.5. Проектный расчет шпиндельного узла

Основные аспекты конструкции и работы шпиндельного узла – жесткость шпиндельного узла, нагрев подшипников и точность вращения шпинделя.

### Жесткость

Радиальная и осевая жесткость шпиндельного узла оценивается деформацией конца шпинделя под действием силы резания. Жесткость шпиндельного узла может быть получена из баланса жесткости стакана, доля которой  $\geq 50\%$  [9].

Приближенно жесткость может быть вычислена по формуле:

$$j = 53 * \frac{D^4 - d_1^4}{l^3} = 53 * \frac{52^4 - 28^4}{125^3} = 181,7 \text{ кгс/мкм, где} \quad (10)$$

$D$  - средний диаметр шпинделя между опорами в мм;

$d_1$  - средний диаметр отверстия в шпинделе в мм;

$l$  - расстояние между опорами (по средним сечениям подшипников) в мм.

Исходя из требований к точности обработки, прогиб шпинделя от сил резания и сил привода не должен превышать трети допуска на лимитирующий размер детали.

Из условия нормальной работы подшипников шпинделя диаметр шпинделя между опорами должен быть

$$d \geq \sqrt[4]{(0.055 \cdot 0.1) * l^3} \quad (11)$$
$$28 \text{ мм} \geq 21 \text{ мм}$$

Условие выполняется.

### Нагрев подшипников шпиндельного узла

При вращении шпиндельный узел под нагрузкой основными источниками тепловыделения являются подшипники. В результате нагрева шпинделя они деформируются, что приводит к нарушению точности его вращения, т.е. к увеличению радиального и торцевого биения исполнительных поверхностей.

Для ограничения тепловых деформаций шпинделя, при классе точности станка Н, по таблице [9, таблица 4] примем допускаемую температуру наружного кольца подшипников в 70 °С.

### **Точность вращения шпинделя**

Точность вращения шпинделя исходит из постоянства положения его геометрической оси в радиальном и осевом направлениях. Для высокоточных станков точность вращения оценивается и результате записи положения шпинделя в процессе вращения с помощью специальных датчиков [9].

Расчет шпиндельного узла на точность заключается в определении класса точности радиальных подшипников, устанавливаемых в передней и задней опорах исходя из заданной величины радиального биения конца шпинделя.

Во время расчёта предполагаем, что происходит самый неблагоприятный сценарий – биение в обеих опорах шпинделя будут направлены в стороны разные друг другу. Расчетная схема приведена на рисунке 5:

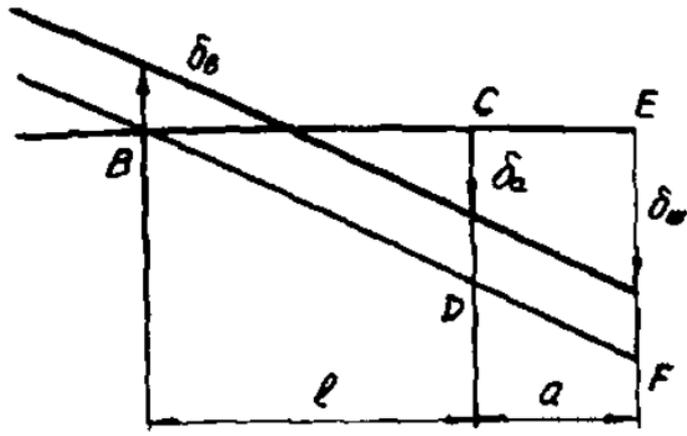


Рисунок 10 – Схема расчёта шпиндельного узла на точность [9]

Где  $\delta_a$ ,  $\delta_b$ ,  $\delta_{ш}$  - радиальные биения соответственно внутренних колец подшипников передней, задней опор и конца шпинделя [9].

Роль обеих опор будем считать равноценной в формировании биения конца шпинделя, тогда получаем значение радиальных биений подшипников передней и задней опор:

$$\delta_a = \frac{\delta_{ш} * l}{2 * (a + l)} \quad (12)$$

$$\delta_b = \frac{\delta_{ш} * l}{2 * a} \quad (13)$$

Здесь видно, что биение переднего подшипника должно быть меньше, чем биение заднего, т.е. в переднюю опору следует ставить более точный подшипник.

Для повышения точности шпиндельного узла следует при сборке выполнять следующие условия:

1 - эксцентриситеты внутренних колец обоих подшипников должны быть расположены в одной плоскости;

2 - эксцентриситеты шеек шпинделя и внутренних колец подшипников следует размещать в противоположных направлениях;

3 - эксцентриситеты наружных колец подшипников и отверстий в корпусе следует размещать в противоположных направлениях.

Для низко- и среднескоростных шпиндельных узлов наименьшее отклонение от округлости, достигнутое при оптимальных условиях обработки, близко к величине радиального биения оси вращения шпинделя.

### Компоновка шпиндельного узла

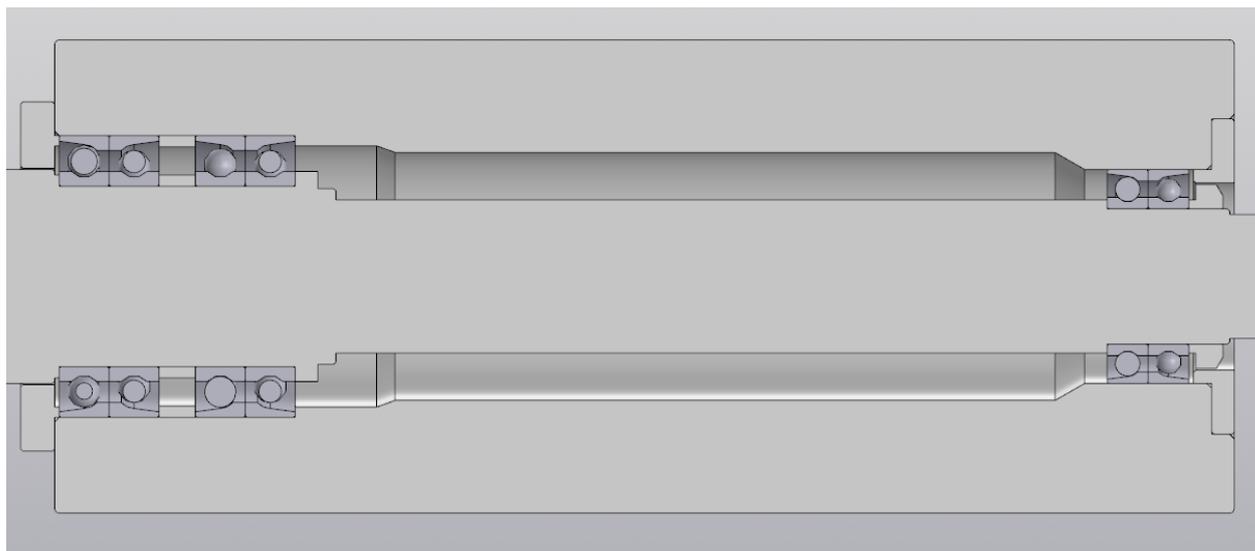


Рисунок 11 – Компоновка шпиндельного узла

Особенность данной сборки шпинделя заключается в том, за счёт малого числа компонентов и в виду их форм-фактора – шпиндель легко как собрать, так и разобрать, из чего следует, что ремонтпригодность его высока, а свою очередь его цена будет наоборот ниже среднего. Сценарий монтажа шпинделя будет следующим: На шпиндель надевается задняя крышка подшипника, вслед за неё фиксируются уже сами подшипники в их гнезда путём напрессовывания. После чего в шпиндель устанавливается вал. Первая пара передних подшипников фиксируется по аналогии, вслед за ними идём межподшипниковая втулка, на которую устанавливается вторая пара передних подшипников. В конце это всё закрывается путём присоединения передней крышки подшипников, путём прикручивания её болтами к шпинделю. Внешние кольца подшипников на обоих концах регулируются путём изменения натяжения болтов на крышках.

## Конструкция станка

Одним из первых конструкторских решений, которое было принято после анализа уже существующих станков и после проведения расчётов – это конструкция станины и стола. В их основе будет лежать использование алюминиевого профиля 20x20 (Рисунок 12). И на то это есть ряд причин, а именно:

1. Первой и основополагающей причиной является универсальность такого профиля. Наличие у него Т-образных пазов исключает необходимость дополнительных обработки и доработки формы стола. Сами же заготовки будут крепиться на Т-образные пазы с помощью крепёжной оснастки, а за счёт того, что и станина выполнена из данного профиля, то появляется возможность крепления деталей и на переднюю часть станины в вертикальном положении относительно стола. Это позволит, к примеру, надёжней закреплять заготовки более сложной конфигурации. Также в целом конструкция выполненная из такого типа профиля даёт большой потенциал для модернизации конструкции станка под нужды оператора.

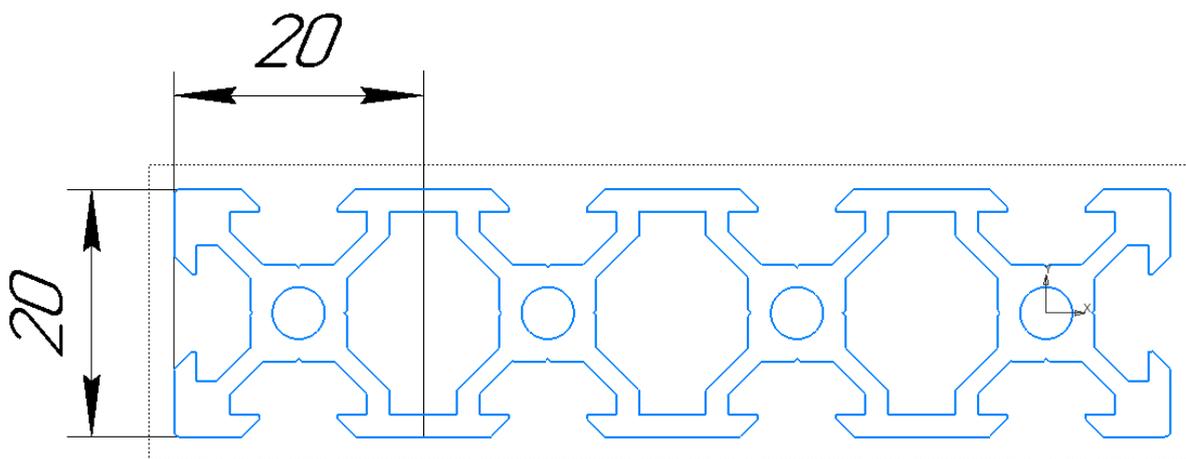


Рисунок 12 – Алюминиевый профиль 20x20

2. Второй причиной являются прочностные характеристики такого профиля, ведь в виду формы своего поперечного сечения он в первую очередь обладает малым удельными весом, что безусловно важно и влияет на

технологичность станка. В то же время такой профиль имеет достаточную твёрдость и прочность, чтобы сопротивляться деформациям под действием веса станка и от нагрузок, возникающих в процессе его работы.

3. Третий фактор по своей сути вытекает из предыдущих двух. Это сравнительно невысокая стоимость такого профиля. Ведь как уже было сказано ранее, при его использовании в нашем случае не будет необходимости в его доработки, достаточно будет просто заказать профиль необходимых размеров, что, очевидно, влияет на стоимость его использования. В свою очередь и малый удельный вес такого профиля влияет на цену. Ведь за счёт формы его сечения удаётся экономить объём использованного материала, что не может не отразиться на цене в лучшую сторону.

Поэтому алюминиевый профиль уже давно зарекомендовал себя как лучший вариант для конструкции станины и других составляющих для станков с числовым программным обеспечением. Поверхность его, как правило, подвергается анодированию а сам профиль изготавливается посредством горячей экструзии. И в завершении стоит сказать, что такой профиль при монтаже является очень удобным.

Из всего вышесказанного, закономерно следует вывод, что использование данного профиля технологично в контексте проектирования малогабаритного фрезерного станка.

Проанализировав список производителей подобного профиля выбор был сделан в пользу производителя “Alumica” и был выбран профиль модели AL-PS-2020.

Следующее конструкторское решение было достаточно очевидным. Это использование каретки, или как их ещё называют, продольные салазки. За счёт них наш шпиндельный узел сможет перемещаться в пространстве во всех трёх направлениях. Принцип работы каретки предельно прост.

Электродвигатель передаёт вращающий момент на вал с помощью муфты. На валу имеется резьба и с помощью передачи винт-гайка вращательное движение преобразуется в поступательное. А гайка в свою очередь крепится к элементу, которому необходимо передать поступательное движение.

Единственный вопрос, возникающий на данном этапе заключается в том, что именно будет крепиться к направляющим каретки. Направляющие в данном случае будут иметь круглое поперечное сечение. Отсюда следует, что придётся выбрать между линейными подшипниками скольжения и шарико-винтовой передачей. Последняя является разновидностью вышеупомянутой передачи винт-гайка и имеет довольно высокую точность и коэффициент полезного действия. Но при этом и стоимость такого варианта значительно выше, чем у линейных подшипников. Поэтому было принято компромиссное решение использовать открытые в корпусе линейные подшипники скольжения (Рисунок 13). У таких подшипников более низкая вероятность так называемого люфта, то есть проворота. К тому же за счёт формы и способа крепления направляющих, будет проще соблюдать их соосность и параллельность. А так же данная форма направляющих меньше подвержена деформации изгиба.



Рисунок 13 - Линейные подшипники скольжения

В ходе анализа рынка линейных подшипников скольжения было принято решение выбрать подшипники модели SBR-UU от фирмы “Technix”

Подшипники этой модели обладают малым температурным нагревом. Материалом для их корпуса служит алюминий. Данные подшипники будут выдерживать нагрузки в ходе работы станка, в том числе и за счёт своей высокой плавности передвижения. Как уже было сказано ранее, такая форма корпуса подшипника позволяет повысить его ресурс и надёжность.

По завершении всех конструкторских и аналитических расчётов, после построения чертежей была создана 3D модель проектируемого станка (Рисунок 14), которая полностью соответствует принципиальной схеме, на базе которой он и проектировался.

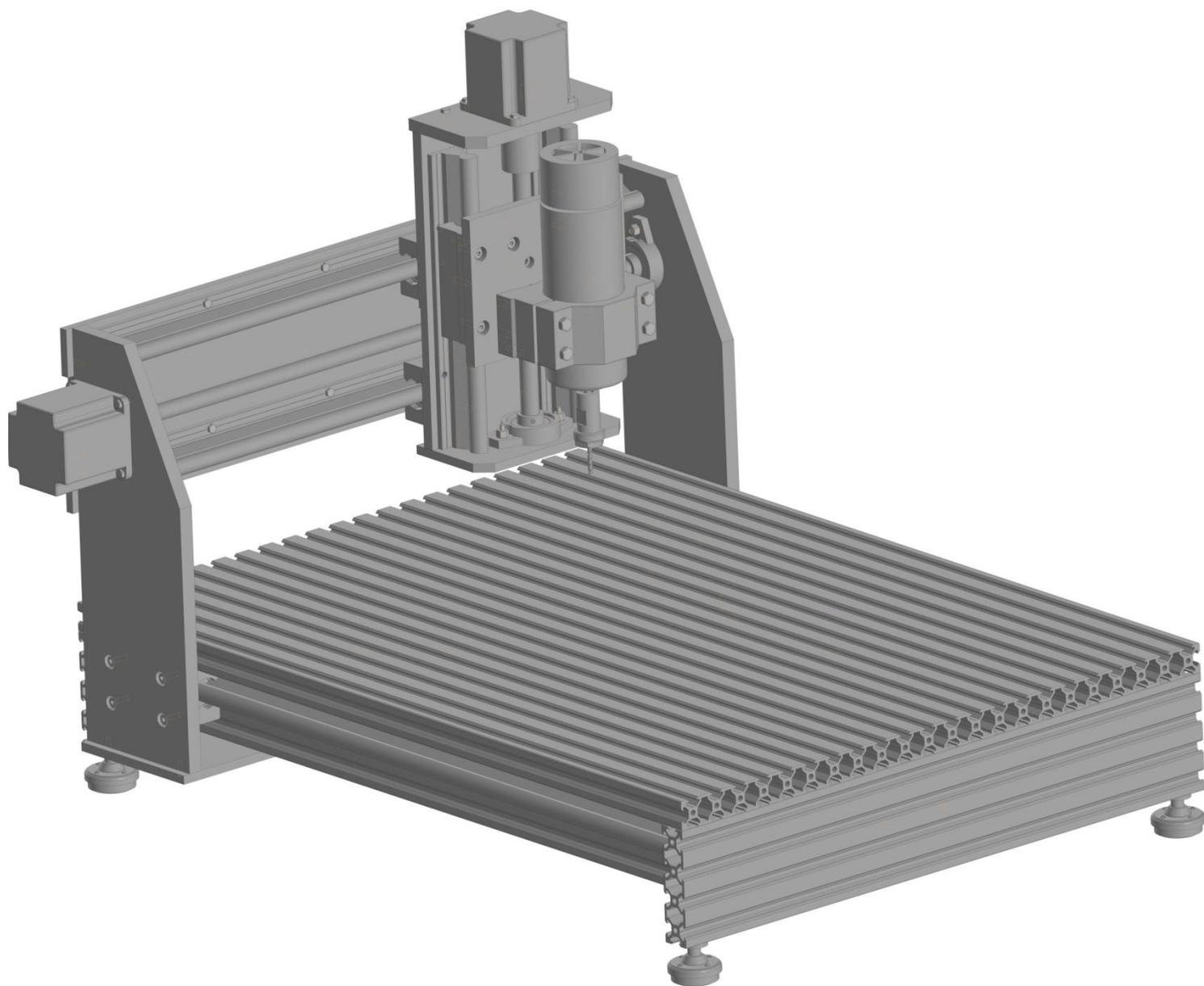


Рисунок 14 – 3D модель малогабаритного фрезерного станка

## Заключение по разделу

Результатом конструкторского раздела данной выпускной квалификационной работы является следующее: произведён анализ уже существующих фрезерных станков, их типов, анализ их особенностей и характеристик. Впоследствии, на основе полученных данных, был составлен литературный обзор для данной работы. Помимо этого было разработано техническое задание, следуя которому был спроектирован фрезерный малогабаритный станок.

В ходе работы над разделом были произведены такие необходимые расчёты, как:

1. Габаритные размеры станка
2. Конструкция и компоновка шпиндельного узла
3. Расчёт шпинделя на жёсткость, нагрев и точность.

Помимо всего прочего, для реализации возможности уменьшения габаритов станка и увеличения его точности обработки до значений, указанных в ТЗ, был принят ряд конструкторских решений.

Так же была создана 3D модель в программном обеспечении «КОМПАС 3D» и был составлен сборочный чертеж станка и спецификация (приложения В,Г).

## **2. Технологическая часть**

### **Введение**

Один из самых весомых факторов, оказывающих непосредственное влияние на состояние и развитие производства, при чём не важно, в какой сфере, это технология. Качество любой выпускаемой продукции, экономичность расходования материалов и энергетических ресурсов, всё это и много другое напрямую зависит от уровня развития технологии. Непосредственное воздействие на весь жизненный цикл товара оказывает один из важнейших этапов при технологической подготовке продукции к выпуску – это этап проектирования технологического процесса. Даже в таком аспекте, как принятие решения о производстве продукта, данный этап играет важнейшую роль.

Тенденции в усовершенствовании технологии изготовления должны обязательно учитываться в процессе проектирования технологического. В современных реалиях технология развивается в таких направлениях, как, использование новых инструментов резания, (современные материалы инструмента), внедрение оборудования с ЧПУ в большее количество сфер производства. Так же технология использует и развивает ресурсосберегающие методы, при этом во время обработки повышается точность, как и размерная, так и геометрическая.

Конкурентоспособность машиностроительной продукции и выпускаемой продукции в целом, влияет реализацию её потребителем непосредственно напрямую. Трудоёмкость и себестоимость при изготовлении продукции, уменьшение припусков и, следовательно, объёма последующей обработки резанием, всё это способна уменьшить заготовка, выбранная рационально.

## 2.1. Техническое задание

Разработать технологический процесс изготовления детали ролик, представленной на чертеже (приложение Б).

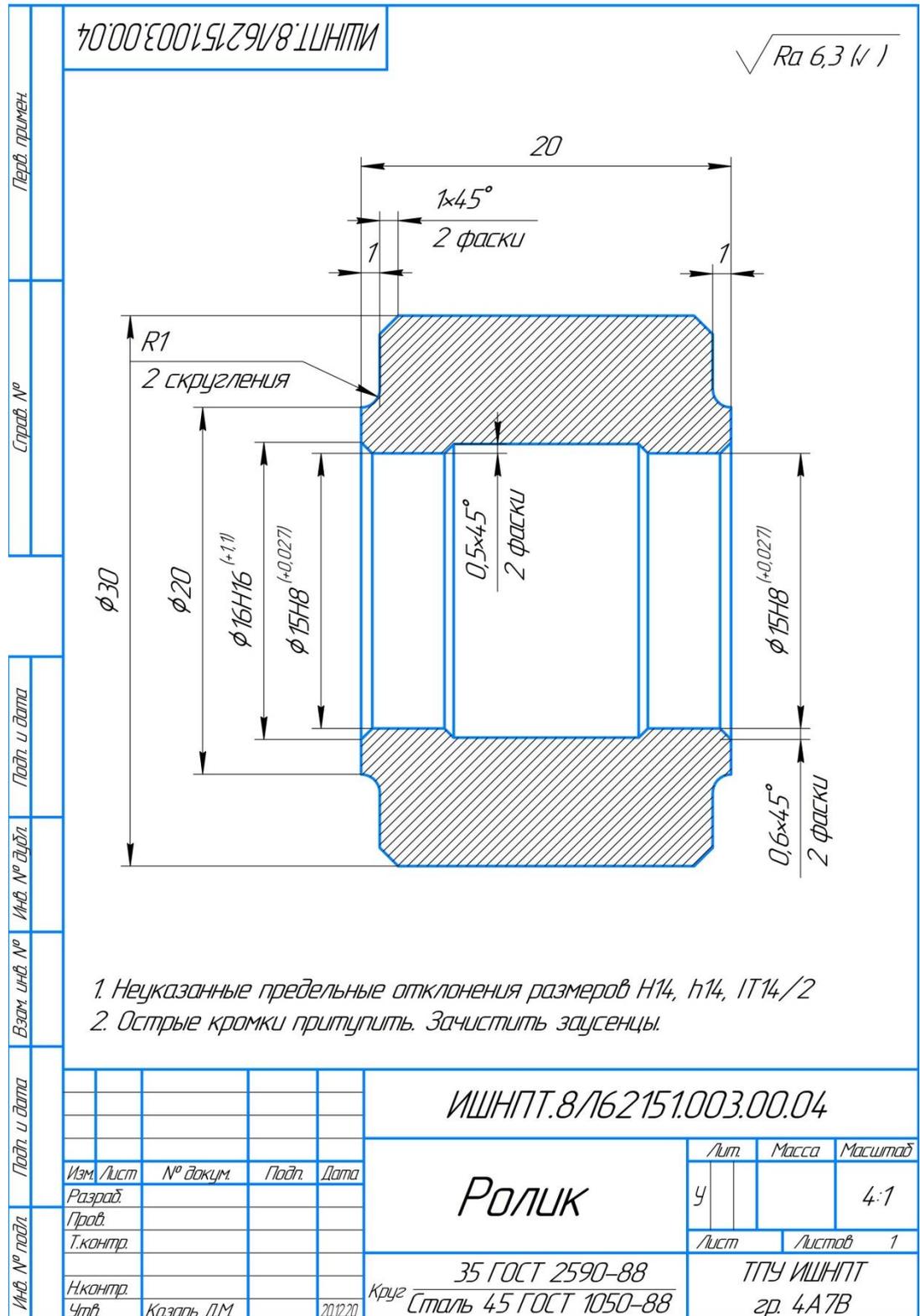


Рисунок 15 – Чертёж детали «Ролик»

## 2.2. Определение типа производства и величины партии деталей

Тип производства является ключевым параметром процесса проектирования. Форма, а также вид технологического процесса определяются условиями производства и непосредственно объектом, для которого формулируется технологический процесс. В том числе и количество изделий, участвующих в процессе, определяют его вид.

Согласно ГОСТ 3.1119-83 [11] тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операций за одним рабочим местом или единицей оборудования. Тип производства определяется коэффициентом

$$K_{з.о.} = Q/P,$$

где Q – число различных операций; P – число рабочих мест, на которых выполняются данные операции.

Типы производства характеризуются следующими значениями коэффициентов закрепления операций (Таблица 1):

Таблица 1

Тип производства	Кз.о.
Массовое	1
• Серийное:	1-10
• крупносерийное	10-20
• среднесерийное мелкосерийное	20-40
Единичное	>40

В данном проекте технологический процесс является мелкосерийным с количеством деталей 100 штук. Мелкосерийное производство характеризуется нерегулярно повторяющимся изготовлением и выпуском одинаковых изделий. Отличие такого производства от единичного предельно мало, так как в обоих случаях в большей степени используется

универсальное оборудование. А его расположение в цеху следует из типа соответствующего станка. Универсальный измерительный и нормальный рабочий инструменты так же влияют на сходство мелкосерийного и единичного производств.

### **2.3. Анализ технологичности конструкции детали**

Ключевым этапом при проектировании технологического процесса и маршрута является анализ исследуемой конструкции на технологичность, так как оптимизация показателей в технологическом процессе, как и технических, так и экономических, зависит от результатов данного анализа.

Возможность использования высокопроизводительных методов при обработке деталей, уменьшение показателей трудоёмкости, уменьшение объёма затраченного материала, к этому и многому другому сводятся основные задачи, которые решаются во время анализа конструкции на технологичность. Из всего этого можно сделать вывод, что для снижения себестоимости изготовления детали без изменений её служебного назначения, необходимо повышение технологичности данного изделия.

Поэтому первым делом проведём оценку нашей детали на технологичность. Она проводится по 4 критериям технологичности, среди которых:

1. Технологичность заготовки;
2. Технологичность конфигурации детали;
3. Технологичность базирования и закрепления;
4. Технологичность обрабатываемых поверхностей.

Произведена оценка технологичности детали «Ролик» (Рисунок 12).

Заготовкой для детали «Ролик» выбран стальной круглый прокат с формой максимально приближенной к форме готовой детали, это необходимо, чтобы уменьшить себестоимость обработки. Материалом

заготовки выбрана Сталь 45. Данный материал можно обработать резанием, следовательно, возможна обработка на токарном станке. Заданная конфигурация детали «Ролик» выполнена в виде цилиндра. Цилиндрическая поверхность легко обрабатывается резанием.

Данная деталь имеет опорную поверхность для установки в приспособление. Маршрут обработки в данном случае основан на принципе совпадения технологической базы с измерительной базой для получения минимальной погрешности при установке.

Также на повышение технологичности нашего изделия влияет и то, что все формы возможно получить при использовании стандартного инструмента. Шероховатость поверхностей будет  $Ra=6,3$ , из-за чего снижается стоимость обработки детали и число чистовых операций.

Из всего вышеизложенного делаем вывод, что деталь является технологичной.

#### **2.4.Выбор вида и способа получения заготовки**

Материал детали, её масса, сложность её формы, её конструкция и назначение, объём производства, всё это и многое другое влияет на способ выполнения заготовки. На сегодняшний день в машиностроении применяется большое разнообразие технологических способов для получения необходимой заготовки. Это следует из анализа как и зарубежного, так и отечественного опыта (Рисунок 16).



Рисунок 16 - Технологические методы получения заготовок

Далее рассмотрим и перечислим, что в принципе потенциально может являться заготовкой для изделия:

1. Вначале стоит упомянуть отливки ввиду высокой вариации их получения. Например, для того, чтобы получить деталь с высокой твёрдостью поверхностного слоя – используют литьё по газифицируемым моделям. Но при таком способе литья поверхность получаемой детали выходит с очень высоким показателем шероховатости. Помимо всего прочего, для деталей полученных таким способом нужны достаточно большие припуски на обработку, что не попадает под определение технологичности.

Ещё один довольно популярный метод литья, который используют для получения деталей с качественной поверхностью и высокой точностью – это способ литья под давлением, но чаще литьё в кокиль. В основном эти методы используют при необходимости получения заготовок со сложным фактором. Материалом для такого литья зачастую служат специальная сталь для литья, цветные металлы, ну и, конечно же, чугун. Однако стоимость

заготовки полученной литьём выходит высокой, из чего мы снова делаем вывод о не технологичности использования этого метода в нашем случае

2. Далее озвучим такой метод получения заготовки, как поковка. Используется она для получения заготовок, у которых имеется большая разница в размерах площади поперечного сечения. Материалом для поковки деталей служат пластические металлы, что достаточно очевидно. Форма деталей полученных данным методом на порядок проще форм, получаемых при литье. Такие заготовки относительно недорогие и имеют меньшую шероховатость в сравнении с предыдущим методом, но при этом у них тоже высокие припуски на обработку. Помимо этого у заготовок, полученных поковкой высокий показатель твёрдости и волнистость поверхностного слоя. Исходя из этого приходим к тому, что для изготовления нашего ролика данный метод тоже не совсем уместен.

3. Следующий способ изготовления заготовок аналогично предыдущему использует пластические металлы, а именно штамповка, причём она тоже используется для получения деталей сложной конфигурации. Такая заготовка получается очень дорогой на выходе из-за малых значений припусков на обработку, высокой точности и как следствие, невысокой шероховатости. Поэтому штамповку используют, когда необходимо высокое качество получаемой заготовки, при неимении возможности обработки поверхности механически, что в нашем случае не грозит.

4. И последним методом, которым потенциально можно получить нашу заготовку является прокат. И первопричина тому – его низкая стоимость в сравнении с альтернативными вариантами. Получают прокат из прутков абсолютно любой формы поперечного сечения, например X-образный, двутавр или просто тавр, шестигранник, труба, ну или же просто прокат круглого сечения. Материалом для проката являются цветные металлы. Такой вид получения заготовок является наиболее востребованным не смотря

на свой весомый недостаток в виде низкого коэффициента использования материала.

Прокат делится на такие виды, как:

1. Холоднокатанные прокаты;
2. Горячекатанные толстые (толщина свыше 4 мм);
3. Горячекатанные тонкие (толщина до 4 мм);
4. Прокаты плоские (рулонная сталь, листовая сталь, жесть, лента и пр.)
5. Прокаты листовые (лист, полоса (рулон), штрипс):
6. Профнастильные прокаты — это стеновой или кровельный материал для наружных ограждений, стен и крыш.
7. Сортовые прокаты (катанка, шары помельные и другие виды проката, у которых касательная к любой точке периметра его поперечного сечения данное сечение не пересекает).
8. Прокаты фасонные (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):
9. Прокаты массового (общего) потребления (угловой профиль, швеллеры, двутавровые балки и другие);
10. Прокаты специального назначения (рельсы железнодорожные широкой и узкой колеи, рельсы трамвайные, профили с/х машиностроения, судостроения, нефтяной и электропромышленности).

Исходя из анализа чертежа формируется вывод о том, прокат является более выгодным способом получения заготовки в сравнении с альтернативными вариантами.

С целью изготовления деталей типа ролик используется прокат, у которого поперечное сечение круглое. Прокат такого типа делится на следующие классы точности:

- Класс А – высокая точность.
- Класс Б – повышенная точность.
- Класс В – обычная точность.

Причём для каждого из этих классов необходимо нормирование таких показателей, как шероховатость, кривизна и предельные отклонения.

Уже на момент получения самого проката, в отличие от холоднокатаного проката, горячекатаный имеет более высокие механические характеристики. Исходя из этого выбираем горячекатаный прокат для изготовления нашей детали.

При шероховатости  $Ra=6,3$  и при обычном классе точности изготовления прутка (класс В) находим максимальный диаметр для прутка, значение которого  $D=35$  мм.

Для выполнения всех операция из ГОСТ 2590-88 выбираем стандартный прокат  $\varnothing 35$  мм. На чертеже прутки обозначаются как:

$$\text{Круг} \frac{35 \text{ ГОСТ } 2590-88}{\text{Сталь } 45 \text{ ГОСТ } 1050-88}$$

Сталь горячекатаная, круглая, прокат  $\varnothing 35$  мм, с обычной точностью прокатки В, по ГОСТ 2590-88, марки Ст 45 по ГОСТ 1050-88.

В таком случае за счёт использования проката сортового в качестве заготовки, ее форма и габариты будут максимально близкими к размерам готовой детали. К тому же обеспечивается постоянство механических

свойств, которые следуют из однородной структуры сортового горячекатаного проката.

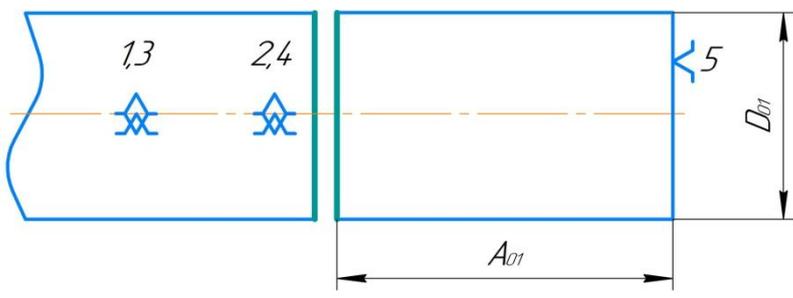
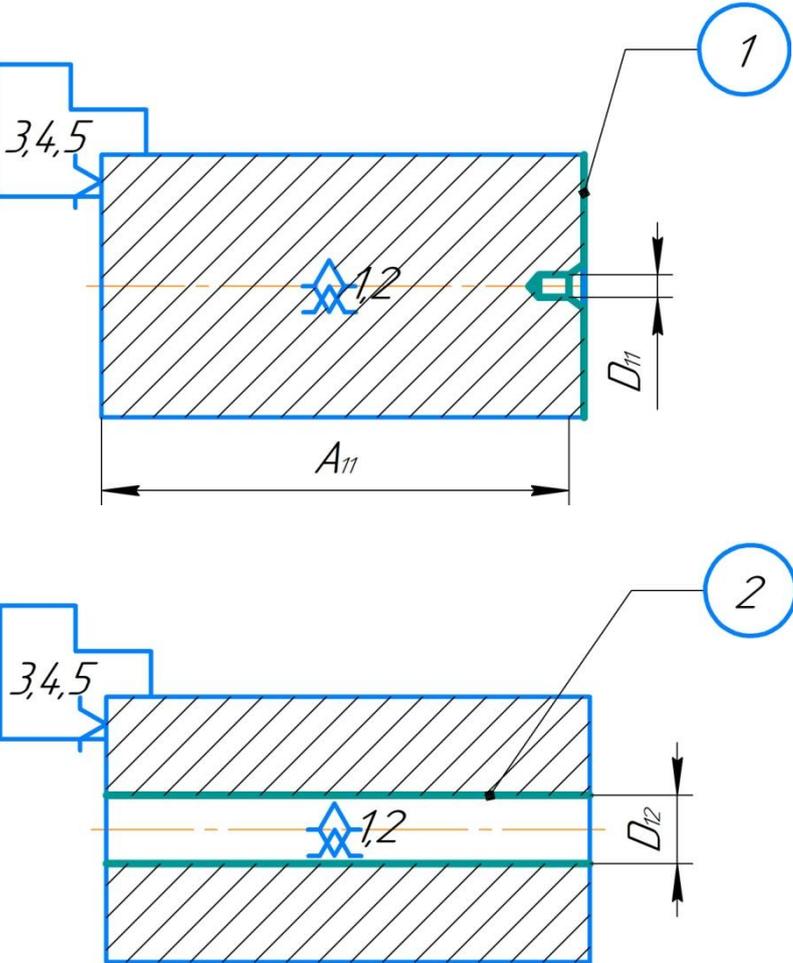
Для получения необходимой заготовки также возможно и использование штамповки из проката сортового, что позволило бы получить заготовку формы предельно близкой к форме готового изделия. Но эффективность использования такого проката сильно падает из-за мелкосерийности данного производства.

## 2.5. Составление технологического маршрута обработки детали

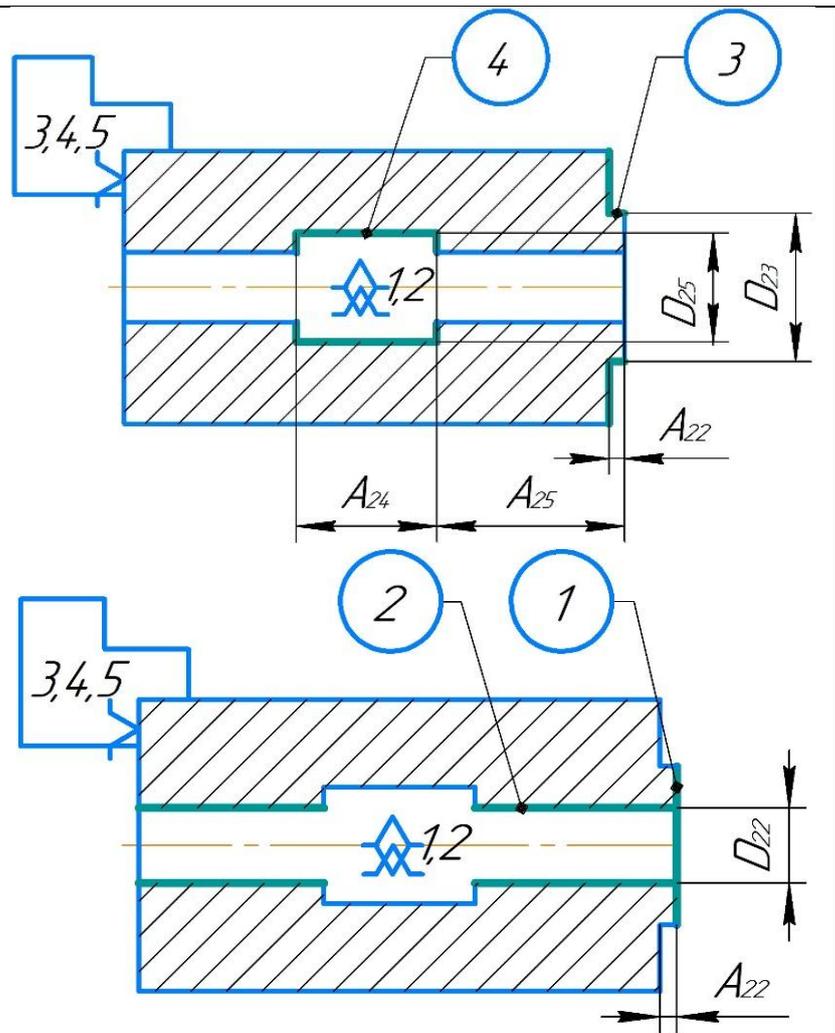
Деталь: Ролик;

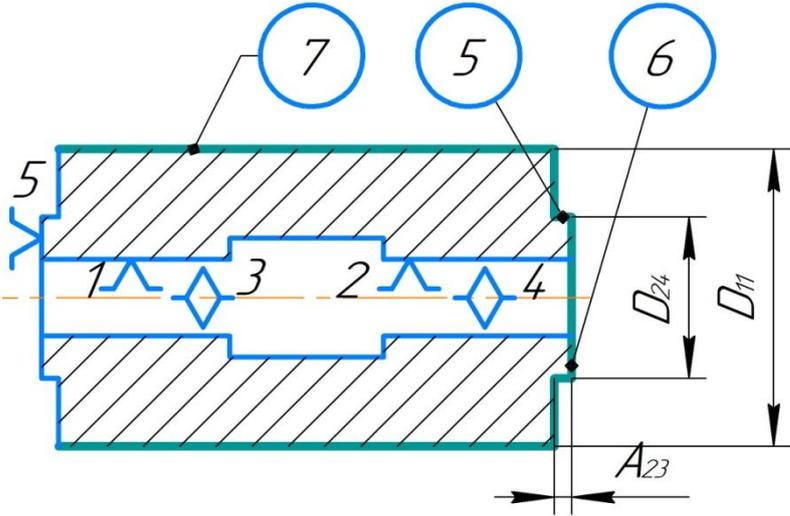
Материал: Сталь 45;

Заготовка: прокат  $\varnothing 35$ ;

005	<b>Заготовительная</b>	
010	<b>Токарная</b>	<p style="text-align: center;"><b>Установ А</b></p> <p>1. Подрезать торец 1 в размер <math>A_{11}</math> начерно.          2. Центровать заготовку в размер <math>D_{11}</math>          3. Сверлить поверхность 2 насквозь в размер <math>D_{12}</math> начерно.          4. Расточить поверхность 3 на глубину <math>A_{22}</math>, выдерживая размер <math>D_{23}</math> начерно, начисто          5. Точить канавку 4 выдерживая размеры <math>A_{24}</math>, <math>A_{25}</math> и <math>D_{25}</math>.          6. Сверлить поверхность 2 в размер <math>D_{22}</math> начисто.</p> 

7. Точить поверхность 1 в размер  $A_{22}$  начисто.  
8. Острые кромки притупить.



	<p align="center"><b>Установ Б</b></p> <p>1. Расточить поверхность 5 на глубину <math>A_{23}</math>, выдерживая размер <math>D_{24}</math> начерно, начисто</p> <p>2. Точить поверхность 6 в размер <math>A_{23}</math> начисто.</p> <p>3. Точить поверхность 7 в размер <math>D_{11}</math> начерно, начисто.</p> <p>4. Острые кромки притупить.</p>	<p align="center"><b>Установ Б</b></p>  <p>The drawing shows a cross-section of a shaft with several features: <ul style="list-style-type: none"> <li>Surface 5: The outer cylindrical surface of the top section.</li> <li>Surface 6: The outer cylindrical surface of the bottom section.</li> <li>Surface 7: The top cylindrical surface of the central section.</li> <li>Surface 1: A chamfered edge on the left.</li> <li>Surface 2: A chamfered edge on the right.</li> <li>Surface 3: A diamond-shaped grinding mark on the top surface of the central section.</li> <li>Surface 4: A diamond-shaped grinding mark on the bottom surface of the central section.</li> </ul> Dimensions: <ul style="list-style-type: none"> <li><math>A_{23}</math>: Axial length of the top section.</li> <li><math>D_{24}</math>: Diameter of the top section.</li> <li><math>D_{11}</math>: Diameter of the central section.</li> </ul> </p>
015	<b>Контрольно-измерительная</b>	
	<p><i>Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80;</i></p> <p><i>Микрометр МК50-1 ГОСТ 6507-18;</i></p> <p><i>Штангенглубиномер ШГ-160 ГОСТ 162-80;</i></p> <p><i>Нутромер НИ-18-50 ГОСТ 7470-78;</i></p>	

## 2.6. расчёт минимальных припусков на обработку размера 15h8

Формула для определения минимального припуска на обработку поверхности вращения имеет следующий вид [12]:

$$2Z_{i \min} = (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}), \quad (14)$$

где

$Rz$  – шероховатость поверхности, мкм

$h$  – величина дефектного слоя поверхности, мкм

$\rho$  – точность геометрической формы, мкм

$\varepsilon$  – погрешность закрепления заготовки, мкм

В соответствии с заданием, необходимо рассчитать припуски на обработку и промежуточные предельные размеры для диаметрального размера 15H8(+0,027). Данные внесем в таблицу 2.

Таблица 2

Технологические переходы обработки поверхности 15H8(+0,027)	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_{\min}$	Допуск $TZ_i$ , мкм	Технологический размер, мм		Предельные значения припуска на сторону, мкм	
	Rz	h	$\rho$	$\varepsilon$			-	-	$D_{\min}$	$D_{\max}$
Заготовка	640	400	500	-	-	1000	13,08	14,08	-	-
Черновой	80	50	16	80	2x840	43	14,76	14,803	840	883
Чистовой	15	25	16	80	2x120	27	15	15,027	120	147

Параметры Rz и h назначим, используя приложение 2 [12, страница 72]. Допуски на припуски назначим, используя таблицу 2.1 [12, страница 17]

Найдем  $Z_{i \max}$  по формуле:

$$Z_{i \max} = Z_{i \min} + TZ_i \quad (15)$$

Для черногового перехода:

$$Z_{\max} = 840 + 43 = 883 \text{ мкм} \quad (16)$$

Для чистового:

$$Z_{\max} = 120 + 27 = 147 \text{ мкм} \quad (17)$$

При расчете на черновой переход величина может отличаться. Ее получим в результате размерного анализа.

### 2.6.1. РАСЧЁТ ПРИПУСКА НА ЧИСТОВОЙ ПЕРЕХОД

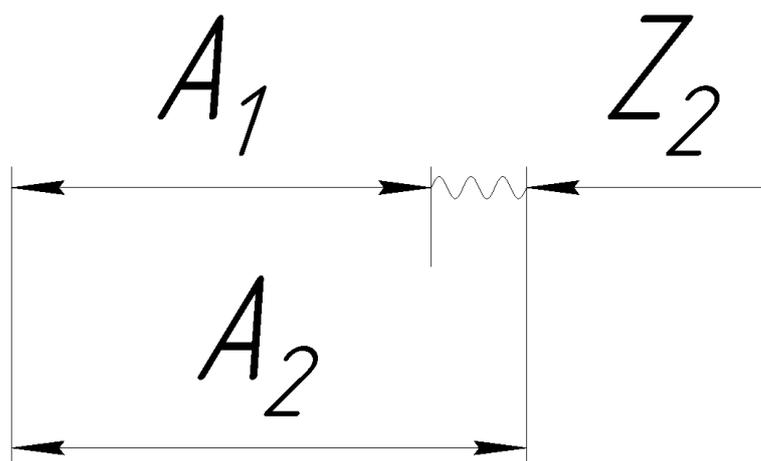


Рисунок 17 - Размерная схема для припуска на чистовой переход  $A_2 = 7,5^{+0,0135}$ , в виду того, что данный размер совпадает с конструкторским.

Минимальная величина припуска:  $Z_2 = 120$  мкм,  $TZ_2 = 27$  мкм.

Примем замыкающее звено  $Z_2$  уменьшающим, тогда интересующее звено  $A_1$  будет уменьшающим.

Найдем номинальное значение размера  $A_1$ :

$$A_1 = A_2 - Z_2 = 7,5 - 0,12 = 7,38 \text{ мм} \quad (18)$$

Найдем верхнее отклонение размера  $A_1$ :

$$esA_1 = eiZ_2 - eiA_2 = 0 - 0 = 0 \text{ мкм} \quad (19)$$

Найдем нижнее отклонение размера  $A_1$ :

$$eiA_1 = esZ_2 - esA_2 = 27 - 0 = 27 \text{ мкм} \quad (20)$$

$$A_1 = 7,38_{-0,027}^0$$

Теперь необходимо произвести проверочные действия. Из наибольшего предельного размера, пришедшего на обработку, необходимо вычесть наименьший предельный размер, значение которого получается на данном переходе. Величина наибольшего припуска и находится из результата этих действий.

$$\begin{aligned} Z_{max} &= \sum A_{увел.max} - \sum A_{ум. min} = (A_2 + es_2) - (A_1 - ei_1) \\ &= 7,5 + 0 - 7,38 + 0,027 = 0,147 \text{ мм} = 147 \text{ мкм} \end{aligned} \quad (21)$$

Наибольшее значение припуска на данной операции – 147 мкм.

$$\begin{aligned} Z_{min} &= \sum A_{увел.min} - \sum A_{ум. max} = (A_2 - ei_2) - (A_1 + es_1) \\ &= 7,5 - 0 - 7,38 - 0 = 0,12 \text{ мм} = 120 \text{ мкм} \end{aligned} \quad (22)$$

Наименьшее значение припуска на данной операции – 120 мкм.

Значения сошлись.

### 2.6.2. РАСЧЁТ ПРИПУСКА НА ЧЕРНОВОЙ ПЕРЕХОД

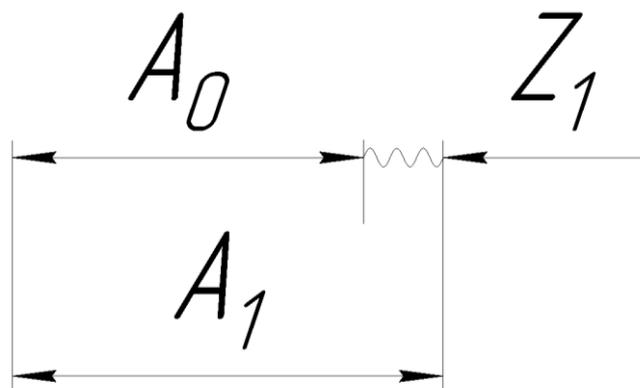


Рисунок 18 - Размерная схема для припуска на черновой переход

$$A_1 = 7,38_{-0,027}^{+0}$$

Так как это первый припуск и допуск на размер  $A_0$ , полученный в ходе предыдущей операции, известен, а также посчитаны размеры на последующие припуски для чистовых операций, проведем расчет припуска на черновую операцию.

$$A_0 = 6,54^{+1}$$

Определим номинальное значение припуска  $Z_1$ :

$$Z_1 = A_1 - A_0 = 7,38 - 6,54 = 0,84 \text{ мм} \quad (23)$$

Найдем верхнее отклонение размера  $Z_1$ :

$$esZ_1 = esA_1 - eiA_0 = 0 - 0 = 0 \text{ мкм} \quad (24)$$

Найдем нижнее отклонение размера  $Z_1$ :

$$eiZ_1 = eiA_1 - esA_0 = -27 - 1000 = -1027 \text{ мкм} \quad (25)$$

$$Z_1 = 0,84_{-1,027}^{+0}$$

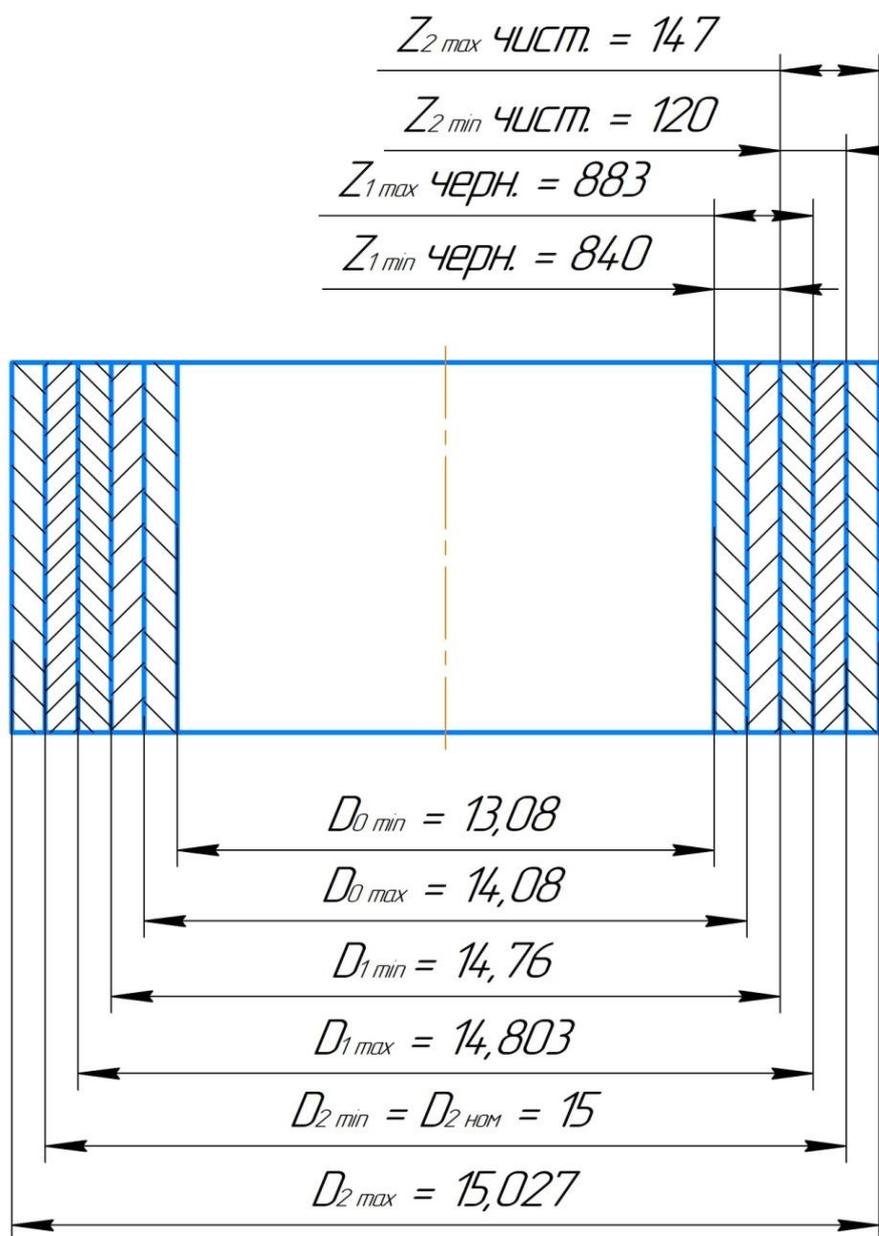


Рисунок 19 - Схема расположения припусков на обработку

## 2.7. Выбор режущего инструмента и расчет режимов резания

Рассчитаем режимы резания для операции 010 маршрутного листа. В ходе данной операции производится обработка внутренней поверхности диаметром 15Н8. Выполняется 1 черновой проход и 1 чистовой. Выбор инструмента произведем на сайте Sandvik Coromant [14] в соответствующем разделе по полученным режимам резания.

### 2.7.1. ЧЕРНОВОЙ ПРОХОД

Инструмент:

Sandvik coromant VBMT 11 03 12-PF 4325 и TR-VB1312-F 4325

Растачивать поверхность диаметром 13,08 до диаметра 14,76.

Растачиваем за 1 проход.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_V K_V}{T^m t^x S^y} \quad (26)$$

Где  $t$  - глубина резания = 0.84 мм.

$S=0,7$  мм/об [17, страница 267]

$T$  - Стойкость инструмента = 15 мин.

$$C_V = 340, m = 0,2, x = 0,15, y = 0,45$$

$$K_V = 1,5 [17, страница 269]$$

Таким образом, получаем:

$$V = \frac{C_V K_V}{T^m t^x S^y} = 364 \frac{\text{мм}}{\text{мин}} \quad (27)$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi d_{\text{ЗАГ}}} = \frac{1000 \cdot 364}{3,14 \cdot 13,08} = 8862 \frac{\text{об}}{\text{мин}} \quad (28)$$

Сила резания:

$$P_Z = 10C_p t^x S^y V^n K_p = 1114 \text{ Н} \quad (29)$$

Где

$$K_p = K_{\text{мр}} K_{\varphi\text{р}} K_{\gamma\text{р}} K_{\lambda\text{р}} = 1,13 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 = 1,3 \quad (30)$$

$$C_p = 300$$

$$x = 1$$

$$y = 0,75$$

$$n = -0,15$$

[17, страница 271] –коэффициенты, учитывающие параметры инструментов по табл.23 [17, страница 275].

$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{n_V} = \left(\frac{850}{750}\right)^1 = 1,13$  – коэффициент, учитывающий качество материала, по табл. 9 [17, страница 264]

Мощность резания:

$$N_{\text{РЕЗ}} = \frac{P_Z V}{1020 \cdot 60} = \frac{1114 \cdot 364}{1020 \cdot 60} = 6,6 \text{ кВт} \quad (31)$$

Требуемая мощность привода:

$$N = \frac{N_{\text{РЕЗ}}}{\eta} = \frac{6,6}{0,85} = 7,8 \text{ кВт} \quad (32)$$

### 2.7.2. ЧИСТОВОЙ ПРОХОД

Растачивать поверхность диаметром 14,76 до диаметра 15. Растачивать за 1 проход.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_V K_V}{T^m t^x S^y} = 714 \frac{\text{мм}}{\text{мин}} \quad (33)$$

Глубина резания  $t=0,12$  мм.  $S=0,3$  мм/об [17, страница 267]

Стойкость инструмента  $T=15$  мин.

$$C_V = 340, m = 0,2, x = 0,15, y = 0,45$$

$$K_V = 1,5 \text{ [17, страница 269]}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi d_{3AG}} = \frac{1000 \cdot 714}{3,14 \cdot 14,76} = 15405 \frac{\text{об}}{\text{мин}} \quad (34)$$

Сила резания:

$$P_Z = 10C_p t^x S^y V^n K_p = 69 \text{ Н} \quad (35)$$

$$K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} = 1,13 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 = 1,3 \quad (36)$$

$$C_p = 300$$

$$x = 1$$

$$y = 0,75$$

$$n = -0,15$$

[17, страница 271] – коэффициенты, учитывающие параметры инструментов по табл.23 [17, страница 275].

$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{n_V} = \left(\frac{850}{750}\right)^1 = 1,13$  – коэффициент, учитывающий качество материала, по табл. 9 [17, страница 264].

Мощность резания:

$$N_{PEZ} = \frac{P_Z V}{1020 \cdot 60} = \frac{69 \cdot 714}{1020 \cdot 60} = 0,8 \text{ кВт} \quad (37)$$

Требуемая мощность привода:

$$N = \frac{N_{PEZ}}{\eta} = \frac{0,8}{0,85} = 0,9 \text{ кВт} \quad (38)$$

Таблица 3 – режимы резания

Проход	Скорость резания V, м/мин	Глубина резания t, мм	Частота вращения шпинделя n, об/мин	Подача S, мм/об
Черновой	364	0,84	8862	0,7
Чистовой	714	0,12	15405	0,3

## 2.8.Выбор оборудования

Учитывая требуемую мощность и диаметр обрабатываемой заготовки, делаем выбор в пользу станка универсального, токарно-винторезного, 16К20.

Ниже представлены технические характеристики выбранного оборудования:

Таблица 4

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над станиной, мм	400
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над суппортом, мм	220
Шаг нарезаемой метрической резьбы, мм	20
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм	1000
Частота вращения шпинделя, об/мин	0 – 2500
Число ступеней вращения шпинделя	23
Наибольшее перемещение суппорта, продольное, мм	900
Наибольшее перемещение суппорта, поперечное, мм	250
Подача суппорта продольная, мм/об	0,05 – 2,8 мм/об
Подача суппорта поперечная, мм/об	0,025 – 1,4 мм/об
Число ступеней подач, продольные и поперечные	42
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	11

## 2.9. Нормирование технологических переходов и операций

### 2.9.1. ВРЕМЯ РАБОЧИХ ХОДОВ

$$T_{\text{РХ}} = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{n_i S_i} i = \frac{32}{8862 \cdot 0,7} + \frac{32}{15405 \cdot 0,3} = 0,012 \text{ мин} \quad (39)$$

### 2.9.2. РАСЧЁТ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Величина партии деталей – 100 штук.

Вспомогательное время на установку и снятие детали -  $t_y = 0,16$  мин.

(4, с. 131)

Определение времени, требующегося на холостые ходы и смену инструмента:

$$T_{\text{ХХ}} = \sum \frac{L_{\text{ХХ}i}}{S_{\text{ХХ}i}} + T_{\text{СМ.ИН.}} \quad (40)$$

где:

$T_{\text{ХХ}}$  – время на холостые перемещения, мин;

$L_{\text{ХХ}i}$  – путь, пройденный  $i$ -м инструментом, на холостом ходу;

$S_{\text{ХХ}i}$  – скорость холостых ходов, мм/об;

$T_{\text{СМ.ИН.}}$  – время смены инструмента, мин,  $T_{\text{СМ.ИН.}} = 0,17$  мин

$$T_{\text{ХХ}} = \sum \frac{L_{\text{ХХ}i}}{S_{\text{ХХ}i}} + T_{\text{СМ.ИН.}} = \frac{32 \cdot 3}{1000} + 0,05 = 0,19 \text{ мин} \quad (41)$$

Время на контрольные измерения:

$$t_{\text{ИЗМ}} = 0,19 \cdot 3 = 0,57 \text{ мин} \quad (43)$$

Время на установку заготовки:

$$t_{\text{УСТ}} = 0,5 \text{ мин}$$

$$T_{\text{ВСП}} = t_{\text{УСТ}} + t_{\text{ИЗМ}} = 0,5 + 0,57 = 1,07 \text{ мин} \quad (44)$$

Штучное время рассчитаем по формуле:

$$T_{\text{ШТ}} = (T_{\text{РХ}} + T_{\text{ХХ}} + T_{\text{ВСП}}) \cdot \left(1 + \frac{k}{20}\right) = (0,012 + 0,19 + 1,07) \cdot 1,25 = 1,59 \text{ мин} \quad (45)$$

### 2.9.3. РАСЧЁТ УСИЛИЯ ЗАЖИМА ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Для процесса обработки заготовки было решено выбрать патрон самоцентрирующийся, трёхкулачковый. Базирование заготовки производится

с упором в торец, из чего следуют, что необходимо найти силу, которую необходимо приложить с целью предотвращения люфта заготовки на один кулачок в приспособлении.

$$Q = \frac{KM}{3fR} = \frac{1,95 * 7,1}{3 * 0,25 * 0,0175} = 1054\text{Н} \quad (46)$$

$K$  – коэффициент запаса,

$M$  – крутящий момент,

$R$  – радиус заготовки

$f$  – коэффициент трения заготовки о поверхность кулачков.

$$M = \frac{N_{\text{РЕЗ}} \cdot 10^3 \cdot 60}{2\pi n} = \frac{6,6 \cdot 10^3 \cdot 60}{2\pi \cdot 8862} = 7,1 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \quad (47)$$

$N_{\text{РЕЗ}}$  – мощность резания для черновой операции, кВт,

$n$  – частота вращения заготовки, об/мин.

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 = 1,95$$

$K_0 = 1,5$  – гарантированный коэффициент для всех случаев,

$K_1 = 1$  – коэффициент, учитывающий состояние поверхности,

$K_2 = 1$  – коэффициент, учитывающий затупление инструмента в процессе работы на черновой операции,

$K_3 = 1$  – коэффициент, учитывающий увеличение силы при прерывистом резании,

$K_4 = 1,3$  – коэффициент, учитывающий постоянство силы зажима при ручном зажиме и удобном расположении рукояток,

$K_5 = 1$  – коэффициент, учитывающийся при наличии крутящих моментов, с ограниченной поверхностью контакта заготовки.

### **Заключение по разделу**

В результате выполнения данной части был разработан технологический процесс изготовления детали типа «Ролик». В ходе разработки были проведены такие действия, как оценка технологичности детали и выбор заготовки для её создания, проектирование маршрута обработки при условии, что, тип производства мелкосерийный. Также был произведён расчёт припусков на механическую обработку для диаметрального размера, выбрано необходимое оборудование, в соответствии с режимами резания, для операции 010, выполнено нормирование технологических переходов. Следовательно, были приобретены необходимые технологические навыки и знания.

Выполненный единичный технологический процесс разрабатывался в учебных целях для приобретения навыков и умений в применении знаний по дисциплине «Технология автоматизированного производства» и другим общетехническим дисциплинам путем самостоятельного решения конкретных технологических задач при проектировании технологического процесса.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4А7В	Саденову Вадиму Руслановичу

<b>Школа</b>	Инженерная школа новых производственных технологий	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	Отделение материаловедения
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.01 «Машиностроение»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет проекта – не более 444799руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 91780 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 4 баллов из 5
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30,2%

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

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентных технических решений; SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Структура работ; Определение трудоёмкости
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности

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

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	19.02.2021
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Маланина Вероника Анатольевна	к.э.н.		19.02.2021

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4А7В	Саденов Вадим Русланович		19.02.2021

## **Введение**

Оценка перспективности развития, а также планирование финансовой и коммерческой ценности конечного продукта являются основополагающей целью данного раздела. 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.

Задачи, требующие рассмотрения в данном разделе:

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

Целью данной ВКР является проектирование конструкции малогабаритного фрезерного станка с ЧПУ. Исследуемым методом является метод конструирования, который реализуется в программном продукте «КОМПАС – 3D».

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

#### *3.1.1. Анализ конкурентных технических решений*

В процессе разработки конструкции рассматривалось 2:

Вариант 1 – Станок «Optimum» BF20 CNC;

Вариант 2 – Станок «MetalMaster» MML 2550M;

Вариант 3 – Данный 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 5 – 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
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
Масса	0.09	3	3	4	0.27	0.27	0.36
Частота вращения шпинделя	0.15	4	2	4	0.6	0.3	0.6
Наличие ЧПУ	0.12	5	1	5	0.6	0.12	0.6
Простота конструкции и ремонтпригодность	0.14	4	4	3	0.56	0.56	0.42
Конструкция рабочего стола	0.19	3	3	5	0.57	0.57	0.95
Безопасность	0.11	4	4	4	0.44	0.44	0.44
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
Цена	0.13	2	3	2	0.26	0.39	0.26
Предполагаемый срок эксплуатации	0.07	3	3	4	0.21	0.21	0.28
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>28</b>	<b>25</b>	<b>31</b>	<b>3.51</b>	<b>2.86</b>	<b>3.91</b>

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

$$K = \sum V_i * B_i, \text{ где} \quad (48)$$

$K$  – 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.

### 3.1.2. SWOT-анализ

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

Таблица 6 - SWOT – анализ

	<b>Strengths (сильные стороны)</b>	<b>Weaknesses (слабые стороны)</b>
	<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>
<p><b>Opportunities (возможности)</b></p> <p>O1. Расширение рынка сбыта.</p> <p>O2. Возможность использовать более дешевые компоненты.</p> <p>O3. Отсутствие конкурентноспособных моделей на рынке.</p> <p>O4. Сотрудничество с новыми компаниями.</p>	<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>
<p><b>Threats (угрозы)</b></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>T3S5- снизить сроки изготовления за счет простоты компонентов</p>	<p>T1W1 – заинтересовать компании уникальностью продукта</p> <p>T1T3W4 – использовать рекламу и маркетинговые предложения</p>

Таблица 7 - Связь сильных сторон с возможностями

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

Таблица 8 - Связь слабых сторон с возможностями

	W1	W2	W3	W4
O1	-	-	-	+
O2	-	+	-	-
O3	-	-	-	-
O4	-	-	-	+

Таблица 9 - Связь сильных сторон с угрозами

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

Таблица 10 - Связь слабых сторон с угрозами

	W1	W2	W3	W4
T1	+	-	-	+
T2	-	-	-	-
T3	-	-	-	+

## 3.2. Планирование научно-исследовательских работ

### 3.2.1. 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 11 - 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, по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

### 3.2.2. 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:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \text{ где} \quad (49)$$

$t_{\min i}$  - минимально возможное время выполнения поставленной задачи исполнителем (является оптимистичной оценкой: при удачном стечении обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  - 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  $T_p$ :

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \text{ где} \quad (50)$$

Где  $Ч_i$  – 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:

$$T_{ki.рук} = T_{pi} * k_{кал}, \text{ где} \quad (51)$$

$$T_{ki.инж} = T_{pi} * k_{кал}, \text{ где} \quad (52)$$

где  $k_{кал}$  – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.рук} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \text{ где} \quad (53)$$

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \text{ где} \quad (54)$$

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

$T_{вых}$  – 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»:

$$t_{ожі} = \frac{3 * t_{min i} * 2 * t_{max i}}{5} \text{ [чел.-дн.]}, \quad (55)$$

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} \quad (56)$$

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

$$k_{кал.констр} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{366}{365 - 104 - 26} = 1,55 \quad (57)$$

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

$$T_{ki.констр} = T_{pi} * k_{кал} \text{ [кал. дн]} \quad (58)$$

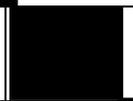
Все полученные значения в календарных днях округляются до целого числа, а затем сводятся в таблицу 12.

Таблица 12 - Временные показатели проектирования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$		Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$	
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ож}$ , чел-дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Составление и утверждение технического задания	6		10		7.6		7.612			
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 13).

Таблица 13 – 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  
 - инженер.

Таблица 14 – 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.

### **3.3. 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.

#### *3.3.1. 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 11.

Таблица 15 - 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	3	6040	18120
Направляющая TRS-VN20mm	3	3395	10185
Каретка TRSVN20mm	8	2004	16032
Каретка TRSVN45mm	4	3618	14472
Крепеж	1	5789	5789
Детали, изготовленные на заказ	1	25000	25000
Виброопора ОВ-70	4	1489	5956
Двигатель Nema 23 Stepper Motor	6	3684	22104
Шпиндельный узел	1	6720	6720
Электронные компоненты для ЧПУ	1	37000	37000
<b>Итого</b>		229678	

### *3.3.2. 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 16 - 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	6	7	3864	22104
3	Направляющая TRSVN20mm	3	12	3395	10185
4	Виброопора OB-70	4	10	1489	5956

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации:

$$H_A = \frac{1}{n}, \text{ где} \quad (59)$$

$n$  – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация:

$$A = \frac{H_A * И}{12} * m, \text{ где} \quad (60)$$

$И$  – итоговая сумма, тыс. руб.;

$m$  – время использования, мес.

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

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{10} = 0.1; \quad (61)$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

Электронные компоненты:

$$A = \frac{0,1 * 37000}{12} * 4 = 1233,3 \text{ руб.} \quad (62)$$

Двигатель:

$$A = \frac{0,4 * 22104}{12} * 4 = 2947,2 \text{ руб.} \quad (63)$$

Направляющая:

$$A = \frac{0,08 * 10185}{12} * 4 = 271,6 \text{ руб.} \quad (64)$$

Виброопора:

$$A = \frac{0,1 * 5956}{12} * 4 = 198,5 \text{ руб.} \quad (65)$$

Суммарные затраты амортизационных отчислений:

$$\begin{aligned} A &= 1233,3 + 2947,2 + 271,6 + 198,5 \\ &= 4650,6 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (66)$$

### 3.3.3. 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  $Z_{\text{осн}}$  одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} * T_p, \text{ где} \quad (67)$$

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

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

(табл. 8).

Должностной оклад работника за месяц:

Для руководителя:

$$\begin{aligned} Z_m &= Z_{\text{тс}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_d) * k_p \\ &= 26300 * (1 + 0,3 + 0,2) * 1,3 = \\ &= 51285 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (68)$$

Для инженера:

$$\begin{aligned} Z_m &= Z_{\text{тс}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_d) * k_p \\ &= 9200 * (1 + 0,3 + 0,2) * 1,3 = \\ &= 17940 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (69)$$

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

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

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок, принимаем 0,2;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя Руководителя):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} * M}{F_{\text{д}}} = \frac{51285 * 11,2}{271} = 2119,5 \text{ руб.} \quad (70)$$

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} * M}{F_{\text{д}}} = \frac{17940 * 11,2}{212} = 947,8 \text{ руб.} \quad (71)$$

где  $Z_{\text{м}}$  – должностной оклад работника за месяц;

$F_{\text{д}}$  – 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;

Таблица 17 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители	$Z_{\text{тс}}$ , руб	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$ , руб	$Z_{\text{дн}}$ , руб	$T_{\text{р}}$ , раб.дн.	$Z_{\text{осн}}$ , руб
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2119,5	12	25434
Инженер	9200	0,3	0,2	1,3	17940	947,8	70	66346
<b>Итого</b>								91780

#### 3.3.4. Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

Для руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}} = 0,12 * 25434 = 3052 \text{ руб.} \quad (72)$$

Для конструктора:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}} = 0,12 * 66346 = 7961,5 \text{ руб.} \quad (73)$$

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

#### 4.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

Для руководителя:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,302 * (25434 + 3052) \quad (74)$$

$$= 8602.8 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (75)$$

$$= 0,302 * (66346 + 7961,5)$$

$$= 22440.9 \text{ руб.}$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование).

Общая ставка взносов составляет в 2021 году – 30,2% (ст. 425, 426 НК РФ)

### 3.3.6. Накладные расходы

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

Накладные расходы в целом:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) * k_{\text{нр}} \quad (76)$$

$$= (4650,6 + 229678 + 91780 + 11013,5$$

$$+ 31043,7) * 0,2 = 76633,16 \text{ руб.}$$

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

### 3.3.7. Формирование бюджета затрат НИР

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется бюджет НИ (название темы) по форме, приведенной в таблице 14.

Таблица 18 - 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
4650,6	229678	91780	11013,5	31043,7	368165,8	76633,16	444799

### **3.4.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. Фрезерный станок «Optimum» BF20 CNC - настольный фрезерный станок с ЧПУ для обработки небольших деталей в приборостроительной промышленности и мастерских. Предназначен для обработки деталей из стали, чугуна и цветных сплавов. Управление по трем (3X фрезерование) или четырем (4X фрезерование) осям одновременно. Бесконтактные индуктивные датчики конечного положения. Шаговые двигатели с высоким крутящим моментом по всем трем осям.

2. Станок «MetalMaster» MML 2550M - настольный токарно-фрезерный станок MetalMaster MML 2550M. Это оборудование для обработки металла потребляет минимальное количество электрической энергии, отличается низкой шумностью, а также лёгкостью в транспортировке (станок обладает небольшим весом). Имеется цифровой индикатор оборотов шпинделя. Специальная система индикации положения инструмента. Возможность выбрать ход пиноли с заданной точностью до сотых долей миллиметра. Надёжная высокопрочная станина станка выполнена из виброустойчивого материала. Перемещение фрезерной головки выполняется посредством рукоятки. Фиксация головки в требуемом положении производится винтовыми стопорами.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (77)$$

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

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

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{444799}{465\ 628} = 0.95 \quad (78)$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{465\ 628}{465\ 628} = 1 \quad (79)$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{274950}{465\ 628} = 0.6 \quad (80)$$

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

#### 3.4.1. Интегральный показатель ресурсоэффективности

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

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i, \quad (81)$$

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 15

Таблица 19 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки	Бальная оценка станка «Optimum» BF20 CNC	Бальная оценка станка «MetalMaster» MML 2550M
1.Безопасность при использовании станка	0,4	4	4	5
2.Энергосбережение	0,1	4	2	3
3.Технические характеристики	0,2	5	4	3
4.Рекомендуемое время непрерывной работы	0,2	4	3	3
5.Простота сборки/изготовления	0,1	3	3	3
Итог	1	4,1	3.5	3.8

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,4 * 4 + 0,1 * 4 + 0,2 * 5 + 0,2 * 4 + 0,1 * 3 \quad (82)$$

$$= 4,1$$

$$I_{p2} = 0,4 * 4 + 0,1 * 2 + 0,2 * 4 + 0,2 * 3 + 0,2 * 3 \quad (83)$$

$$= 3,5$$

$$I_{p3} = 0,4 * 5 + 0,1 * 3 + 0,2 * 3 + 0,2 * 3 + 0,2 * 3 \quad (84)$$

$$= 3,8$$

*3.4.2. Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки*

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

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{pi}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}} \quad (85)$$

Подставляем необходимые значения в формулу и получаем следующие показатели:

$$I_{\text{исп.}1} = \frac{4.1}{0.95} = 4.6 \quad (86)$$

$$I_{\text{исп.}2} = \frac{3.5}{1} = 3.5 \quad (81)$$

$$I_{\text{исп.}3} = \frac{3.8}{0.6} = 6.3 \quad (88)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных (табл. 16). Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ ):

$$\mathcal{E}_{\text{ср.}i} = \frac{I_{\text{исп.}i}}{I_{\text{исп.}1}} \quad (89)$$

Подставляем необходимые значения в формулу и получаем следующие показатели:

$$\mathcal{E}_{\text{ср.}1} = \frac{4.6}{4.6} = 1 \quad (90)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср.}2} = \frac{3.5}{4.6} = 0.76 \quad (91)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср.}3} = \frac{6.3}{4.6} = 1.4 \quad (92)$$

Таблица 20 - Сводная таблица показателей оценки ресурсоэффективности

<b>№ п/п</b>	<b>Показатели</b>	<b>Исп.1</b>	<b>Исп.2</b>	<b>Исп.3</b>
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0.95	1	0.6
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4.1	3.5	3.8
3	Интегральный показатель эффективности	4.6	3.5	6.3
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0.76	1.4

## Заключение по разделу

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

Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 444799 руб;

По факту оценки эффективности ИР, можно сделать выводы:

Значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,95, что является не самым низким показателем в виду того, что третий аналог имеем цену значительно ниже из-за отсутствия у него ЧПУ;

Значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,1, по сравнению с 3,5 и 3,8, что является показателем того, что ИР является более ресурсоэффективным в сравнении с аналогами;

Значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 4,6, по сравнению с 3,5 и 6,3, и является наиболее высоким, при условии, что у третьего аналога имелось бы ЧПУ. Это означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА 4.«Социальная ответственность»

Студенту:

Группа	ФИО
4А7В	Саденову Вадиму Руслановичу

Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение (НОЦ)	Отделение материаловедения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 «Машиностроение»

Тема ВКР:

<b>Проектирование конструкции малогабаритного фрезерного станка</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: технологические возможности поверхностной обработки металлов Область применения: финишные операции при изготовлении детали поверхностей детали
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	- ГОСТ 7599-82 - ГОСТ 12.2.003-91 - ТК РФ Статья 100 - ГОСТ 12.2.032-78 - ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ - СН 2.2.4/2.1.8.566-96 - ГОСТ Р 55710-2013 - ТК РФ Статья 147 - ГОСТ Р 54564-2011 - ГОСТ 12.2.003-91
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<b>Вредные факторы:</b> - Неправильная освещенность рабочей зоны - Превышение уровня шума - Отклонение показателей микроклимата - Превышение уровня вибрации <b>Опасные факторы:</b> - Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	<b>Влияние на</b> -атмосферу: загрязнение газами; -гидросферу: захоронение остатков сырья; -литосферу: загрязнение мелкой стружкой
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	-Возможные ЧС: пожар, взрыв, затопление территории в следствие паводка, обрушение здания -Наиболее типичные ЧС: пожар

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	19.02.2021
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна	-		19.02.2021

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А7В	Саденов Вадим Русланович		19.02.2021

## **Введение**

В данной работе представлено проектирование малогабаритного фрезерного станка. Данный станок служит для обработки фрезерованием плоских и фасонных поверхностей, с прямыми и винтовыми образующими, зубчатых колес и пр., для обработки металлических, деревянных и другого рода заготовок. Областью применения результатов проектирования данной работы являются малый и средний бизнес из разного типа отраслей производств. Разрабатываемый станок, ввиду своих малых габаритов, можно использовать на предприятиях любого размера. Также данный станок подходит и для личного пользования в домашней мастерской или гараже, ведь данный тип фрезерного станка оптимален для ведения хобби, семейного дела или бизнеса. Уникальная конструкция стола станка, малые габариты и малое количество узлов позволят ему конкурировать с существующими аналогами фрезерных станков.

### **4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Реализация практической деятельности в сфере обеспечения безопасности жизнедеятельности невозможна без соблюдения нормативов и правил ведения соответствующих работ. Исходя из того, что проектирование малогабаритного фрезерного станка с ЧПУ производится посредством использования ЭВМ, следует необходимость в рассмотрении требований к рабочей зоне проектировщика и непосредственно самой ЭВМ.

К основным эргономическим требованиям в производственных условиях относят:

- Необходимый уровень защиты/безопасности (ГОСТ 12.2.003-91) [18]
- Необходимый уровень электробезопасности (ГОСТ 12.1.019-2017) [19]
- Допустимый уровень вибраций (СН 2.2.4/2.1.8.566-96) [20]
- Освещенность рабочего места (ГОСТ Р 55710-2013) [21]

- Рабочее место при выполнении работ сидя (ГОСТ 12.2.032-78) [22]
- Производственное оборудование (ГОСТ 12.2.003-91) [23]

Согласно Трудовому Кодексу Российской Федерации [24], работодатель обязан обеспечить нормальные условия для выполнения работниками норм выработки. К таким условиям относятся:

- исправное состояние помещений, сооружений, машин, технологической оснастки и оборудования;
- своевременное обеспечение технической и иной необходимой для работы документацией;
- надлежащее качество материалов, инструментов, иных средств и предметов, необходимых для выполнения работы, их своевременное предоставление работнику;
- условия труда, соответствующие требованиям охраны труда и безопасности производства.

В соответствии со статьёй «Статья 14 № 426-ФЗ» [25] условия труда при проектировании малогабаритного фрезерного станка по классификации класса условий – оптимальные. Воздействие неблагоприятных факторов минимально или отсутствует, а значит, и влияния на организм не происходит.

#### **4.2. Производственная безопасность**

При проектировании малогабаритного фрезерного 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 21 - Возможные опасные и вредные фактор

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015 [26])	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовлен ие	Эксплуата ция	
Превышения уровня шума на рабочем месте		+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 [27]
Превышение уровень вибрации		+	+	ГОСТ 12.1.012-90 [28]
Неправильная освещенность рабочей зоны	+	+	+	СП 52.13330.2016 [29]
Отклонение показателей микроклимата от норм	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548–96 [30]
Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. [19]

#### *4.2.1. АНАЛИЗ ВЫЯВЛЕННЫХ ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ*

Вредный производственный фактор – это фактор трудового процесса или среды, воздействие которого 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.

##### *4.2.1.1. ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ ШУМА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ*

Источником шума является оборудование во время его эксплуатации. Для изготовления деталей для малогабаритного фрезерного станка необходимо предусмотреть, чтобы уровень шума в цехе не превышал

допустимого уровня. Повышенный уровень шума приводит к быстрой утомляемости человека и является общебиологическим раздражителем

Известно, что эксплуатация фрезерного станка сопровождается повышенным уровнем шума. Но, предполагается, что шум возникающий от проектируемого станка не превышает требуемого уровня..

По ГОСТ 12.1.003-2014 [27] максимально допустимый уровень шума в цехе не должен превышать 80 дБ (широкополосный шум). Общий уровень шума измеряется в пределах 65 дБ. Данный показатель уровня шума соответствует допустимому.

Общий уровень шума измеряется в пределах 65 дБ. Данный показатель соответствует допустимому.

При разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, производственных зданий и сооружений, а также при организации рабочих мест необходимо обеспечить меры по снижению уровня шума, воздействующего на человека, до требуемого уровня, не превышающего допустимого.

Существуют следующие методы и средства коллективной защиты, которые подразделяются в зависимости от способа реализации на строительно-акустические, архитектурно-планировочные и организационно-технические и включают в себя:

- изменение направленности излучения шума;
- рациональную планировку предприятий и производственных помещений;
- применение звукоизоляции;

#### *4.2.1.2. Повышенный уровень вибрации*

##### *а) При изготовлении*

Во время процесса использования производственного оборудования, в частности во время изготовления деталей, могут возникать вибрации в виду недостаточной жёсткости станка.

По истечении достаточно длительного действия общей вибрации возникают механические повреждения тканей, а также органов человеческого организма.

В соответствии с ГОСТ 12.1.012-90 [28], амплитуда вибрации в помещении должна составлять не более  $0,0072 \cdot 10^{-3}$  м при частотах от 31,5 Гц до 63 Гц. На производстве станки работают в диапазонах близких к 60 Гц. Исходя из этого делаем вывод, что не возникает пагубное влияния на организм человека.

С целью снижения уровня вибрации до требуемого, используются методы защиты оператора от вибрации. Существуют следующие методы, такие как: правильное размещение специального оборудования устройства и оптимальные режимы работы установки. Также для снижения уровня вибрации в цехе, необходимо своевременно осуществлять ремонт оборудования и вовремя смазывать трущиеся поверхности деталей. При работе с оборудованием используются индивидуальные средства защиты: обувь с амортизирующими подошвами, рукавицы и перчатки с мягкими наладонниками.

Б) При эксплуатации;

Исходя из того, что эксплуатация проектируемого станка планируется осуществляться так же в цеху, то и мероприятия по защите оператора от вибрации используются те же, что и при изготовлении.

#### *4.2.1.3. НЕПРАВИЛЬНАЯ ОСВЕЩЁННОСТЬ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ*

В соответствии с СП 52.13330.2016 [29] неправильная освещенность рабочей зоны относится к вредным производственным факторам, который быстро утомляет человека и снижает его работоспособность. Утомляемость человека может возникать из-за чрезмерной или недостаточной освещенности, а также из-за неправильного направления света.

В дневное время достигается нормальная освещенность за счет естественного света, который проникает через окна, а в утреннее и вечернее

время нормальная освещенность достигается за счет искусственного освещения – лампами.

Освещение должно обеспечиваться непрерывное и равномерное, а также иметь правильное направление светового потока, необходимо исключать ослепляющее воздействие света.

Процесс проектирования малогабаритного фрезерного станка осуществлялся в помещении – 208 аудитории 16А корпуса Томского Политехнического Университета. В данном помещении имеются два дверных проема для освещения аудитории в дневное время суток, их общая площадь составляет  $6 \text{ м}^2$ . В утреннее и вечернее время суток для обеспечения необходимого освещения установлено 6 люминесцентных светильников с зеркальной отражающей решеткой.

Такое освещение обеспечивает безопасную рабочую зону для здоровья проектировщика и сотрудников, так как входит в допустимое значение освещенности рабочей зоны.

#### *4.2.1.4. ОТКЛОНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОКЛИМАТА ОТ НОРМ*

СанПиН 2.2.4.548–96 [30] 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.

Показателями, которыми могут быть потенциально вредными при проектировании малогабаритного фрезерного станка, являются:

1) Температура воздуха. Низкая температура вызывает охлаждение организма и может способствовать возникновению простудных заболеваний. При высокой температуре — перегрев организма, повышенное потоотделение и снижение работоспособности. Работник теряет внимание, что может привести к несчастному случаю.

2) Относительная влажность воздуха. Повышенная влажность воздуха затрудняет испарение влаги с поверхности кожи и легких, что ведет к нарушению терморегуляции организма, ухудшению состояния человека, снижению работоспособности. При пониженной влажности ( $< 20\%$ ) – сухость слизистых оболочек верхних дыхательных путей.

3) Скорость движения воздуха. Человек начинает ощущать движение воздуха при  $v \geq 0,15$  м/сек. Движение воздушного потока зависит от его температуры. При  $t < 36^\circ\text{C}$  поток оказывает на человека освежающее действие, при  $t > 40^\circ\text{C}$  неблагоприятное.

Мероприятиями, которые могут поспособствовать улучшению микроклимата при проектировании малогабаритного фрезерного станка, являются:

- Технологические – наличие возможности у сотрудников пребывать вдали от источника вредного фактора: автоматизация, механизация, введение новых технологических процессов и пр.;
- Санитарно-технологические мероприятия - кондиционирование воздуха, общеобменная вытяжная вентиляция, теплоизоляция горячих поверхностей;
- Организационные мероприятия - например, рациональное размещение оборудования, или возможность проведения перерывов;
- Гигиенические - использование индивидуальных средств защиты.

#### *4.2.1.5. ОПАСНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ УДАРА ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ*

Из-за наличия в проектируемом малогабаритном фрезерном станке электрического двигателя в процессе его эксплуатации оператор может получить удар электрическим током. Удар электрическим током может привести к летальному исходу.

В процессе использования самого фрезерного станка вероятность получения удара электрическим током очень мала, но нельзя исключать

чрезвычайные ситуации. Поэтому важно, чтобы оператор соблюдал правила электробезопасности.

С целью исключения возникновения поражения электрическим током, в соответствии с ГОСТ 12.1.019-2017 [19] рекомендуется проводить организационные мероприятия, такие как:

- произвести изолирование токоведущих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним;
- производить технический осмотр оборудования; • соблюдение условий эксплуатации, а также сборки и установки оборудования согласно конструкторской документации;
- произвести установку защитного заземления;
- оснастка помещения всеми необходимыми предписанию нормами для электробезопасности;
- проводить инструктаж по технике безопасности персоналу, работающему с оборудованием;
- обеспечение свободного прохода;
- использовать плавкие предохранители и автоматические выключатели для защиты от КЗ;
- обучение мероприятиям по работе с электрическими приборами

### **4.3. 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 малогабаритного фрезерного 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» [31]. 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.

#### **4.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

При разработке, изготовлении и эксплуатации малогабаритного фрезерного 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 [32]

В случае возникновения пожароопасной и взрывоопасной ситуации, прежде всего, необходимо вызвать пожарную команду, обеспечить полную эвакуацию людей из помещения, где возник пожар или взрыв, и принять меры по ликвидации пожара при помощи первичных средств пожаротушения. В случае неисправности малогабаритного фрезерного станка или аварии необходимо устранить неполадки самостоятельно, либо вызвать соответствующие службы.

### **Заключение по разделу**

В результате выполнения анализа вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации малогабаритного фрезерного станка, а также во время его проектирования, были выявлены характерные чрезвычайные ситуации, а также меры по их устранению.

Анализ в данной работе факторов может быть использован в реальных условиях изготовления и сборки малогабаритного фрезерного станка.

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

## **Заключение**

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был спроектирован, согласно техническому заданию, малогабаритный фрезерный 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 «Ролик». После анализа был составлен технологический маршрут обработки, 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 444799 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 и литературы

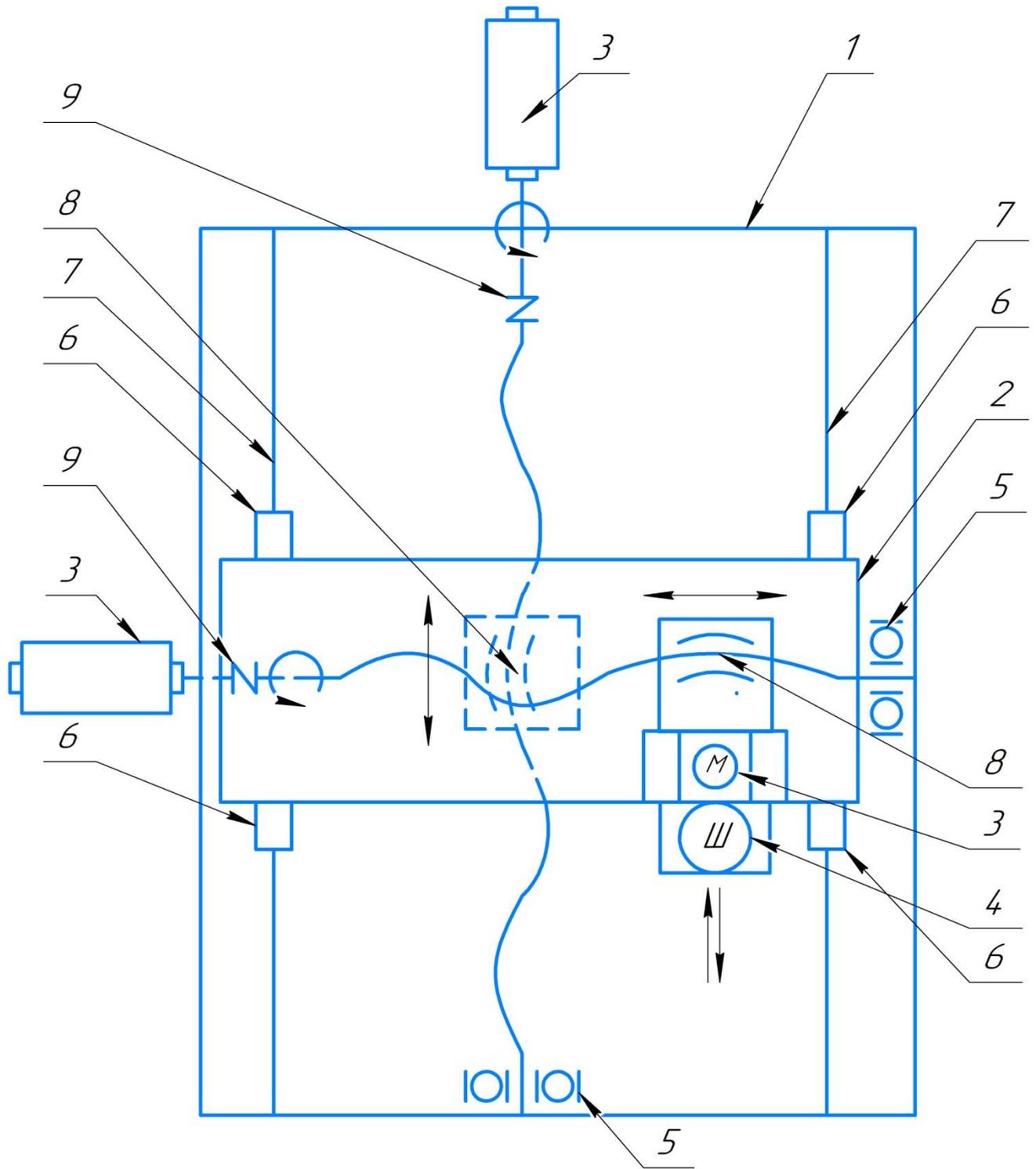
1. Основные типы фрезерных станков и их компоновка // stanok-kpo.ru URL: <https://stanok-kpo.ru/stati/64.html/> (дата обращения: 27.04.2021).
2. Ничков А.Г. «Фрезерные станки» – Москва, 1997 г. – 184 с.
3. Российские производители фрезерных станков // productcenter.ru URL: <https://productcenter.ru/producers/catalog-frieziernye-stanki/> (дата обращения: 27.04.2021).
4. X5750 SERIES MILLING MACHINE // smac.com.cn URL: <https://www.smac.com.cn/x5750-series-milling-machine-15960960064745352.html/> (дата обращения: 27.04.2021).
5. Основные узлы фрезерного станка и их назначение // cutiemay.ru URL: <https://cutiemay.ru/prodaem-krasivo/osnovnye-uzly-frezernogo-stanka-i-ih-naznachenie-osnovnye/> (дата обращения: 27.04.2021).
6. Гомельский М.В. – «Расчёт и конструирование станков». – Тольятти, 2005 г. – 85 с.
7. ГОСТ 9726-89 – Станки фрезерные вертикальные. Терминология. Основные размеры. Нормы точности и жесткости.
8. ГОСТ 831-75 – Подшипники шариковые радиально-упорные однорядные
9. Чугринов А.А. – «Шпиндельные узлы металлорежущих станков». – Северодвинск, 1998 г. – 84 с.
10. Чугринов А.А. – «Расчёт и конструирование металлорежущих станков». – Северодвинск, 2004 г. – 31 с.
11. ГОСТ 3.1119-83 - Единая система технологической документации. Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на единичные технологические процессы
12. В. Е. Авраменко, Ю. Ю. Терсков – «Расчет припусков и межпереходных размеров». – Красноярск, 2007 г. – 290 с.

- 13.Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: учебное пособие / В.Ф. Скворцов. – 2-е издание. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 91с.
- 14.Рекомендации по выбору инструмента // sandvik.coromant.com URL: <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/pages/default.aspx?toolguide.sandvik.coromant.com/> (дата обращения: 27.04.2021).
- 15.Проников А.С. «Расчет и конструирование металлорежущих станков». – Москва, 1981 г. – 479 с.
16. Пуш В.Э. «Металлорежущие станки». - Москва: Машиностроение, 1985 г. – 256 с.
17. Косилова А.Г. «Справочник технолога машиностроителя». - Москва: Машиностроение-1, 2003 г. – 912 с.
- 18.ГОСТ 12.2.003-91- Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
- 19.ГОСТ 12.1.019-2017 – Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
- 20.СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».
- 21.ГОСТ Р 55710-2013 – Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений.
- 22.ГОСТ 12.2.032-78 – Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
- 23.ГОСТ 12.2.003-91 – Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
24. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 30.04.2021)
- 25.Федеральный закон "О специальной оценке условий труда" от 28.12.2013 N 426-ФЗ (последняя редакция)
- 26.ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

- 27.ГОСТ 12.1.003-2014. «Шум. Общие требования безопасности»
- 28.ГОСТ 12.1.012 – 90 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования.
29. СП 52.13330.2016 – «Естественное и искусственное освещение».
30. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
- 31.ГОСТ 2787-75 - Лом и отходы черных металлов. Шихтовые. Классификация и технические требования.
32. ГОСТ Р 51017- 2009 – Техника пожарная. Огнетушители передвижные. Общие технические требования. Методы испытаний

## **Приложение А – Кинематическая схема**

ИШНПТ.8/162151.ПС



КОМПАС-3D v18.1 Учебная версия © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Ишв. № дудл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Ишв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Саденов В.Р.		
Пров.		Черкасов А.И.		
Т.контр.				
И.контр.				
Утв.				

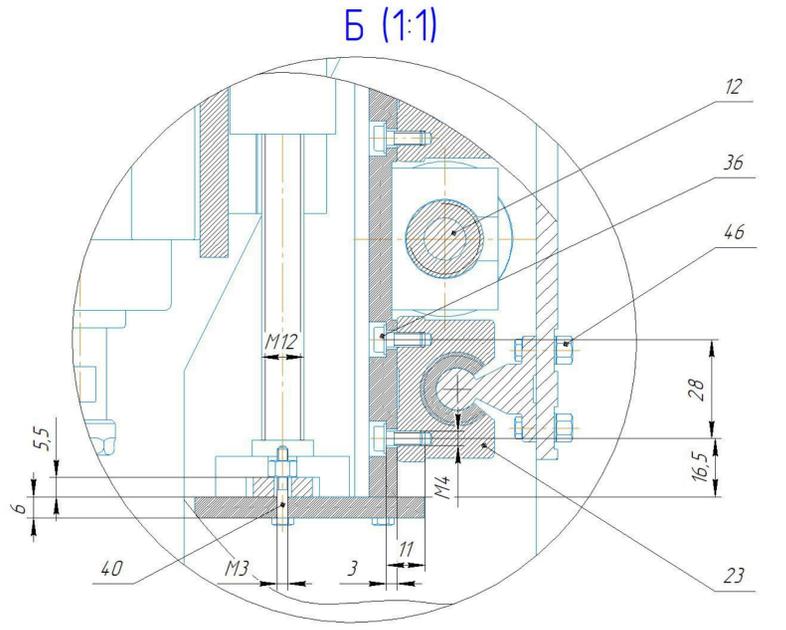
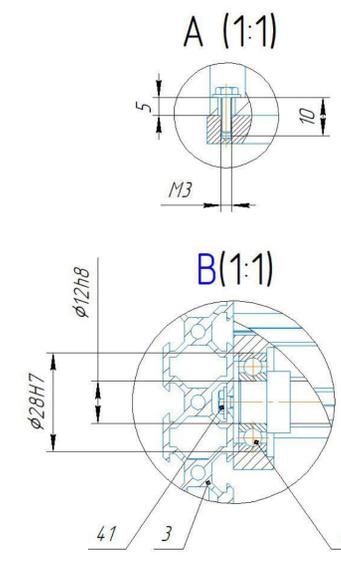
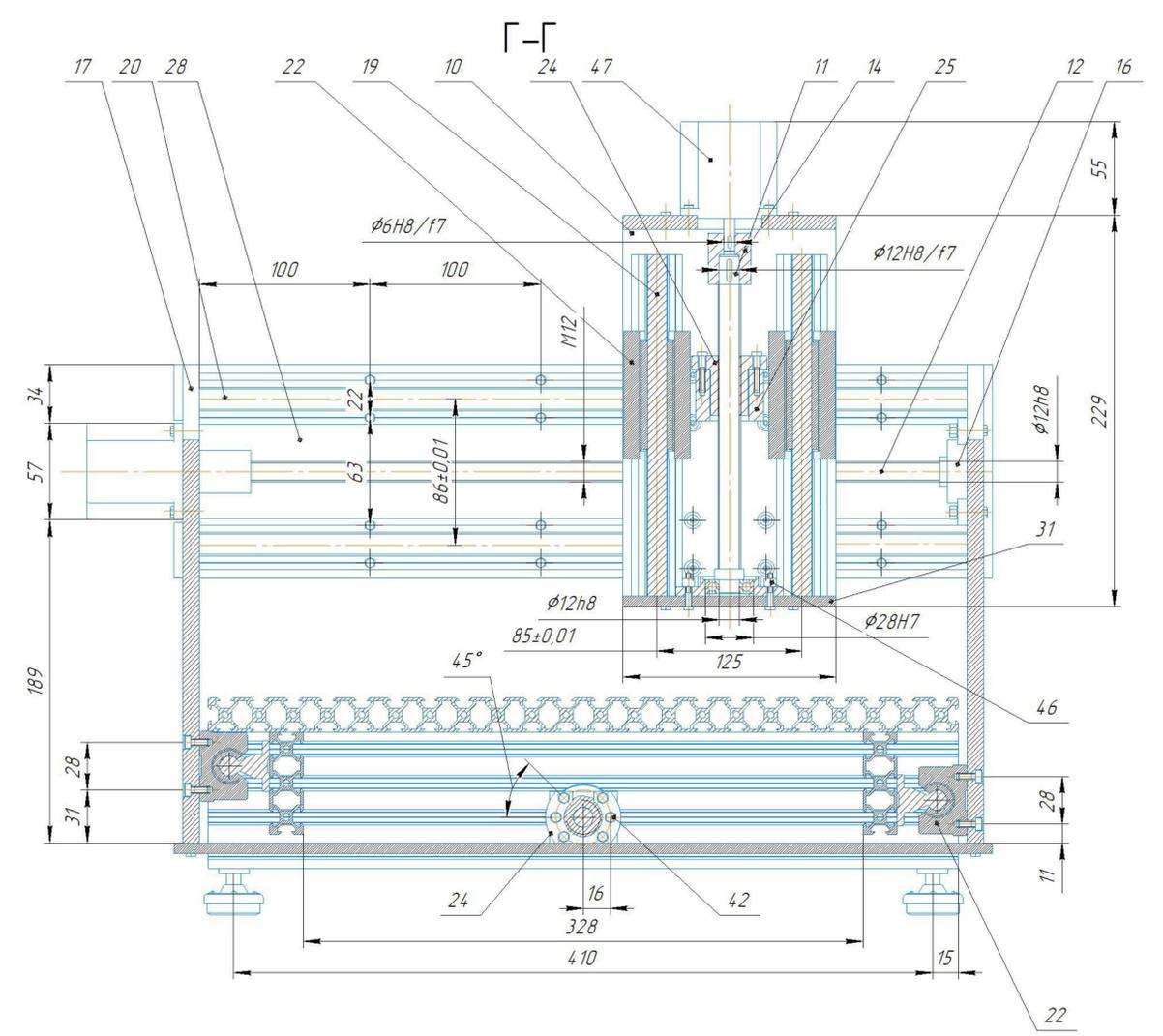
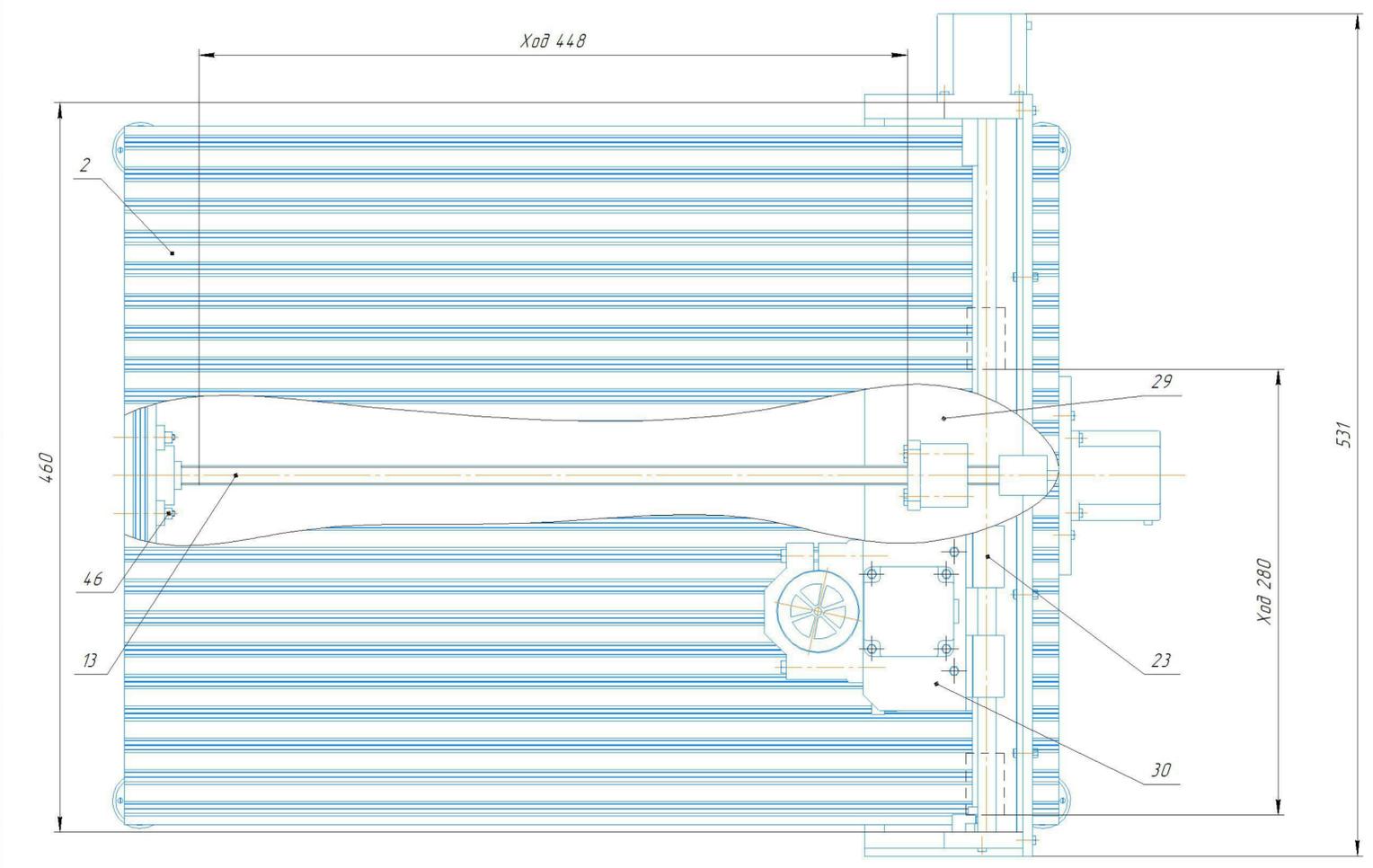
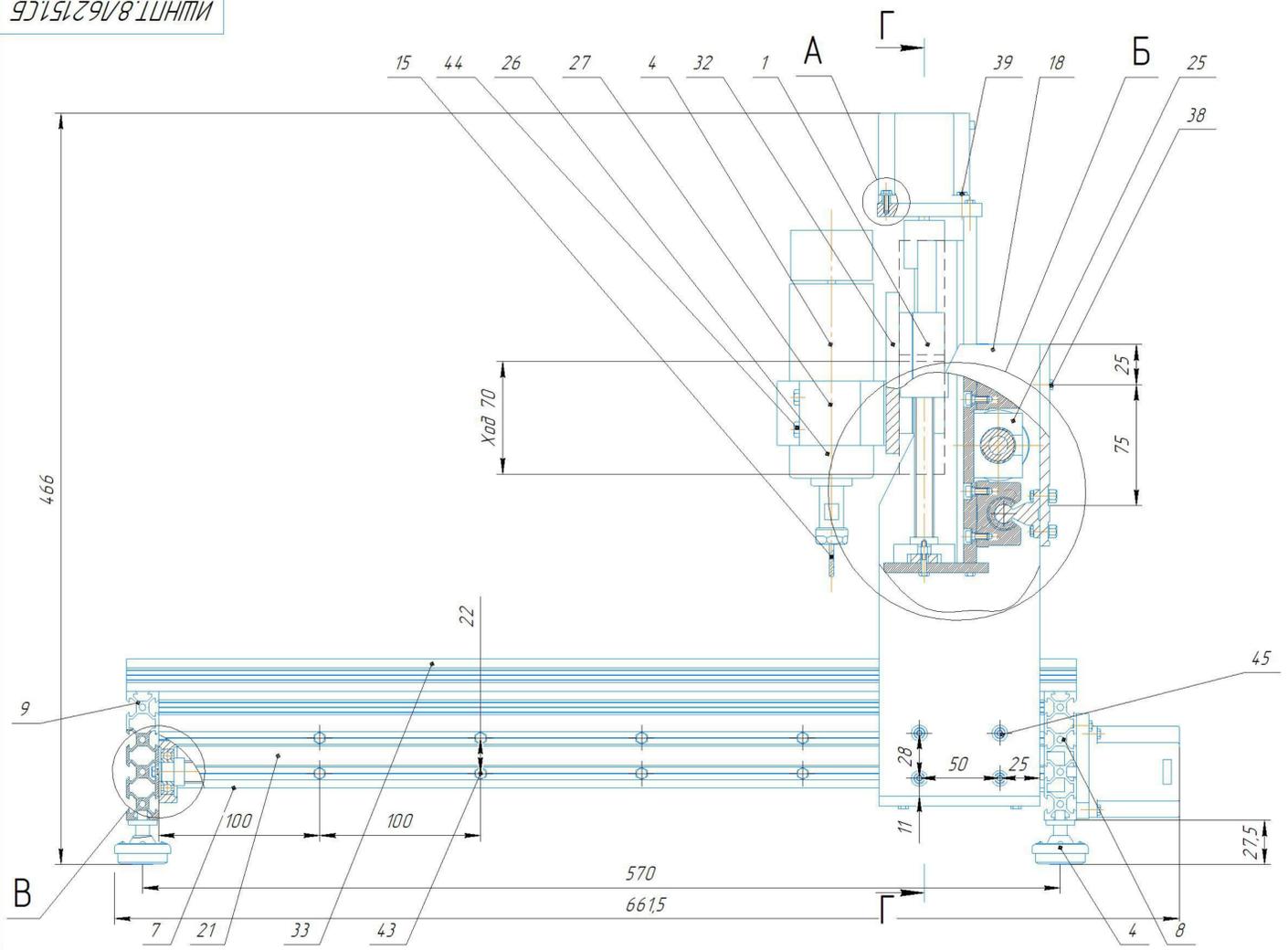
ИШНПТ.8/162151.ПС

Малогабаритный фрезерный станок

Лист	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов	1

ТПУ ИШНПТ  
4А7В

## **Приложение Б – Сборочный чертёж**



- Технические требования:**
1. Обеспечить параллельность направляющих 19 и 20 при сборке
  2. Обеспечить ежедневную смазку всех линейных направляющих
  3. Настроить крайние положения привода
- Технические характеристики:**
1. Частота вращения шпинделя, об/мин: 15-13000
  2. Напряжение, В: 220
  3. Максимальные размеры заготовки, мм: 352x440
  4. Вес станка, кг: 87
  5. Жёсткость шпиндельного узла, кгс/мкм: 181,7

ИШНПТ.8/Л62151.СБ			Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Малогабаритный фрезерный станок
Разраб.	Саденов В.Р.				1:2
Проб.	Черкасов А.И.				Лист
Т.контр.					Листов 1
И.контр.					ТПУ ИШНПТ
Утв.					4 А 7 В
Копировал			Формат А1		

Копия: 30 у/в1 Учебная версия © 2019 ООО «АКОН-Системы проектирования». Распространение запрещено. Разрешено использование в личных целях. Идентификационный номер документа: ИШНПТ.8/Л62151.СБ. Дата: 15.08.2019. Изменения: 1.0. Автор: Черкасов А.И. Проверено: Саденов В.Р. Утверждено: Черкасов А.И. Не для коммерческого использования.

## **Приложение В – Спецификация**

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						<u>Документация</u>		
		A4			ИШНПТ.8/162151.ПЗ	Пояснительная записка		
		A4			ИШНПТ.8/162151.ПС	Принципиальная схема		
		A1			ИШНПТ.8/162151.СБ	Сборочный чертеж		
						<u>Сборочные единицы</u>		
				1	ИШНПТ.8/162151.01.00.00	Кронштейн шпинделя	1	
				2	ИШНПТ.8/162151.02.00.00	Профильный стол	1	
				3	ИШНПТ.8/162151.03.00.00	Станина	1	
				4	ИШНПТ.8/162151.04.00.00	Шиндельный узел	1	
						<u>Детали</u>		
				7	ИШНПТ.8/162151.00.00.01	Профиль 20x60	2	
				8	ИШНПТ.8/162151.00.00.02	Задний профиль	1	
				9	ИШНПТ.8/162151.00.00.03	Передний профиль	1	
				10	ИШНПТ.8/162151.00.00.04	Несущая кронштейна	1	
				11	ИШНПТ.8/162151.00.00.05	Винт оси Z	1	
				12	ИШНПТ.8/162151.00.00.06	Винт оси Y	1	
				13	ИШНПТ.8/162151.00.00.07	Винт оси X	1	
				14	ИШНПТ.8/162151.00.00.08	Муфта	3	
				15	ИШНПТ.8/162151.00.00.09	Фреза	1	
					<b>ИШНПТ.8/162151.СП</b>			
Изм.	Лист	№ докум.		Подп.	Дата			
Разраб.		Саденов В.Р.				Лит.	Лист	Листов
Пров.		Черкасов А.И.					1	3
Н.контр.						<b>ТПУ ИШНПТ 4А7В</b>		
Утв.								
<b>Малозабаритный фрезерный станок</b>								

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		16	ИШНПТ.8/162151.00.00.10	Подшипник винта	3	
		17	ИШНПТ.8/162151.00.00.11	Левая несущая	1	
		18	ИШНПТ.8/162151.00.00.13	Правая несущая	1	
		19	ИШНПТ.8/162151.00.00.14	Z направляющая	2	
		20	ИШНПТ.8/162151.00.00.15	Y направляющая	2	
		21	ИШНПТ.8/162151.00.00.16	X направляющая	2	
		22	ИШНПТ.8/162151.00.00.17	Линейный подшипник скольжения 1	4	
		23	ИШНПТ.8/162151.00.00.18	Линейный подшипник скольжения 2	4	
		24	ИШНПТ.8/162151.00.00.19	Крышка гайки	3	
		25	ИШНПТ.8/162151.00.00.20	Гайка	3	
		26	ИШНПТ.8/162151.00.00.21	Шпиндель	1	
		27	ИШНПТ.8/162151.00.00.22	Хомут шпинделя	1	
		28	ИШНПТ.8/162151.00.00.23	Задняя несущая	1	
		29	ИШНПТ.8/162151.00.00.24	Нижняя несущая	1	
		30	ИШНПТ.8/162151.00.00.25	Опора двигателя	2	
		31	ИШНПТ.8/162151.00.00.26	Днище кронштейна	1	
		32	ИШНПТ.8/162151.00.00.27	Экран кронштейна	1	
		33	ИШНПТ.8/162151.00.00.29	Профильный стол	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		36		Screw DIN 6912-M4 x 16	14	
		37		Видеопара	4	
		38		Болт М3-6дх8 ГОСТ 7805-70	16	
		39		Болт М3-6дх10 ГОСТ 7805-70	26	
		40		Болт М3-6дх20 ГОСТ 7805-70	4	
		41		Болт М3,5-6дх14 ГОСТ 7805-70	2	
		42		Болт М3,5-6дх20 ГОСТ 7805-70	8	
		43		Болт М4-6дх10 ГОСТ 7805-70	8	
		44		Болт М5-6дх70 ГОСТ 7805-70	4	

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дудл.	Подп. и дата



## **Приложение Г – Чертеж детали**

