



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

Школа инженерного предпринимательства  
Направление подготовки 27.03.05 Инноватика  
ООП/ОПОП Предпринимательство в инновационной деятельности

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА**

Тема работы
Стартап «Декартовый SLM 3D принтер с прямой подачей материала»

УДК 659.44:659.126:004.365.2-023.5

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<b>ЗН91</b>	<b>Бантьев П.П.</b>		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	<b>Шамина О.Б.</b>	к.т.н., доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:**

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<b>ст. преподаватель</b>	<b>Феденкова А.С.</b>	-		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<b>ст. преподаватель</b>	<b>Громова Т.В.</b>	-		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	<b>Калашникова Т.В.</b>	к.т.н., доцент		

**Планируемые результаты освоения ООП/ОПОП Инноватика. 27.04.05**

<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование компетенции</b>
<b>Универсальные компетенции</b>	
<b>УК(У)-1</b>	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
<b>УК(У)-2</b>	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
<b>УК(У)-3</b>	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
<b>УК(У)-4</b>	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном и иностранном (-ых) языке
<b>УК(У)-5</b>	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
<b>УК(У)-6</b>	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
<b>УК(У)-7</b>	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
<b>УК(У)-8</b>	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
<b>УК(У)-9</b>	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
<b>ОПК(У)-1</b>	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
<b>ОПК(У)-2</b>	Способен использовать инструментальные средства (пакеты прикладных программ) для решения прикладных инженерно-технических и технико-экономических задач, планирования и проведения работ по проекту
<b>ОПК(У)-3</b>	Способен использовать информационно-коммуникационные технологии, управлять информацией с использованием прикладных программ деловой сферы деятельности, использовать компьютерные технологии и базы данных, пакеты прикладных программ управления проектами
<b>ОПК(У)-4</b>	Способен обосновывать принятие технического решения при разработке проекта, выбирать технические средства и технологии, в том числе с учетом экологических последствий их применения
<b>ОПК(У)-5</b>	Способен использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда
<b>ОПК(У)-6</b>	Способен работать в коллективе, организации работы малых коллективов (команды) исполнителей
<b>ОПК(У)-7</b>	Способен применять знания математики, физики и естествознания,

	химии и материаловедения, теории управления и информационные технологии в инновационной деятельности
<b>ОПК(У)-8</b>	Способен применять знания истории, философии, иностранного языка, экономической теории, русского языка делового общения для организации инновационных процессов
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>ПК(У)-1</b>	Способен использовать нормативные документы по качеству, стандартизации в практической деятельности
<b>ПК(У)-2</b>	Способен использовать инструментальные средства (пакеты прикладных программ) для решения прикладных инженерно-технических и технико-экономических задач, планирования и проведения работ по проекту
<b>ПК(У)-3</b>	Способен использовать информационно-коммуникационные технологии, управлять информацией с использованием прикладных программ деловой сферы деятельности; использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области, пакеты прикладных программ для анализа, разработки и управления проектом
<b>ПК(У)-4</b>	Способен анализировать проект (инновацию) как объект управления
<b>ПК(У)-5</b>	Способен определять стоимостную оценку основных ресурсов и затрат по реализации проекта
<b>ПК(У)-6</b>	Способен организовать работу исполнителей, находить и принимать управленческие решения в области организации работ по проекту и нормированию труда
<b>ПК(У)-7</b>	Способен систематизировать и обобщать информацию по использованию и формированию ресурсов
<b>ПК(У)-8</b>	Способен применять конвергентные и мультидисциплинарные знания, современные методы исследования и моделирования проекта с использованием вычислительной техники и соответствующих программных комплексов
<b>ПК(У)-9</b>	Способен использовать когнитивный подход и воспринимать (обобщать) научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования
<b>ПК(У)-10</b>	Способность спланировать необходимый эксперимент, получить адекватную модель и исследовать ее
<b>ПК(У)-11</b>	Способен готовить презентации, научно-технические отчеты по результатам выполненной работы, оформлять результаты исследований в виде статей и докладов
<b>ПК(У)-12</b>	Способен разрабатывать проекты реализации инноваций с использованием теории решения инженерных задач и других теорий поиска нестандартных, креативных решений, формулировать техническое задание, использовать средства автоматизации при проектировании и подготовке производства, составлять комплект документов по проекту
<b>ПК(У)-13</b>	Способен использовать информационные технологии и инструментальные средства при разработке проектов
<b>ПК(У)-14</b>	Способен разрабатывать компьютерные модели исследуемых процессов и систем
<b>ПК(У)-15</b>	Способен конструктивно мыслить, применять методы анализа вариантов проектных, конструкторских и технологических решений для выбора оптимального
<b>ПК(У)-16</b>	Способен выполнять работы по сопровождению информационного

	обеспечения и систем управления проектами
<b>ПК(У)-17</b>	Способен вести базы данных и документацию по проекту
<b>Профессиональные компетенции университета</b>	
<b>ДПК(У)-1</b>	Способность к экономическому планированию деятельности структурного подразделения промышленной организации, которое направлено на организацию рациональных бизнес-процессов в соответствии с потребностями рынка, обеспечение участия работников структурного подразделения промышленной организации в проведении маркетинговых исследований



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

Школа инженерного предпринимательства  
Направление подготовки 27.03.05 Инноватика  
ООП/ОПОП Предпринимательство в инновационной деятельности

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП/ОПОП  
Калашникова Т.В.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

## ЗАДАНИЕ

### на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
ЗН91	Бантьев Павел Петрович

Тема работы:

Стартап «Декартовый SLM 3D принтер с прямой подачей материала»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 34-40/с от 03.02.2023

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	1 июня 2023 г.
--	----------------

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b> (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 функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</p>	<p>Объект проектирования: методы производства металлических изделий с заданными параметрами прочности для рынка машиностроения</p> <p>Предмет проектирования: декартовый 3D принтер с прямой подачей материала шнековым экструдером</p>
<p><b>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке</b> (аналитический обзор литературных источников 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)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сравнительный обзор методов производства металлических изделий с заданными параметрами прочности</li> <li>2. Анализ рынка оборудования для мелкосерийного производства изделий из металла</li> <li>3. Проектирование шнекового экструдера для подачи металлического порошка и формовочной смеси</li> <li>4. Проектирование декартовой кинематической модели для передвижения каретки с двумя шнековыми экструдерами</li> <li>5. Оценка экономической эффективности стартап-</li> </ol>

	проекта 6. Разработка плана продвижения промышленного образца на рынок 7. Оценка технических параметров разработанного оборудования
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Презентация, изометрическая проекция шнекового экструдера (рисунок 4), взрыв-схема (рисунок 8) (эскизный вид конструкции с разнесенными составными частями) принтера

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
<b>Социальная ответственность</b>	<b>Феденкова А.С.</b>

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Шамина О.Б.	К.Т.Н., доцент		

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ЗН91	Бантьев Павел Петрович		



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

Школа инженерного предпринимательства  
Направление подготовки 27.03.05 Инноватика  
ООП/ОПОП Предпринимательство в инновационной деятельности  
Уровень образования бакалавриат  
Период выполнения весенний семестр 2022/2023 учебного года

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
выполнения выпускной квалификационной работы**

Обучающийся:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
<b>ЗН91</b>	<b>Бантьев Павел Петрович</b>

Тема работы:

<b>Стартап «Декартовый SLM 3D принтер с прямой подачей материала»</b>
---

<b>Срок сдачи обучающимся выполненной работы:</b>	<b>1.06.2023</b>
---	------------------

<b>Дата контроля</b>	<b>Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)</b>	<b>Максимальный балл раздела (модуля)</b>
01.12.22	Определение темы ВКР и получение задания	5
01.02.23	Сравнительный обзор методов производства металлических изделий с заданными параметрами прочности	5
10.03.23	Анализ рынка оборудования для мелкосерийного производства изделий из металла. Проектирование шнекового экструдера	10
10.04.23	Проектирование кинематической модели устройства	10
01.05.23	Оценка экономической эффективности стартап-проекта. Разработка плана продвижения промышленного образца на рынок	15
20.05.23	Сбор и проработка материала для написания основной части ВКР. Отправка ВКР на проверку руководителю	20
23.05.23	Сбор и проработка фактического материала для написания главы «Социальная ответственность». Отправка главы на проверку консультанту по разделу	5
10.06.23	Исправление замечаний и доработка ВКР, оформление согласно стандартам, отправка готовой работы на нормоконтроль, размещение ВКР в ЭБС ТПУ	15
12.06.23	Подготовка презентации для защиты ВКР и доклада	15
<b>ИТОГО</b>		<b>100</b>

**СОСТАВИЛА:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Шамина О.Б.	К.Т.Н., доцент		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП/ОПОП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Калашникова Т.В.	К.Т.Н., доцент		

**Обучающийся**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ЗН91	Бантъев П.П.		



## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Fused Deposition Modeling (FDM): Метод аддитивного производства, который заключается в послойном нанесении расплавленного материала на изделие по контуру цифровой модели.

Fused Filament Fabrication (FFF): Метод аддитивного производства, целиком базирующийся на технологии FDM, но отличающийся непосредственным плавлением материала в момент нанесения его на изготавливаемую деталь.

Слайсер: Программное обеспечение, которое преобразует цифровые модели объектов в стандартный низкоуровневый язык типа G-code, для управления оборудованием с числовым программным управлением.

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 75 страницы, 12 рисунков, 28 таблиц, 33 использованных источников.

Ключевые слова: аддитивное производство, кинематическая модель, экструдер, литейное производство, машиностроение.

Целью работы является запуск стартапа «Декартовый 3D принтер с прямой подачей материала шнековым экструдером».

Объектом исследования являются методы производства металлических изделий с заданными параметрами прочности для рынка машиностроения.

Предметом исследования является декартовый 3D принтер с прямой подачей материала шнековым экструдером.

В процессе работы систематизирована информация по предмету и объекту исследования. Источники информации представлены в списке использованных источников.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- 1 Провести сравнительный обзор методов производства металлических изделий с заданными параметрами прочности.
- 2 Проанализировать рынок оборудования для мелкосерийного производства изделий из металлов.
- 3 Спроектировать шнековый экструдер для подачи металлического порошка и формовочной смеси.
- 4 Спроектировать декартовую кинематическую модель для передвижения каретки с двумя шнековыми экструдерами.
- 5 Оценить экономическую эффективность стартап-проекта.
- 6 Составить плана продвижения промышленного образца на рынок.
- 7 Оценить технические результаты разработанного оборудования.

Результаты выполнения выпускной квалификационной работы являются практически значимыми, поскольку разработанный принтер способен производить детали из металла для машин и механизмов с требуемыми характеристиками и имеет спрос на рынке.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	12
1 Методы производства металлических изделий.....	14
1.1 Обзор классических методов и их технологические особенности.....	14
1.2 Обзор методов аддитивного производства изделий из металла.....	16
1.3 Проблемы организации мелкосерийного производства изделий из металла на предприятии.....	18
2 Анализ рынка аддитивного производства.....	20
2.1 Анализ мирового рынка аддитивного производства.....	20
2.2 Анализ российского рынка аддитивного производства.....	23
3 Проектирование декартового 3D принтера с прямой подачей материала.....	25
3.1 Разработка декартовой кинематики.....	25
3.2 Разработка шнекового экструдера.....	29
3.3 Разработка принципа работы печи с параллельной заливкой.....	31
4 Корпоративная социальная ответственность.....	35
4.1 Сущность корпоративной социальной ответственности.....	35
4.2 Определение целей и задач программы КСО.....	36
4.3 Определение стейкхолдеров программы КСО.....	37
4.4 Определение элементов программы КСО.....	38
4.5 Определение затрат на программу КСО.....	39
4.6 Ожидаемая эффективность программы КСО.....	40
5 Разработка бизнес-модели и плана продвижения принтера для производства металлических изделий.....	41
5.1 Описание базовой бизнес-идеи.....	41
5.3 Анализ конкурентов.....	44
5.4 Разработка бизнес модели по Остервальдеру.....	45
5.5 Продвижение продукта.....	46
5.6 Выбор организационно-правовой формы и системы налогообложения.....	49
5.7 Оценка рынка.....	51
5.8 Затраты на разработку продукта.....	53
5.9 План продаж.....	56
5.10 Расходы и поток денежных средств.....	56
5.11 Расчет показателей окупаемости проекта.....	58
Заключение.....	65
Список использованных источников.....	67

## Введение

Актуальность темы исследования заключается в стремительном развитии рынка аддитивных технологий и предъявлении повышенных требований к прочности и жесткости изготавливаемых конструкций. Детали аддитивного производства имеют меньший производственный цикл от моделирования до физического воплощения, что является их главным преимуществом, однако из-за слоистой структуры имеют меньшую прочность по сравнению с деталями, полученными с помощью традиционных технологий. Разрабатываемое оборудование совмещает преимущество аддитивного метода в скорости и одновременно достижение требуемого качества изготавливаемых деталей при литейном производстве, что позволит быстро изготавливать малые партии деталей сложной формы без дополнительного создания литейных форм.

С развитием аддитивных технологий 3D принтеры стали всё быстрее распространяться и совершенствоваться, в настоящее время при помощи данного метода производится множество деталей для прототипирования, машиностроения, научной сферы, рекламы и индустрии развлечений. Наибольшее распространение имеют принтеры, работающие с термопластиком или смолами по технологии FDM или SLA.

За последние восемь лет мировой рынок аддитивных технологий активно развивался и показывал среднегодовой темп роста в 19,3% (к 2020 году достиг почти \$12 млрд). Рынок аддитивных технологий до сих пор составляет менее 1% рынка чёрной металлургии, однако в процентном соотношении прирост существенный [1, 2].

Изучению аддитивного производства изделий из термопластика, фотополимерных смол и металла посвящены работы следующих авторов: Садоха М.А., Мельников А.П., Винарсо Р., Миронов А.С., Рак И.В., Кузьмич В.Н., Мойсейчик Д.А., Юрченко К. А., Шамилева Э.Э., Рапп К, Шаркова О.А, Кузнецов П.М., Анггоро, И., Москвин В.К., Сувалова Т., Джи Ли, Мейнерс, Дж. и др. Во всех работах рассматриваются отдельные методы аддитивного производства (FDM, SLA и SLM) и литейного производства без попыток объединения данных технологий, поэтому в ходе выполнения данного проекта представляется перспективным и важным аккумулировать лучший опыт в области аддитивного и литейного производства [3, 4, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21].

Проблемная ситуация с использованием оборудования с ЧПУ в высокоточной металлургии при изготовлении аддитивным методом заключается в низкой прочности изготавливаемых деталей при их нагружении вдоль слоёв. Возникает противоречие: аддитивное производство позволяет изготовить детали быстро и дешево, но нельзя

использовать изделия, полученные таким способом, при высоких нагрузках. Цель работы состоит в создании оборудования с производительностью и ценой производства, равной аддитивному методу, но одновременно обеспечивающего прочность деталей, достижимую при литейном производстве.

**Объектом** исследования являются методы производства металлических изделий с заданными параметрами прочности для рынка машиностроения.

**Предметом** исследования является декартовый 3D принтер с прямой подачей материала шнековым экструдером.

**Целью** выпускной квалификационной работы является запуск стартапа «Декартовый 3D принтер с прямой подачей материала шнековым экструдером».

**Методами исследования** являются изучение и анализ научной литературы, изучение и обобщение отечественной и зарубежной практики, SWOT-анализ, конкурентный анализ, сравнительный анализ, сравнение, синтез.

**Научная значимость** заключается в объединении сильных сторон аддитивного производства изделий из металла (скорости создания детали и закрытого производственного цикла) и литейного производства (достижение химической чистоты изготавливаемых деталей и устойчивости на растяжение-сжатие, изгиб и кручение), что позволяет быстро производить на одном оборудовании изделия, равные по характеристикам продуктам литейного производства, для производства которых в настоящее время требуется налаживание большой производственной линии.

**Практическая значимость** заключается в выводе на рынок нового типа оборудования для быстрого производства металлических изделий высокой точности, которое способно конкурировать с существующими методами производства.

**Область применения решений и методологических материалов:** чёрная и цветная металлургическая промышленность, производство оборудования с ЧПУ, стартапы и бизнесы, продвигающие промышленное оборудование.

## **1 Методы производства металлических изделий**

### **1.1 Обзор классических методов и их технологические особенности**

Прежде, чем проводить обзор методов производства изделий из металла, необходимо дать определение основным понятиям, связанным с данной сферой.

Ключевым понятием при работе с металлом является пластическая деформация – это необратимая деформация, при которой после окончания воздействия приложенных сил происходит необратимое смещение межатомных связей [22]. Пластическая деформация является одним из главных свойств металла, которое позволяет создавать объекты сложной формы, способные существовать без изменений длительной время.

Помимо сложных форм от деталей в любой сфере требуется определённая устойчивость к внешним воздействиям, которая с точки зрения механики рассматривается в трёх величинах [8]:

- прочность на сжатие-растяжение – параметр, показывающий допустимые нагрузки при продольном осевом нагружении;
- прочность на изгиб — параметр, показывающий допустимые нагрузки при воздействии нагрузками, поперечными оси изделия;
- прочность на кручение — параметр, показывающий допустимые нагрузки, создаваемые касательными нагрузками.

Методы производства изделий из металла можно условно разделить на использующие механическое воздействие и осуществляющие фазовые переходы. Например, фрезерование, металлопрокат (холодный), резку и холодную штамповку можно отнести к механическим воздействиям, а литьё, формовку, сварку и лазерное спекание – к фазовым переходам, так как в процессе происходит изменение агрегатного состояния вещества.

Рассмотрим существующие методы производства изделий из металла с целью оценить их преимущества и недостатки.

Литьё — это самый старый способ производства изделий из металлов, в настоящее время с его помощью производят как объёмные изделия, где не требуется высокая точность, так и детали с высокой точностью исполнения для медицины и аэрокосмической отрасли. Суть метода максимально проста и заключается в жидкотекучести металлов при высоких температурах. Для изготовления детали требуется разработать форму для заливки из неплавкого материала, обеспечить стабильные условия застывания изделия после заполнения формы и подготовить сам металл для литья. Наиболее распространёнными

материалами чёрной металлургии являются сталь и чугун, а цветной металлургии – алюминий, медь, латунь, золото, никель и бронза [1, 2].

В настоящее время в промышленности не используют заливку металла под действием силы тяжести в полую форму, как это делали раньше, так как данный метод не позволяет изготавливать детали сложной формы. Качество литья зависит от вязкости расплавленного металла, поэтому для производства сложных форм и повышения прочности изделий применяются литьё в кокиль, литьё под давлением и электрошлаковое литьё.

Литьё металла в кокиль является самым простым из методов литья, так как от технологий бронзового века (статической заливки) он отличается только составной частью формы (кокиля), который представляет из себя разрезанную на две части форму с шарнирным соединением. Такой метод позволяет изготавливать детали простых форм из металлов с низкой жидкотекучестью [3]. Такой способ не позволяет изготавливать детали сложных форм ввиду того, что расплавленный материал застывает при попадании в форму быстрее, чем распространяется по всем узким местам кокиля.

Литьё металла под давлением – самое логичное решение, которое позволяет устранить зависимость качества литья от низкой жидкотекучести металла. При производстве деталей данным методом металл в заливочную форму поступает под давлением газа или поршня, что помогает ему быстро заполнить всё пространство формы, в связи с чем рассматриваемый метод можно применять для литья из металлов с пониженной жидкотекучестью [4].

Электрошлаковое литьё разработано для повышения прочности изготавливаемых деталей с повышением их химической чистоты. Суть метода заключается в полной изоляции расплавленного металла от атмосферного воздействия, для чего весь процесс плавки, заливки и застывания проходит в герметичной шлаковой ванне, наполненной электропроводным шлаком, который при пропускании электрического тока разогревает металл до текучего состояния. Данный метод позволяет повысить прочность изготавливаемых деталей и снизить количество примесей в металле почти до нуля [5].

Литейное производство очень распространено в металлургической промышленности, и имеет ряд преимуществ и недостатков. К преимуществам можно отнести высокое качество изготавливаемых деталей (отливок), простоту используемых технологий и большой потенциал к масштабируемости объёмов производства. К недостаткам относятся потребность в большом количестве энергии и ограничение по используемым составам металла в зависимости от их вязкости в жидком состоянии.

Ковка – обработка металла в пластическом состоянии, которая позволяет изменить не только его форму, но и структуру, что зачастую делает его устойчивее на сжатие и

растяжение. Существует два методаковки: свободнаяковка, которая является прямым развитием кузнечного дела и заключается в последовательной вытяжке, осадке и сбивке пластичного материала, а также штамповка, которая представляет из себя изготовление деталей с помощью штамповочного прессы, что повышает точность и в десятки раз увеличивает производительность [6].

Металлопрокат – способ обработки металла для получения стандартизированных изделий равного поперечного сечения. При помощи этого метода изготавливают листовой металл, швеллеры, рельсы и трубы. Он помогаеткратно повысить объём производства стандартных изделий, но не позволяет изменить параметры прокатной детали. В производстве используют как чёрные, так и цветные металлы. Зачастую изделия, созданные этим методом, имеют повышенную прочность на сжатие и растяжение [7].

Фрезерование – процесс создания детали нужной формы путём удаления лишнего материала с заготовки. Этот метод отличается от рассмотренных ранее в первую очередь постоянным нахождением рабочего материала в твёрдом состоянии, что позволяет точнее определять состав рабочего тела и за счёт этого с большей точностью рассчитывать допустимые на деталь нагрузки в процессе эксплуатации. Два наиболее популярных метода фрезерования с числовым программным управлением — это использование осевого фрезерного оборудования и фрезерных станков с декартовой кинематикой. Оба метода имеют низкую производительность, но позволяют изготавливать детали с высокой точностью.

Сварка — метод производства металлоконструкций путём сплавления соприкасающихся плоскостей заранее подготовленных деталей. Данный метод использует заготовки, произведённые по рассмотренным ранее технологиям, однако позволяет соединить или изменить их под конкретные задачи производственного процесса [9].

## **1.2 Обзор методов аддитивного производства изделий из металла**

Аддитивный метод производства, пожалуй, самый творческий и многогранный, ведь его используют в сотнях направлений и изготавливают с его помощью миллионы уникальных деталей. У данного метода есть три главных преимущества: скорость, адаптивность и низкая цена. Например, при разработке корпуса для сервера, используя метод штамповки, необходимо смоделировать штамповочную форму, изготовить её, заполнить материалом, под давлением в специальном оборудовании выплавить корпус и затем, найдя ошибку, повторить всё заново до изготовления подходящей детали. Используя 3D печать, можно сразу смоделировать необходимую деталь, напечатать, а при



возникновении неточностей отредактировать модель и напечатать снова, что значительно ускоряет процесс разработки. Адаптивность данной технологии заключается в двух аспектах: 1) не имеет значения сложность изготавливаемой детали, можно как изготавливать мельчайшие изделия на фотополимерном принтере с точностью до микрон, так и печатать небоскрёбы из бетона на открытых крупногабаритных 3D принтерах; 2) возможность применения единой кинематики движения для производства деталей из различных материалов, так как общий принцип технологии – послойное нанесение материала – не изменяется от используемого сырья, принципиальное отличие будет лишь в методе подачи материала. Низкая цена разработки заключается в исключении этапа создания множества форм для доведения изделия до нужных параметров. Также стоит отметить, что развитие аддитивных технологий позволило использовать материалы, которые ранее были недоступны из-за особых физических свойств [10].

#### Аддитивное производство изделий из металла

Электронно-лучевая плавка (Electron Beam Melting) – технология очень похожа на селективное лазерное спекание, однако ключевым отличием является метод расплавления сырья, который заключается в спекании материала под действием электронных пучков высокой мощности. Данная технология позволяет быстро производить небольшие 3D модели с повышенной твёрдостью [11].

Технология SLM – это метод аддитивного производства, при котором для создания трехмерных физических объектов используются лазеры как для изготовления металлических деталей высокой точности для работы в составе узлов и агрегатов, так и для изготовления неразборных конструкций, изменяющих геометрию в процессе эксплуатации. Данный метод заменяет традиционные при мелкосерийном производстве, однако изготовленные с его помощью детали имеют меньшую прочность, чем аналогичные по форме и материалу изделия, созданные штамповкой или литьём [12].

Таким образом, можно сделать вывод, что аддитивное производство широко применяется в процессе разработки новых устройств, в создании сложных по форме объектов, а также мелкосерийном производстве. Несомненно, данная технология уступает традиционному литью или штамповке при больших объёмах производства, так как серийное производство значительно снижает цену конечного продукта [13].

Применение того или иного производственного метода зависит от требуемого качества продукции, наличия времени на его производство, особых требований к форме и материалам, а также допустимой цене. Технология SLM печати первой стала массово применяться в работе с металлом, поэтому большинство усилий по разработке материалов

и кинематических моделей на рынке направлены именно на данный сегмент, однако остальные технологии уже активно развиваются и в перспективе способны обогнать SLM по объёмам производства.

### **1.3 Проблемы организации мелкосерийного производства изделий из металла на предприятии**

При работе завода по производству любых металлических изделий в условиях рыночной экономики невозможно осуществлять только массовое производство без применения мелкосерийного, так как запросы рынка постоянно изменяются, поэтому для сохранения конкурентоспособности необходимо регулярно выводить на рынок новую продукцию для тестирования спроса, а делать это в условиях мелкосерийного производства значительно дешевле и быстрее.

Доля предприятий, относящихся к единичному и мелкосерийному производству, в машиностроении составляет около 75–85% [14]. Мелкосерийное производство имеет неоспоримые плюсы в скорости и стоимости запуска производства, но имеет и ряд недостатков.

В условиях мелкосерийного и единичного типов производства возникает регулярная потребность в изменении конструкторской и технологической документации. Без систематизации и стандартизации конструкторской документации невозможно организовать эффективное производство и выпускать на рынок качественную продукцию. Для быстрого реагирования на изменения условий производства обязательным для компаний производителей должно быть внедрение CAD систем и унифицированных баз для работы с конструкторской документацией и файлами моделей [15, 16].

Массовое производство позволяет снизить уровень квалификации персонала, так как все процессы разложены на малые шаги и не требуют аналитической работы, а в мелкосерийном производстве предъявляются противоположные требования к персоналу, так как при таком типе производства требуется креативный подход к работе и понимание работы всех стадий производственного процесса. При найме персонала при единичном или мелкосерийном производстве необходимо производить тщательный отбор и учитывать потенциал дальнейшего развития кандидатов [17].

В условиях рыночной экономики невозможно отказаться от мелкосерийного производства. Компании постоянно стремятся оптимизировать производственный процесс и главными критериями для них являются:

- время производственного цикла от создания конструкторской документации до получения первой партии продукции;
- точность производимой продукции (со временем данный параметр имеет всё большее значение из-за уменьшения допусков в деталях машин и механизмов);
- прочность изготавливаемых деталей (измеряется по рассмотренным ранее значениям на сжатие-растяжение, изгиб и кручение);
- стоимость производства единицы продукции.

Таким образом ввиду постоянного изменения конструкторской документации и повышения требований к точности и прочности изготавливаемых деталей при мелкосерийном производстве появляется необходимость применения высокоточного современного оборудования и соответствующей оснастки, которые позволяют создавать детали по современным стандартам качества с минимальными затратами материальных и трудовых ресурсов.

## **2 Анализ рынка аддитивного производства**

### **2.1 Анализ мирового рынка аддитивного производства**

Аддитивные технологии могут применяться в сотнях различных сфер, однако степень их интеграции в каждой сфере разная, поэтому для удобства разделим весь рынок на три сегмента по уровню интегрированности аддитивных технологий в процессы данной сферы:

1) Высокая степень интеграции. К данному сегменту относятся: прототипирование, проведение НИР и ОКР, производство сувенирной продукции.

2) Средняя степень интеграции. В данный сегмент входят направления, в которых мало используется аддитивное производство, но частота его применения значительно возрастает в последние годы – мелкосерийное производство лабораторных образцов, производство геометрически сложных объектов, которые традиционными методами затруднительно создавать.

3) Низкая степень интеграции. В данный сегмент входят направления, которые либо крайне мало используют аддитивное производство, либо технологически данный метод не способен полностью закрыть потребности этого направления (например, печать растений хлоропластами, печать органов для людей, строительство зданий, аддитивное производство продуктов питания и 3D печать в космическом пространстве).

Особенностью рынка является то, что финансовые затраты на разработку технологий обратно пропорциональны объёму реализуемой в сегменте продукции, что говорит о наращивании на рынке технологической базы, в данный момент не достигшей этапа коммерциализации.

Согласно отчёту Global Data (рис. 1), к 2027 году общий рынок аддитивных технологий будет составлять \$41,6 млрд [27].

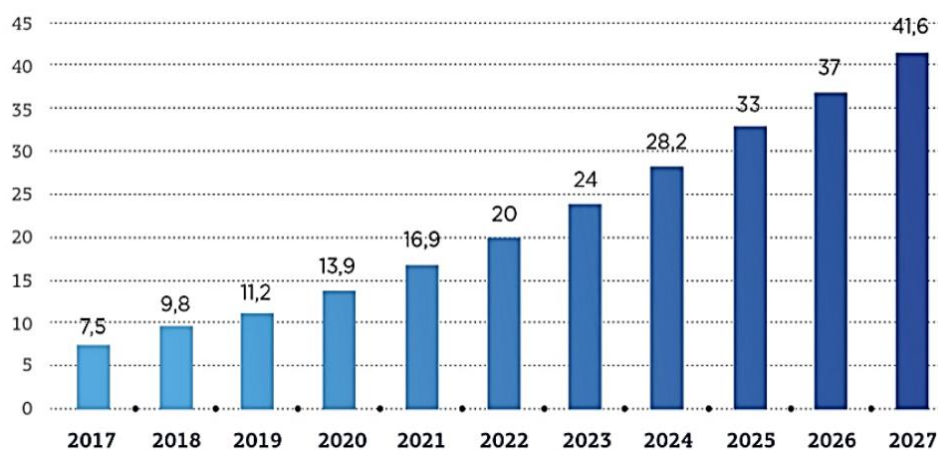


Рисунок 1 – Состояние и прогноз рынка аддитивных технологий, в млрд. \$

Весь рынок состоит из четырёх типов продукции: оборудование для 3D печати, сырьё (термопластики, смолы, воск, фотополимеры и т.д.), программное обеспечение и услуги 3D печати. Из графика динамики и прогноза рынка аддитивных технологий по сегментам (рис. 2) можно выделить, что самыми значимыми частями рынка в данный момент и, по прогнозам, через пять лет, являются услуги и оборудование для 3D печати, но если с оборудованием всё понятно, то сегмент услуг содержит в себе множество продуктов – услуга 3D печати на заказ, услуга моделирования 3D объектов, ремонт и настройка оборудования и постобработка напечатанных деталей.

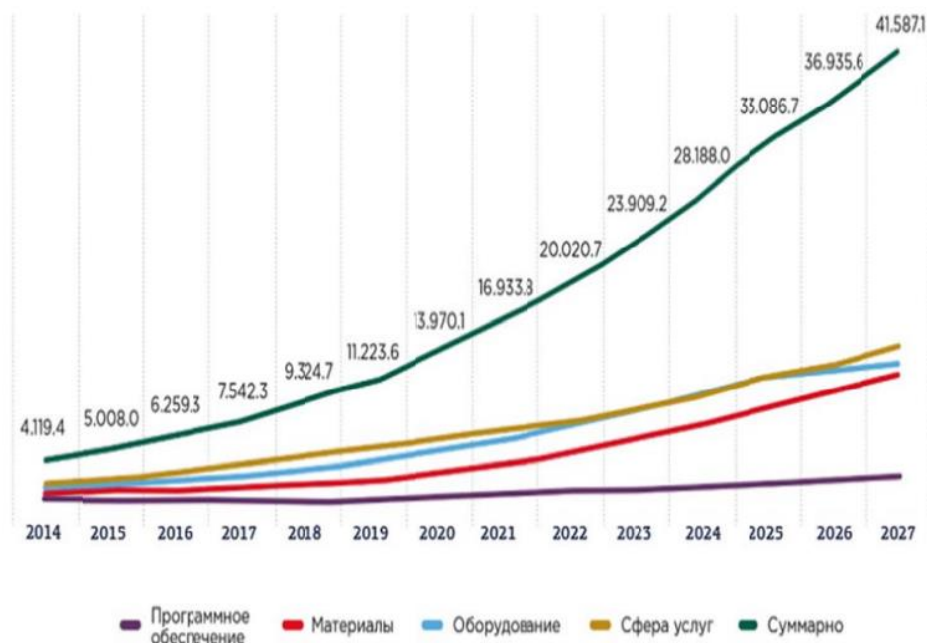


Рисунок 2 – Динамика и прогноз рынка аддитивных технологий по сегментам

Аддитивные технологии стали развиваться в начале 1980-ых в основном в США и Великобритании, поэтому и в настоящее время эти страны являются лидерами рынка (рис. 3). Однако стоит отметить активно развивающиеся страны азиатского региона и Океании.

Также на рынке присутствует географическая сегментация по направлениям, так, например, в Европе большее развитие получили FDM технологии с фокусом на металлургию, в США особо развивается крупногабаритное производство и SLS технологии, в Китае большее распространение получило SLA производство, особенно в космической отрасли, однако по производству FFF 3D принтеров с малой областью печати Китай сейчас занимает лидирующие позиции из-за концентрации на его территории большинства вспомогательных производств и значительного снижения цены на готовую продукцию.

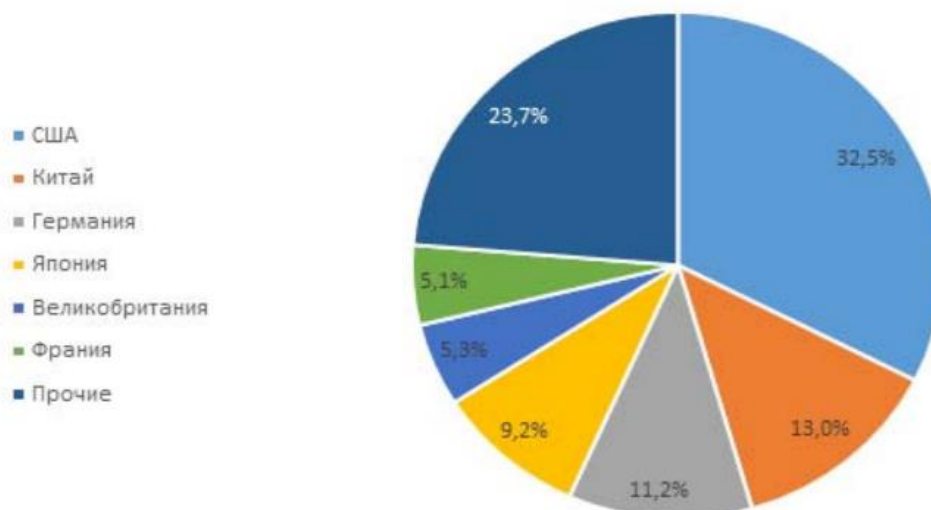


Рисунок 3 – Мировой рынок аддитивных технологий по странам

Значительную часть всего мирового рынка аддитивных технологий занимают небольшие FFF принтеры для частного пользования. Интересным отличием данного рынка является большая доля кастомного оборудования, которое производят либо любители 3D печати, либо маленькие start up проекты, а происходит это благодаря глобальной унификации разрабатываемых технологий для аддитивного производства, например, программное обеспечение с открытым исходным кодом Marlin, которое можно установить практически на любой микроконтроллер от Arduino до ESP или открытые и бесплатные слайсеры для преобразования STL моделей в Gcode, читаемый принтером (как нидерландская Ultimaker Cura).

На мировом рынке аддитивных технологий производство из металла занимает всего 1,3% и большую часть составляет оборудование для SLM производства и расходные материалы. Выделить долю программного обеспечения для SLM принтеров сложно, так как данное оборудование не приобрело настолько массовый характер как FDM и зачастую производители SLM принтеров создают собственное ПО и слайсеры, которые поставляются вместе с принтерами.

## 2.2 Анализ российского рынка аддитивного производства

В настоящее время Россия не является лидером рынка аддитивных технологий и даже не входит в десятку стран по объёму производства, однако за последние несколько лет совокупный объём рынка аддитивного производства вырос почти в 4 раза примерно до 5,6 млрд руб. Также в последние годы на российском рынке был искусственно создан тренд по повышению доли отечественной продукции и сейчас уже около 30% всех 3D принтеров, покупаемых в России, являются отечественными, однако стоит понимать, что это показатели фактической крупноузловой сборки оборудования, но при этом более 85% комплектующих в производимых принтерах изготовлены вне территории РФ. Рынок активно развивается как в промышленном, так и бытовом использовании. Самые известные игроки на рынке, такие как PICASO 3D, ZENIT, VORTEX IMPRINTA в большинстве своём не производят оборудование для промышленного использования, а специализируются на FDM/FFF и SLA принтерах для частного использования.

Однако стоит отметить, что большое количество российских компаний ведут разработку принтеров с иной спецификой работы, например:

- 1) ИнТех-М – Томская компания, разработавшая совместно с ТГУ принтер RoCust X600, способный печатать изделия из керамики для промышленного использования.
- 2) 3DSL.A.RU – компания из Санкт-Петербурга разработавшая 3D принтеры RussianSLM 125/150, RussianSLM 200 и RussianSLM PRO, способные печатать изделия из металла.
- 3) Росатом аддитивные технологии – дочерняя компания Росатома, специализирующаяся на разработке и производстве FDM и SLS принтеров.

Российский рынок аддитивных технологий имеет в целом такие же паттерны развития, как в США и странах Европы – на нём преобладает применение 3D печати в мелкосерийном производстве, прототипировании, НИР и ОКР, машиностроении, авиастроении, космической отрасли и медицине. Пожалуй, единственным серьёзным отличием от развивающихся рынков других стран является неразвивающийся сегмент аддитивного производства электроники.

Производство из металла в РФ занимает немного большую долю от общего рынка аддитивного производства, а именно 2,6%, что в денежном выражении равно 145,6 млн. руб. в год. Большую часть рынка занимают компании 3D Lam и AddSol, которые специализируются на производстве SLM принтеров.

Разрабатываемый принтер имеет потенциал для коммерциализации на рынке РФ ввиду большого количества потенциальных клиентов и стабильного роста объёмов

приобретаемых станков на рынке РФ. Реально достижимая часть рынка на данный момент имеет малый объём, однако общий объём рынка указывает на перспективы развития.



## 3 Проектирование декартового 3D принтера с прямой подачей материала

### 3.1 Разработка декартовой кинематики

У принтера, работающего по любой технологии, должна быть поверхность – стол, на котором будет создаваться объект, и источник материала (экструдер) или, при нахождении изделия в материале, источник энергии (лазер), меняющий агрегатное состояние материала. Для послойного нанесения материала на поверхность необходимо обеспечить перемещение поверхности с создаваемым объектом относительно источника материала или по-другому экструдера относительно стола. Существует 4 основных кинематики движения:

1. Декартовая. Декартовые принтеры являются наиболее распространенными FFF/FDM принтерами на рынке. Технология использует три оси – X, Y, Z (декартова система координат) для определения перемещений механических частей: печатающая головка и станина перемещаются по координатам.

Существует ограниченное количество возможных способов перемещения платформ и печатающих головок в декартовой системе:

– стол двигается горизонтально по X, каретка с экструдером по Y, портал с кареткой вертикально по Z (Prusa i3 кинематика);

– стол двигается вертикально по Z, а портал закреплён без возможности передвигаться, внутри него каретка с экструдером перемещаются горизонтально по X и Y (Core XY кинематика);

– стол не двигается, экструдер движется трехмерно, портал двигается только вертикально;

– стол перемещается по осям X и Y, экструдер движется вертикально.

2. DELTA компоновка. Дельта-принтеры отличаются от декартовых как внешне, так и по процессу работы. Основное отличие заключается в том, как экструдер перемещается по отношению к столу. В конструкции DELTA экструдер крепится к трем опорным точкам, расположенным на вертикальных рельсах под углом 120 градусов относительно друг друга, а перемещение каретки с экструдером осуществляется благодаря вертикальному перемещению опорных точек по рельсам. По сравнению с декартовыми принтерами дельта-кинематика обеспечивает более высокую скорость, но меньшую точность. Причина в том, что для движения экструдера требуется работа всех трех двигателей одновременно, что приводит к ошибкам в координатном позиционировании, но при этом на каждый из двигателей приходится меньшая нагрузка.

3. Полярная кинематика. Данный метод позиционирования появился на рынке не так давно и его особенность в том, что позиционирование определяется радиусом и углом вместо обычно используемых осей XYZ. Такая кинематика движения повышает скорость печати, но детали получаются более низкого качества и точности, кроме того не все слайсеры способны формировать G-code для её работы [23].

4. Роботизированные руки. Данный метод пришёл напрямую из робототехники и представляет собой манипулятор, на котором закреплён экструдер, что позволяет производить 3D объекты на любой поверхности. Главными недостатками данного метода является высокая стоимость манипуляторов и сложность их настройки [24].

Разрабатываемый принтер должен параллельно печатать металлическим порошком и формовочной смесью, поэтому в конструкции должно быть два шнековых экструдера, что значительно повышает массу каретки, а также требует увеличения её объёма, что заставляет отказаться от DELTA компоновки и полярной кинематики. Роботизированные руки в данной разработке использовать нецелесообразно из-за их стоимости и сложности настройки, поэтому была выбрана декартовая кинематическая модель.

Масса разработанного экструдера в незаполненном состоянии составляет 900 г, при размещении каретки с двумя экструдерами на подвижном портале его масса приблизится к 4,5 кг, что является слишком большой нагрузкой для используемых шаговых двигателей Nema 17 и резинового зубчатого шкива, поэтому следует использовать декартовую кинематическую модель. На рисунке 1 изображен неподвижный портал с Core XY кинематикой. Стол двигается вертикально по оси Z, а портал 1 закреплён без возможности передвигаться и внутри него каретка 2 с экструдером 3 перемещаются горизонтально по осям X и Y. В данной модели тяжёлый портал неподвижен, однако стол двигается по оси Z, что также может вызывать трудности при печати моделей большой массы. Во время печати движение по оси Z минимально и происходит только при переходе на новый слой, также для вертикального перемещения предусмотрена шариковая винтовая передача, которая снижает нагрузку на шаговый двигатель.

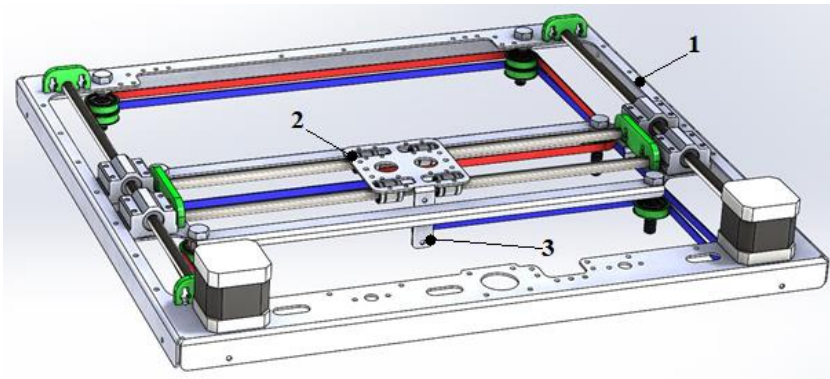


Рисунок 4 – Core XY кинематика

Использование данной кинематики оставляет больше пространства для размещения шнековых экструдеров.

Перемещение каретки происходит за счёт синхронной работы двух шаговых двигателей. Возможны четыре варианта работы, от которых зависит направление движения каретки. При синхронной работе двигателей (векторы сил, действующих на каретку со стороны ремня 1 и ремня 2, сонаправлены) каретка передвигается вдоль рельсов только по оси X (рисунок 2), а при противодействии двигателей происходит совместное передвижение рельсов и каретки. Более сложные траектории движения складываются из этих режимов, причём они могут работать параллельно, например, для перемещения каретки из центра в правый верхний угол можно использовать два метода: 1) при последовательном изначально оба двигателя будут вращать шкивы против часовой стрелки до достижения крайнего правого положения, а затем двигатель, соединённый с первым ремнём продолжит вращение против часовой стрелки, а двигатель, соединённый со вторым ремнём, остановится до перемещения рельсов в крайнее верхнее положение; 2) при параллельном движении два этапа накладываются друг на друга и двигатель, соединённый с первым ремнём, изначально будет двигаться против часовой стрелки с большей скоростью, ввиду чего каретка переместится по диагонали.

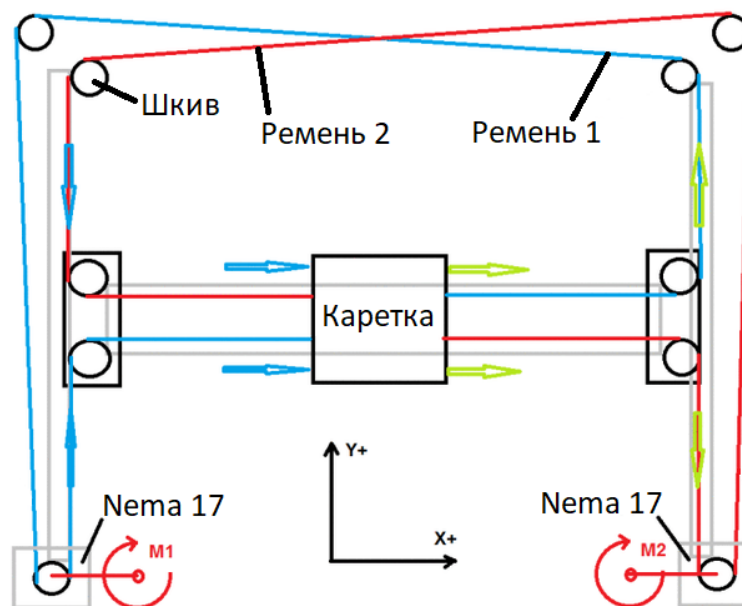


Рисунок 5 – Схематичное движение Core XY кинематики

Данная модель позволяет достичь высокого качества печати и проста в обслуживании.

Для управления принтером было принято решение использовать плату Creality V4.2.7 (рисунок 3). Основное требование при выборе платы заключалось в том, чтобы плата имела 32-битную систему, так как в разработке используется прошивка Marlin 2.0, а она несовместима с 8-битной системой. Помимо этого, плата по умолчанию оснащена портами для подключения 4 двигателей, 2 термисторов, 3 ограничителей, 3 вентиляторов, BLTouch и датчика нити, в разъем которого помещён кастомный датчик контроля гранул, работающий по принципу датчика окончания филамента. Большим плюсом для работы с этой платой стали встроенные драйверы шагового двигателя TMC2225, которые делают работу шаговых двигателей более плавной и тихой, а также возможность подключения Micro-USB и Micro-SD карт для загрузки G-code.

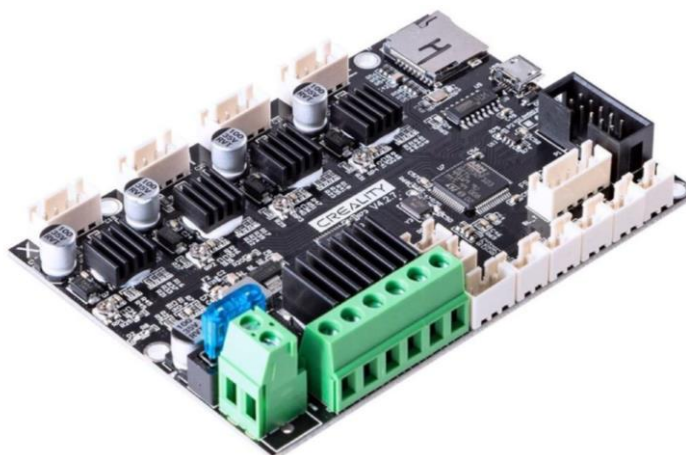


Рисунок 6 – Плата управления Creality V4.2.7

Прошивка Marlin 2.0 предназначена для обеспечения работы FDM/FFF принтеров, которые всегда имеют в своей конструкции нагревательные элементы для экструдера и стола, однако в конструкции разрабатываемого принтера не нужно размещать нагревательные элементы, поэтому для исключения ошибок при запуске G-code устанавливается базовая температура 5 градусов и при сборке принтера два термистора подключаются напрямую к плате. На данном этапе разработки нецелесообразно создавать собственную прошивку для оборудования, что позволит использовать популярную и отлаженную прошивку для 3D принтеров в разрабатываемом оборудовании.

Управление принтером разведено на две платы: рассмотренная ранее Creality V4.2.7 работает только на этапах создания заливочной формы и заполнения её гранулированным металлом, а последующие этапы нагрева, плавления и заливки управляются независимым микроконтроллером - Arduino Nano (рисунок 4).

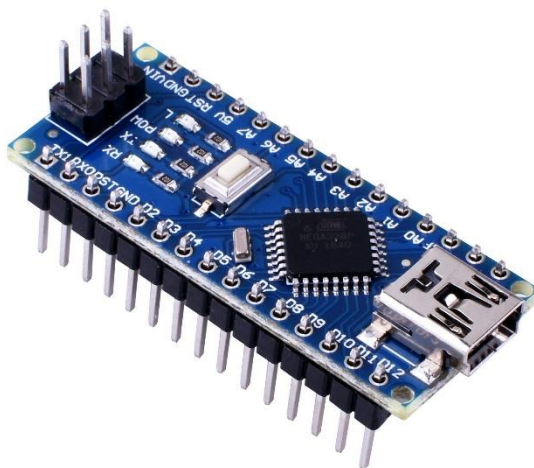


Рисунок 7 – Микроконтроллер Arduino Nano

### 3.2 Разработка шнекового экструдера

Для создания литой детали из металла необходимо изготовить заливочную форму, расплавить металл, залить его в форму и остудить, однако качество изготовленной детали будет низким из-за окисления металла во время литья, низкой жидкотекучести расплавленного металла и градиента температур формы. Низкое качество металла заключается в плохой детализации, особенно в тонких частях формы, и наличии в детали примесей и полостей. Для улучшения детализации и удаления полостей во время создания заливочной формы в неё будет помещаться металлический порошок, который при заливке и нагреве будет плавиться и заполнять всё пространство. Для послойного нанесения металлического порошка потребуется шнековый экструдер, для создания заливочной

формы из формовочной смеси также потребуется шнековый экструдер. Конструктивно два экструдера одинаковы, но отличаются диаметром сопел, шагом шнека и размером ёмкости для сырья (рисунок 8).

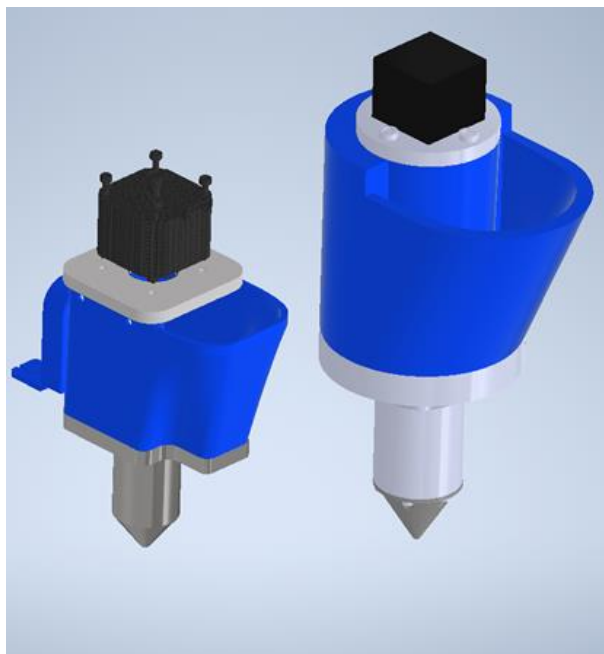


Рисунок 8 – Разработанные в Autodesk Inventor 3D модели шнековых экструдеров

Первый образец предназначен для заполнения заливочной формы металлическим порошком. Размеры частиц металлического порошка не превосходят 315 мкм. При расчёте пропускной способности сопла необходимо принять за норму одновременное прохождение минимум 3 гранул, из чего получаем минимальный диаметр сопла в 945 мкм (ближайший стандартный диаметр сопла 1 мм). Для беспрепятственного захвата гранул шаг шнека должен быть как минимум на порядок больше диаметра частиц, поэтому шаг шнека примем равным 15 мм.

Параметры экструдера, печатающего заливочную форму, не рассчитываются относительно размера частиц, так как формовочная смесь по консистенции больше похожа на бетон и имеет равномерно распределённую плотность. Параметры диаметра сопла и шага шнека рассчитываются относительно требуемого качества и скорости печати. Оптимальная высота слоя при печати равна 30%-40% от диаметра сопла, для заливочной формы высота слоя в 0,3-0,4 мм является хорошим показателем, следовательно, на втором экструдере можно установить такое же сопло диаметром 1 мм. Необходимо стремиться к большой скорости печати заливочной формы, однако тормозящим фактором этого процесса является не пропускная способность сопла и шнека, а скорость застывания формовочной смеси, поэтому производительности шнека с диаметром 15 мм хватит для печати (рисунок 9).

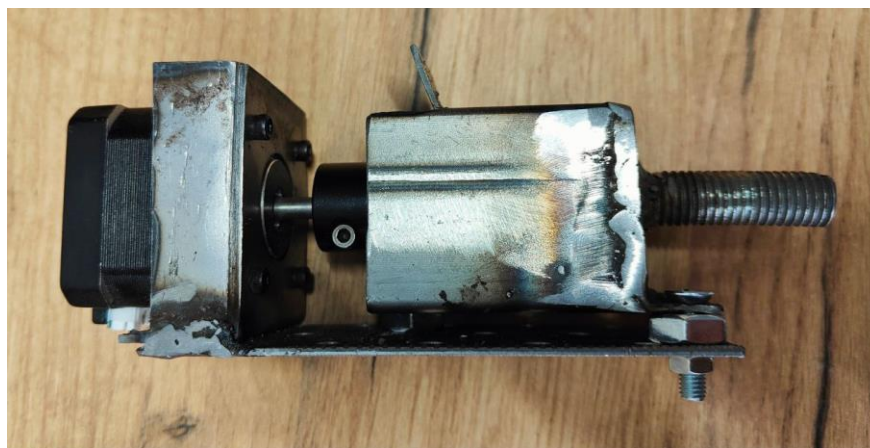


Рисунок 9 – Первый прототип экструдера в сборе без сопла

Для создания заливочных форм используется формовочная смесь Prestige Optima. По результатам серии опытов было определено отношение формовочной смеси и воды (38 мл воды на 100 г смеси) при подготовке сырья для загрузки в бак экструдера. Перед заправкой экструдера смесь необходимо активно перемешивать в течении 1,5-2 минут, а после завершения печати формы в течении часа необходимо промывать экструдер водой.

### 3.3 Разработка принципа работы печи с параллельной заливкой

Главными преимуществами разрабатываемого принтера являются качество изготавливаемой детали и малый цикл производства из-за отсутствия этапа создания штамповочных форм. Достижение высокого качества возможно при полном заполнении металлом заливочной формы и минимальном контакте детали с кислородом при плавлении и охлаждении.

На рынке в настоящее время используют три основных типа печей для плавления металла:

- Печи прямого обжига являются самыми простыми и старыми вариантами для плавления металла. Принцип их работы заключается в сжигании угля, газа или углеводородов для достижения нужной температуры плавления в печи. Данные печи имеют меньшую точность при контроле температур и не изолируют изделие от кислорода, но способны разогревать материал до высоких температур, что полезно при работе с тугоплавкими металлами. Зачастую используются в мелкосерийном производстве.

- Водородные вакуумные печи имеют большее распространение в промышленности из-за повышенного качества изготавливаемых деталей. Повышение качества добивается путём помещения металла во время плавления в инертную среду, что исключает окисление металла.

– Индукционные печи плавят металл за счёт теплового действия вихревых электрических токов, протекающих по нагреваемому телу возникающих в нём из-за явления электромагнитной индукции. Подобные печи способны быстро и с высокой точностью нагреть металл до нужной температуры, но главным минусом данной конструкции является большое потребление электроэнергии.

После создания заливочной формы, наполненной металлическим порошком, она может быть помещена в печь любого из рассмотренных выше типов. Единственным требованием к работе печи заключается в снижении градиента температур в момент фазового перехода металла. Данный эффект достигается путём ступенчатого нагрева формы и металла, то есть достижение  $T'$  ( $T'$  – Температура близкая к запуску фазового перехода;  $T''$  – Температура необходимая для фазового перехода. Эмпирически выведенные данные представлены в таблице 1) всей формой и скачкообразный нагрев до  $T''$  параллельно с заливкой расплавленного металла. Разрабатываемый принтер предназначен для работы с алюминием, свинцом, цинком, медью, серебром и чугуна.

Таблица 1 – Оптимальные температуры до и после фазового перехода для разных металлов

Металл	$T'$ С	$T''$ С
Алюминий	650	685
Медь	1 075	1 110
Свинец	317	352
Цинк	409	444
Чугун	1 090	1 125
Серебро	952	987



## ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Обучающемуся:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
ЗН91	Бантьеву Павлу Петровичу

<b>Школа</b>	<b>Школа инженерного предпринимательства</b>		
<b>Уровень образования</b>	бакалавриат	<b>Направление/ООП/ОПОП</b>	27.03.05 Инноватика/ Предпринимательство в инновационной деятельности

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. <i>Описание организационных условий реализации социальной ответственности</i></p> <p>– заинтересованные стороны (стейкхолдеры) программ социальной ответственности организации, проекта, инновационной разработки, на которых они оказывают воздействие;</p> <p>– стратегические цели организации, проекта, внедрения инновации, которые нуждаются в поддержке социальных программ;</p> <p>– цели текущих программ социальной ответственности организации</p>	<p>Стейкхолдеры: сотрудники, собственники, потребители, население, органы федеральной и местной власти.</p> <p>Стратегические цели организации: повышение экономической эффективности, стоимости и инвестиционной привлекательности предприятия при обеспечении устойчивого социально-экономического развития и необходимого уровня производственной и экологической безопасности.</p> <p>Цели текущих программ социальной ответственности организации: развитие собственного персонала, реклама товара и услуги, сохранение социальной стабильности в обществе, улучшение имиджа компании и рост ее репутации.</p>
<p>2. <i>Законодательные и нормативные документы</i></p>	<p>Трудовой кодекс РФ, Федеральный закон "О некоммерческих организациях" от 12.01.1996 N 7-ФЗ.</p>

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

<p>1 <i>Анализ факторов внутренней социальной ответственности:</i></p> <p>– принципы корпоративной культуры исследуемой организации;</p> <p>– системы организации труда и его безопасности;</p> <p>– развитие человеческих ресурсов через обучающие программы и программы подготовки и повышения квалификации;</p> <p>– системы социальных гарантий организации;</p> <p>– оказание помощи работникам в критических ситуациях.</p>	<p>– Предприятие осуществляет мероприятия по развитию человеческих ресурсов своих сотрудников через обучающие программы и программы подготовки и повышения квалификации.</p>
<p>2 <i>Анализ факторов внешней социальной ответственности:</i></p> <p>– содействие охране окружающей среды;</p> <p>– взаимодействие с местным сообществом и местной властью;</p> <p>– влияние разработки, проекта, инновации на стейкхолдеров</p> <p>– влияние разработки, проекта, инновации на окружающую среду, возможное содействие охране окружающей среды;</p> <p>– ответственность перед потребителями товаров и услуг (выпуск качественных товаров),</p> <p>– готовность участвовать в кризисных ситуациях и т.д.</p>	<p>– содействие охране окружающей среды;</p> <p>– ответственность перед потребителями товаров и услуг.</p>
<p>3 <i>Правовые и организационные вопросы обеспечения социальной ответственности:</i></p> <p>– анализ правовых норм трудового законодательства;</p> <p>– анализ специальных (характерные для исследуемой области деятельности) правовых и нормативных законодательных актов;</p> <p>– анализ внутренних нормативных документов и регламентов организации в области исследуемой деятельности.</p>	<p>– трудовым кодексом Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ;</p> <p>– Федеральным законом 442-ФЗ «Об основах социального обслуживания граждан в РФ»;</p>

### Перечень графического материала:

<p>Таблица 2 – Определение целей КСО на предприятии  Таблица 3 – Определение стейкхолдеров программы КСО  Таблица 4 – Определение элементов программы КСО  Таблица 5 – Определение затрат на мероприятия КСО  Таблица 6 – Оценка эффективности мероприятий КСО</p>	<p>Определение целей КСО на предприятии  Определение стейкхолдеров программы КСО  Определение элементов программы КСО  Определение затрат на мероприятия КСО  Оценка эффективности мероприятий КСО</p>
--	--

<p><b>Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком</b></p>	
---	--

**Задание выдал консультант по разделу «Социальная ответственность»:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель	Феденкова А.С.	-		

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ЗН91	Бантьев Павел Петрович		

## **4 Корпоративная социальная ответственность**

### **4.1 Сущность корпоративной социальной ответственности**

Корпоративная социальная ответственность (КСО) относится к этической ответственности компаний, она помогает учитывать социальные последствия своих действий, включая влияние, которое компании оказывают на сотрудников, клиентов, окружающую среду и общество в целом. Это предполагает интеграцию социальных ценностей в бизнес-операции и процессы принятия решений с целью продвижения устойчивой и ответственной деловой практики. КСО охватывает широкий спектр видов деятельности, таких как охрана окружающей среды, благосостояние сотрудников, права человека и вовлечение общественности в социально важные проекты.

Корпоративная социальная ответственность вошла в корпоративное управление в конце XX века и в настоящее время внедрение мероприятий КСО становится неотъемлемой частью становления успешной компании.

Социальная ответственность бизнеса – концепция, согласно которой бизнес, помимо соблюдения законов и производства качественного продукта/услуги, добровольно берет на себя дополнительные обязательства перед обществом.

В рамках корпоративной социальной ответственности деятельность организации относится к общим бизнес-операциям и практикам компании, включая ее продукты и услуги, цепочку поставок, производственные процессы и корпоративное управление. Деятельность организации затрагивает как ее сотрудников, так и общество в целом, и как таковая, она несет ответственность за обеспечение того, чтобы эта деятельность осуществлялась социально ответственным образом. Это включает в себя учет социального и экологического воздействия своей деятельности, а также включение этических и устойчивых практик в свою бизнес-стратегию.

Корпоративная социальная ответственность – это комплекс действий, связанных с ключевыми стейкхолдерами. Стейкхолдеры – «заинтересованные стороны» в рамках корпоративной социальной ответственности - это отдельные лица или группы, на которых деятельность компании оказывает как положительное, так и отрицательное влияние. К ним относятся сотрудники, клиенты, поставщики, инвесторы, регулирующие органы и сообщество в целом. Ожидается, что в дополнение к выполнению своих юридических и регулятивных обязательств компании будут учитывать интересы этих заинтересованных сторон при принятии решений и реализации политики. Анализ, идентификация и

вовлечение заинтересованных сторон являются важными компонентами успешной стратегии КСО.

В данной главе разработана программа КСО по стратегической модели для компании, производящей промышленное оборудование, создаваемой в рамках данной выпускной квалификационной работы.

Этапы разработки программы КСО для предприятия:

- Определение целей и задач программы КСО;
- Определение стейкхолдеров программы КСО;
- Определение элементов программы КСО;
- Определение затрат на программу КСО;
- Ожидаемая эффективность программы КСО.

#### 4.2 Определение целей и задач программы КСО

Цели и задачи программы КСО - это предполагаемые результаты, которых компания стремится достичь с помощью своих инициатив в области социальной ответственности. Цели должны быть четко определены, поддаваться измерению и соответствовать общей бизнес-стратегии компании. С другой стороны, цели - это конкретные действия или вид деятельности, которые компания будет осуществлять для достижения определенных целей.

Важно, чтобы цели и задачи были конкретными, измеримыми и достижимыми, то есть отвечали всем стандартам SMART. В таблице 28 представлены миссия и стратегия компании, а также цели КСО на предприятии.

Таблица 2 – Определение целей КСО на предприятии

		<b>Цели КСО</b>
<b>Миссия компании</b>	Облегчить и удешевить производственным компаниям процесс ремонта оборудования, чем снизить вероятность простоя производственных мощностей, а, следовательно, увеличить производительность компаний. За счет создания инновационного продукта с возможностью производства деталей из вторичного сырья и снижение экологического загрязнения от деятельности индустрии станкостроения, а ответственным отношением к персоналу и обществу способствовать реализации человеческого потенциала и улучшению основных сфер жизни людей.	1. развитие собственного персонала; 2. рост производительности труда в компании; 3. освещение деятельности компании в СМИ; 4. стабильность и устойчивость развития компании в долгосрочной перспективе;
<b>Стратегия компании</b>	Стратегия инновационного развития компании предусматривает повышение экономической эффективности и инвестиционной привлекательности компании при обеспечении устойчивого социально-экономического развития и повышения уровня производственной и экологической безопасности.	

Цели КСО соответствуют миссии и стратегии компании и могут быть успешно в них интегрированы. Развитие собственного персонала и рост производительности труда компании способствует повышению экономической эффективности и инвестиционной привлекательности компании, а также положительно влияет на реализации потенциала сотрудников. Возможность производства деталей из вторичного сырья и снижение экологического загрязнения от деятельности индустрии станкостроения способствует освещению деятельности компании в СМИ, а системный подход к облегчению и удешевлению производственным компаниям процесса ремонта оборудования повышает привязанность клиентов к продуктам компании, следовательно, приводит к повторному приобретению продуктов компании и стабильному и устойчивому развитию компании в долгосрочной перспективе.

### 4.3 Определение стейкхолдеров программы КСО

Опираясь на цели программы КСО осуществляется выбор стейкхолдеров. В таблице 3 представлены цели КСО и стейкхолдеры, на которых они направлены.

Таблица 3 – Определение стейкхолдеров программы КСО

№	Цели КСО	Стейкхолдеры
1	Развитие собственного персонала	Сотрудники, собственники
2	Рост производительности труда в компании	Потребители, собственники
3	Освещение деятельности компании в СМИ	Потребители, органы федеральной и местной власти, СМИ
4	Стабильность и устойчивость развития компании в долгосрочной перспективе	Потребители, собственники, органы федеральной и местной власти

Сотрудники компании заинтересованы в повышении своей квалификации, так как это повышает их стоимость на рынке труда. Собственнику компании выгодно повышать квалификацию персонала, так как это увеличивает эффективность производственных процессов и укрепляет привязанность сотрудников к организации.

Повышение производительности труда в компании увеличивает объём производимой продукции, в связи с чем она становится доступнее, что полезно для потребителей, а для собственника увеличение объёмов производства несомненно выгодно, так как позволяет занимать новые рынки сбыта.

Потребители смогут получать актуальную информацию из-за освещения деятельности компании в СМИ, а органы федеральной и местной власти получают более детальную информацию о проектах с экологической повесткой реализуемых в их юрисдикции. Сами СМИ получают дополнительные информационные поводы для публикаций.

При стабильном и устойчивом развитии компании в долгосрочной перспективе у потребителей формируется положительный опыт эксплуатации и ему не требуется тратить время на поиск новых способов решения его проблемы с производством металлических деталей для станков. Для собственника стабильное и устойчивое развитие компании в долгосрочной перспективе приносит стабильную прибыль, а для органов федеральной и местной власти налоговые отчисления.

#### 4.4 Определение элементов программы КСО

Определение элементов программы КСО зависит от сферы деятельности компании, её финансовых возможностей, размера, настроений в коллективе и многого другого. Для определения элементов КСО требуется сопоставить стейкхолдеров компании, их интересы и мероприятия, которые их затрагивают. Также необходимо помнить о временных рамках проводимых программ по КСО и сопоставлять их с целями и задачами программы, для создания оптимальной стратегии по достижению ожидаемых результатов после завершения работ с КСО. В таблице 4 представлены элементы программы КСО на предприятии.

Таблица 4 – Определение элементов программы КСО

Стейкхолдеры	Описание элемента	Ожидаемый результат
Сотрудники	Социальные инвестиции	Повышение квалификации сотрудников, снижение срока адаптации новых сотрудников, реализация потенциала сотрудников, повышение качества продуктов компании
Потребители	Социальные инвестиции	Привлечение новых клиентов, публикации в СМИ, снижение затрат на сырьё
Органы федеральной и местной власти	Социально значимый маркетинг	Повышение привлекательности компании как работодателя, повышение заинтересованности выпускников образовательных учреждений аддитивными технологиями

Основные элементы программы КСО в компании определены в соответствии с интересами главных стейкхолдеров, ожидаемые результаты реализации элементов программы оказывают прямое влияние на них.

Социальные инвестиции – вид инвестирования, нацеленный на поддержку социально одобренных проектов, к которым не применяется нормальная рыночная доходность. Рассматриваются социальные, экологические последствия.

Социально значимый маркетинг – форма адресной финансовой помощи, которая заключается в направлении процента от продаж конкретного товара или услуги на проведение социальных программ компании.

#### 4.5 Определение затрат на программу КСО

Общий бюджет программы КСО составляет 2,4% от годовой чистой прибыли компании, который начиная со второго года работы компании ежегодно направляется на реализацию программы. Выбранная часть чистой прибыли обусловлена финансовыми возможностями компании и временными рамками, в которых реализуются программы КСО. В таблице 5 представлены затраты предприятия на программы КСО.

Таблица 5 – определение затрат на мероприятия КСО

№	Мероприятие	Единица измерения	Период	Стоимость реализации на планируемый период
1	Организация профессионального сопровождения молодых сотрудников	руб.	1 год	500 000
2	Производство деталей из вторичного сырья полученного от клиентов	руб.	1 год	50 000
3	Проведение профессионально-ориентационных игр в школах и средних специальных образовательных учреждениях	руб.	1 год	80 000
	<b>ИТОГО:</b>			630 000

Все три программы имеют систематический характер, поэтому ежегодно компания будет отчислять деньги на их реализацию. Наибольшее количество затрат запланировано на организацию профессионального сопровождения молодых сотрудников, так как данная программа содержит в себе как образовательный трек для обучения сотрудников практическим навыкам и кураторская программа, так и образовательные мероприятия в сторонних организациях. Хотя производство деталей из вторичного материала задействует наибольшее число людей, но оно имеет наименьшие затраты, так как в рамках утилизации металлических конструкций сырьё будет перерабатываться в новые детали для клиентов.

#### 4.6 Ожидаемая эффективность программы КСО

Проводя оценку эффективности программы КСО необходимо оценивать не только эффект, который данная программа оказала на общество, но и на саму компанию. Ключевыми метриками для оценки эффективности являются достигнутые в рамках КСО цели. В таблице 6 представлена оценка эффективности мероприятий КСО.

Таблица 6 – Оценка эффективности мероприятий КСО

№	Название мероприятия	Затраты (руб. в год)	Эффект для компании	Эффект для общества
1	Организация профессионального сопровождения молодых сотрудников	500 000	Повышение квалификации сотрудников, снижение срока адаптации новых сотрудников	Реализация потенциала сотрудников, повышение качества продуктов компании
2	Производство деталей из вторичного сырья полученного от клиентов	50 000	Привлечение новых клиентов, публикации в СМИ, снижение затрат на сырьё	Утилизация отходов станкостроения, популяризация в СМИ экологической повестки
3	Проведение профессионально-ориентационных игр в школах и средних специальных образовательных учреждениях	80 000	Повышение привлекательности компании как работодателя, привлечение молодых сотрудников	Повышение заинтересованности выпускников образовательных учреждений аддитивными технологиями, увеличение числа профессионально-ориентированной молодёжи

По итогу планирования программ КСО можно сделать вывод, что затраты на данную сферу оправданны. В рамках программ КСО реализуемых компанией существуют как проекты направленные на улучшения условия труда сотрудников компании, профессионально-ориентационные мероприятия для молодёжи и экологические проекты по утилизации отходов станкостроения.

Разработанная программа КСО соответствует миссии и стратегии предприятия. Все мероприятия полностью реализуют интересы стейкхолдеров.

Разработанная программа КСО позволит предприятию ответственно подходить к своей деятельности, рассматривать ее воздействие на общество в перспективе, предвидя проблемы и решая их.



## 5 Разработка бизнес-модели и плана продвижения принтера для производства металлических изделий

### 5.1 Описание базовой бизнес-идеи

Литейный принтер – это оборудование для быстрого производства деталей из металла по качеству, идентичному продуктам литейного производства. Данный принтер совмещает в себе преимущества в скорости производства аддитивных технологий и прочностные характеристики деталей литейного производства. В таблице 7 представлены описание продукта и клиентов.

Таблица 7 – Описание продукта и клиентов

<b>Клиенты</b>	<b>Продукт</b>
<b>Проблема</b> При поломке оборудования снятого с производства или ушедшего с рынка невозможно приобрести оригинальные запасные детали, ввиду чего необходимо создавать собственные аналоги.	<b>Решение</b> Принтер изготавливающий детали из металла по прочностным характеристикам идентичным продуктам литейного производства
<b>Кто клиенты (ЦА)?</b> 1) Компании, занимающиеся техническим обслуживанием машин и механизмов на производстве; 2) Малые и средние компании, имеющие на балансе оборудование с завершённым гарантийным сроком.	<b>Как выглядит и работает продукт?</b> Производство детали состоит из шести этапов: 1) Создание заливочной формы из формовочной смеси с параллельным заполнением полостей металлическим порошком; 2) Перемещение формы в плавильную печь; 3) Нагрев формы и материала до температуры на 15-20 градусов ниже температуры плавления; 4) Увеличение температуры с параллельной заливкой расплавленного металла для увеличения скорости фазового перехода и снижения количество полостей с воздухом в конечной детали; 5) Равномерное охлаждений формы и детали; 6) Демонтаж формы.
<b>Как они решают проблему сейчас?</b> 1) Изготавливают детали на фрезерном ЧПУ; 2) Изготавливают детали на 3D FDM или SLM принтерах.	<b>В чём преимущество?</b> 1) Уменьшение времени и цены мелкосерийного производства деталей их металла в сравнении с литьём и штамповкой; 2) Сокращение узлов производственного цикла; 3) Повышение прочностных характеристик деталей в сравнении аддитивным методом производства (SLM).

Ценностное предложение данного принтера заключается в предоставлении сервисным компаниям по обслуживанию сошедшего с гарантии оборудования и организациям, имеющим такое оборудование на балансе, способа быстрого производства запасных деталей из металла с высокими прочностными характеристиками для оперативного устранения неисправностей в производственных процессах.

Целевой аудиторией являются сервисные компании, занимающиеся техническим обслуживанием машин и механизмов, для которых затруднительно приобрести оригинальные запасные детали, а также сами производственные компании, имеющие на балансе подобное оборудование. В таблице 8 представлен портрет целевой аудитории.

Таблица 8 – Портрет потребителя продукта на B2B рынке

1	Организационно правовая форма	ООО, ОАО, ЗАО, Производственные кооперативы, ИП.
2	Группы видов деятельности по ОКВЭД	24, 25, 27, 28, 29, 30, 33
3	Географическое местоположение	РФ
4	Минимальный годовой оборот	20 млн. руб.

В настоящее время на рынке есть узкая целевая аудитория, для которой предназначен продукт. Обновление оборудования на производстве сейчас затруднено ввиду ухода многих поставщиков с рынка РФ, что теоретически повышает потребительский спрос на данный принтер и производимые им детали.

## 5.2 SWOT-анализ

SWOT-анализ – метод стратегического планирования, заключающийся в выявлении факторов внутренней и внешней среды организации и разделении их на четыре категории [23]:

- Strengths (сильные стороны),
- Weaknesses (слабые стороны),
- Opportunities (возможности),
- Threats (угрозы).

В таблице 9 представлен SWOT-анализ проекта.

Таблица 9 – SWOT-анализ

<p><b>SWOT-анализ</b></p>	<p><b>Сильные стороны:</b>          1) Высокие прочностные характеристики изготавливаемых деталей          2) Малый срок от проектирования детали до её производства          3) Использование прошивки с открытым кодом          4) Использование геометрически простой кинематической модели          5) Наличие опыта в разработке 3D принтеров</p>	<p><b>Слабые стороны:</b>          1) Отсутствие собственного слайсера          2) Использование плавильной печи стороннего производителя          3) Зависимость от качества сырья          4) Низкая скорость печати в сравнении с SLM принтерами</p>
<p><b>Возможности:</b>          А) Совершенствование продукта печатью на заказ          Б) Создание слайсера для данного типа принтеров          В) Расширения списка металлов для производства          Г) Создание более сложной геометрии деталей чем при литейном производстве          Д) Снижение стоимости мелкосерийного производства</p>	<p>1В) Дальнейшее увеличение прочностных характеристик деталей благодаря применению новых материалов;          34Д) Уменьшение себестоимости производимых деталей благодаря низкой цене обслуживания принтера и отсутствия лицензионных отчислений за использование прошивки;          5А) Наличие клиентской базы для производства деталей на заказ          5Б) Разработка собственного слайсера или расширенного плагина для существующих решений для оптимизации работы принтера;</p>	<p>1Д) При использовании печи стороннего производителя нет необходимости в окупаемости затрат на разработку, что позволит снизить себестоимость конечного продукта;          4АБ) Повышение скорости печати благодаря оптимизации работы принтера путём формирования уникального G-code из собственного слайсера, а также улучшение системы вентиляции во время печати деталей на заказ;</p>
<p><b>Угрозы:</b>          А) Технический сбой в работе принтера          Б) Запрет на использования слайсера компании Ultimaker на территории РФ          В) Популяризация альтернативных методов аддитивного производства из металла и композитных пластиков</p>	<p>34А) Проведение тестирования прошивки непосредственно на разрабатываемой конфигурации принтеров для снижения вероятности сбоя во время печати;          5Б) Разработка собственного слайсера используя существующие наработки;          1В) Ориентация не только на целевую аудиторию, которой требуются прочностные характеристики, но и на аудиторию, заинтересованную в деталях с электропроводностью и повышенной теплопроводностью свойственной металлам.</p>	<p>3А) Использование в шнековом экструдере для металлического порошка сопла с диаметром более трёх средних диаметров частиц, для исключения технических сбоев в работе принтера из-за забитого сопла.</p>

По результатам анализа можно заключить, что сильные стороны проекта будут

способствовать его продвижению на рынке РФ, также будет проведена масштабная работа по достижению стабильного функционирования принтера и созданию им деталей высоких прочностных характеристик. Слабые стороны и угрозы проекта будут нивелированы технической доработкой оборудования и применением разностороннего подхода к его продвижению.

### 5.3 Анализ конкурентов

В результате анализа рынка была систематизирована информация о конкурентах разрабатываемого принтера (таблица 10) как по технологиям производства, так и по компаниям, работающим на рынке в данный момент.

Таблица 10 – Анализ конкурентов

Конкурент	Ресурс/ Сильные стороны	Стратегия	Используемая технология	Страна производитель	Слабые стороны Уязвимости
Разрабатываемый принтер	Высокие прочностные характеристики изготавливаемых деталей;	Акцент на высоких прочностных характеристиках изготавливаемых деталей и низкой цене мелкосерийного производства;	Литьё в печатную форму	РФ	Долгий срок производства деталей, в сравнении с SLM и EBM технологиями
3D Lam [29]	Наличие технической поддержки; Возможность проверки качества изготавливаемой продукции перед приобретением;	Упор на прикладное производство, так как в рекламной продукции компании часто встречаются реальные кейсы с производством деталей для различных компаний на территории РФ; В продвижении компания делает акцент на отечественное производство;	SLM	РФ	Низкое качество сборки; Отсутствие собственного ПО;
Hunan Farsoon High-tech [28]	Высокая точность изготовления (до 50 мкм)	Позиционируется как медицинское оборудование для печати стоматологических имплантатов	SLM	Китай	Малая область печати
Arcam EBM [30]	Возможность работы с большим количеством металлов; Высокая точность изготавливаемых деталей; Наличие собственного ПО.	Позиционирование продукта как премиум с акцентом на уникальную технологию производства	EBM	США	Высокая цена (от 19,6 млн)

По результатам анализа было выявлено, что рынок высокоточного производства изделий из металла (для медицинской и космической отрасли) имеет высокую конкуренцию, а разрабатываемый принтер не сможет обеспечить точность изготовления, идентичную технологии EBM, ввиду чего рациональнее позиционировать продукт как оборудование для производства деталей машин и механизмов с повышенными прочностными характеристиками по сравнению с принтерами, работающими по технологии SLM.

#### 5.4 Разработка бизнес модели по Остервальдеру

В таблице 11 представлена бизнес модель проекта по Остервальдеру.

Таблица 11 – Бизнес модель по Остервальдеру

<p><b>Ключевые партнеры</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Поставщик и формовочной смеси</li> <li>• Поставщик и металлического порошка</li> <li>• Разработчики слайсеров (компания Ultimaker)</li> <li>• Транспортные компании</li> </ul>	<p><b>Ключевые виды деятельности</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Производство металлических деталей по моделям клиентов;</li> <li>• Производство и продажа 3D принтеров;</li> </ul> <p><b>Ключевые ресурсы</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Денежные средства</li> <li>• Инженер-конструктор</li> <li>• Инженер-электронщик</li> <li>• Менеджер</li> <li>• Маркетолог</li> <li>• Производственная зона</li> </ul>	<p><b>Ценностные предложения</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Производство металлических деталей идентичных продуктам литейного производства за меньший срок и без создания заливочных форм;</li> <li>• Быстрое производство деталей машин и механизмов, которые больше не производятся заводом изготовителем или не поставляются в РФ;</li> </ul>	<p><b>Взаимоотношения с клиентами</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Единый Telegram канал для клиентов, в котором будут публиковаться новые доработки, обновления и будет возможность для связи с технической поддержкой;</li> </ul> <p><b>Каналы сбыта</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Нативная реклама продукта через каналы в Telegram и на YouTube</li> <li>• Прямые продажи</li> <li>• Участие в выставках промышленного оборудования</li> </ul>	<p><b>Потребительские сегменты</b></p> <p>B2B</p> <p>Сервисные компании занимающиеся обслуживанием промышленного оборудования сошедшего с производства и сами производственные компании имеющие данное оборудование на балансе</p>
<p><b>Структура издержек</b></p> <p>Постоянные:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Аренда производственного помещения;</li> <li>• Фонд оплаты труда (ФОТ);</li> </ul> <p>Переменные:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Сырьё и комплектующие;</li> <li>• Логистические расходы;</li> <li>• Комиссия банка с платежами;</li> <li>• Налоги;</li> </ul>			<p><b>Потоки поступления доходов</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Продажа деталей, напечатанных на заказ</li> <li>• Продажа принтеров</li> </ul>	

Бизнес-модель Остервальдера – инструмент стратегического управления,

используемый для описания и визуализации бизнес-моделей различных компаний и стартапов. Она представляет собой схему из 9 блоков, описывающих разные бизнес-процессы организации [31]:

- ключевые партнеры,
- ключевые виды деятельности,
- ключевые ресурсы,
- ценностные предложения,
- взаимоотношения с клиентами,
- каналы сбыта,
- потребительские сегменты,
- структура издержек,
- потоки доходов.

Монетизация разработки будет осуществляться прямой продажей оборудования сервисным центрам и производственным компаниям, а также предоставлением услуги печати на заказ, что позволит снизить зависимость от продажи дорогого оборудования и повысит денежный поток в компанию. Помимо этого, печать на заказ снижает ценовой порог для потенциальных клиентов и позволит им перед приобретением принтера убедиться в качестве изготавливаемых принтером деталей.

## **5.5 Продвижение продукта**

### **План продвижения онлайн методами**

Продукт нацелен на B2B рынок и его целевой аудиторией являются малые и средние производственные компании с оборудованием, снятым с гарантии, или с отсутствием на рынке запасных металлических комплектующих, а также сервисные компании, специализирующиеся на обслуживании промышленного оборудования. При работе с данной целевой аудиторией самым сложным этапом считается донесение информации до лица, принимающего решения (ЛПР), так как на производственном предприятии средних размеров зачастую им является не собственник, а руководитель отдела снабжения, производства или технического обслуживания. Из-за этого стандартные методы продвижения, применимые на B2C рынке, такие как таргетированная реклама в социальных сетях и браузерах, баннерная реклама и номинальное продвижение продукта в социальных сетях (прямая демонстрация продукта и его характеристик) имеют низкую эффективность. Для повышения эффективности программы продвижения был выбран

экспертный подход в позиционировании продукта, он заключается в демонстрации клиентам не только самого продукта, но и высокой квалификации компании в выбранном сегменте. Реализуется данный подход путём систематического создания контента по схожей с тематикой продукта теме и нативная привязка контента к продукту. Примеры для разрабатываемого продукта: 1) Ведение канала в Telegram по тематике аддитивного производства, с полезной практической информацией об используемых методах производства, причём не только с указанием собственного продукта, но и с объективной оценкой аналогов; 2) Публикации статей в научно-популярных журналах, не только с объяснением принципов работы продукта, но и описанием смежных с продуктом исследований (сравнение особенностей производства из разных металлов и разработка лучшего сплава, анализ альтернативных методов плавления металла и тд); 3) Ведение канала на YouTube по тематике производства изделий из металла с упором в прикладную информацию, также с объективной оценкой методов производства. Важным при таком подходе является прямая связь источников информации с производимым продуктом, поэтому необходимо размещать в материале ссылки на социальные сети, статьи и сайт компании.

Помимо информационного продвижения продукта в сегменте промышленного оборудования всё ещё являются эффективными прямые продажи. При прямых продажах на B2B рынке ещё сильнее заметен эффект, связанный с затруднительным нахождением ЛПР, так как публичные номера компаний приводят только к секретарям или заместителям, которые не всегда готовы переводить разговор, связанный с продажей на уровень выше, а передача информации через подчинённых в подавляющем большинстве случаев не работает. Повышение конверсии продаж возможно при составлении баз клиентов, анализе и сборе информации отдельно по каждому лиду и использование модели продаж через несколько касаний, то есть не стремление закрыть сделку при первом знакомстве с клиентом, а постепенное погружение клиента в информационную среду, располагающую к продукту, например, через предварительное отправление информации о продукте на электронную почту и последующее краткое подведение итогов каждого разговора с клиентом личным сообщением от менеджера.

При анализе рынка была собрана база потенциальных клиентов по данным из Единого реестра юридических лиц (ЕГРЮЛ) и Единого реестра индивидуальных предпринимателей (ЕГРИП) по всей территории РФ, в которую вошли 93 244 компаний и отдельно по Томской области 475 компаний (рис 10). При сборке базы к компаниям были следующие требования: 1) организация должна быть действующей на момент составления базы (22.05.2023); 2) Форма собственности только частная; 3) Виды деятельности по

основному ОКВЭД из групп 24, 25, 27, 28, 29, 30 и 33; 4) Обязательное наличие номера телефона компании в базе; 5) Выручка за 2022 год не менее 20 млн. руб.

Кол-во организаций	93 244
Стоимость	37 763,00 Р
Промокод	<input type="checkbox"/>
Кол-во организаций	475
Стоимость	2 394,00 Р
Промокод	<input type="checkbox"/>

Рисунок 10 – Количество потенциальных клиентов в РФ и Томской области и цена соответствующих баз

В таблице 12 представлены затраты на онлайн продвижение в ближайшие три года реализации проекта.

Таблица 12 – Затраты на онлайн продвижение в тыс. руб.

Наименование трат	2023 г	2024 г	2025 г
Оплата услуг дизайнера для создания анимации и графического контента в Telegram канал	60	60	60
Оплата Telegram Premium	2	2	2
Заработная плата контент-менеджера (с учётом отчислений в соц. фонды)	234	391	782
Затраты на оборудование для создания видео контента: -ПК для монтажа; -Камера; -Свет и фон; -Микрофон;	260	50	50
Оплата публикаций статей в журналах	28	28	28
Доплата сотрудникам за написание статей	60	60	60
Приобретение баз клиентов	0	40	50
Заработная плата менеджера по продажам	0	469	625
Разработка и поддержание сайта компании	50	5	5
<b>Итого</b>	<b>434</b>	<b>1105</b>	<b>1662</b>

### План продвижения офлайн методами

Самым распространённым методом офлайн продвижения является розничная дистрибуция товара, но она эффективна для товаров частого потребления, так как для них крайне важна быстрая доставка продукта клиенту. Для разрабатываемого принтера будет



нецелесообразно организовывать розничную продажу из-за высоких издержек на реализацию.

Для оборудования эффективным считается продвижение через выставки промышленного оборудования. Самой популярной выставкой в РФ по тематике проекта является «Металлообработка», которая проводится в ЦВК Экспоцентр города Москва. Для участия в выставке необходимо не только подготовить оборудование и обеспечить его транспортировку до выставки, но и изготовить рекламный материал, подготовить презентационное видео для стенда и выступления, оформить сам стенд и обучить персонал управлению оборудованием. Выставки являются не только местом знакомства клиентов с оборудованием, но и местом заключения сделок на поставку, поэтому обязательным пунктом в подготовке к выставке является осуществление предварительных договорённостей с потенциальными клиентами и назначение встреч в рамках выставки. В таблице 13 представлены затраты на участие в выставке «Металлообработка 2024».

Таблица 13 – Затраты на участие в выставке «Металлообработка 2024» в тыс. руб.

Наименование трат	Затраты
Аренда площади для стенда	300
Подготовка стенда	35
Оплата рекламных услуг на выставке	85
Подготовка раздаточного материала	20
Подготовка видео презентации	30
Транспортные расходы на оборудование	33
Транспортные расходы на сотрудников	40
<b>Итого</b>	<b>543</b>

Для снижения финансовой нагрузки на компанию планируется привлечь финансирование в размере 300 000 руб. от инновационного кластера Smart Technologies Tomsk по программе помощи инновационным проектам кластера с участием в промышленных выставках.

## 5.6 Выбор организационно-правовой формы и системы налогообложения

На данный момент проект существует в рамках организационно правовой формы ИП (ИНН: 701405155268) с системой налогообложения УСН (Доход), но с использованием налоговых льгот «Налоговые каникулы» в соответствии с действующим законом № 51-ОЗ «Об установлении на территории Томской области налоговых ставок по налогу, взимаемому в связи с применением упрощенной системы налогообложения» [32].

Для дальнейшего развития проекта планируется привлечение инвестиций, ввиду чего будет учреждено юридическое лицо с организационно-правовой формой ООО

(Общество с ограниченной ответственностью), и режимом налогообложения УСН (Доход-расход).

Выбор в пользу данной формы обусловлен следующими причинами:

1. Обязательным требованием для многих институтов развития, например, Фонд содействия инновациям или университетские стартап студии, является учреждение именно ООО;

2. Общество с ограниченной ответственностью отвечает за свои обязательства в рамках уставного капитала, в отличие от ИП, отвечающего по обязательствам всем своим имуществом;

3. При ведении коммерческой деятельности контрагенты зачастую отдают предпочтение ведению деятельности с юридическими лицами, а не ИП.

Базой для налогообложения будет выбран доход-расход, поскольку предполагается, что доля расходов в финансовой структуре компании будет превышать пороговое значение в 60%, а также с учётом пониженной на 5% ставка по УСН Доходы-Расходы для Томской области данная система будет выгоднее.

В таблице 14 представлены виды деятельности организации в соответствии с кодами ОКВЭД.

Таблица 14 – Коды ОКВЭД

Код ОКВЭД	Расшифровка
72.19	Научные исследования и разработки в области естественных и технических наук прочие
46.62	Торговля оптовая станками
46.69	Торговля оптовая прочими машинами и оборудованием
47.91.4	Торговля розничная, осуществляемая непосредственно при помощи телевидения, радио, телефона
62.01	Разработка компьютерного программного обеспечения
28.2	Производство прочих машин и оборудования общего назначения
28.21	Производство печей, термокамер и печных горелок
28.21.1	Производство неэлектрических печей, горелок и устройств для них
28.21.2	Производство электрических печей
24.10.1	Производство основных продуктов из железа и стали
24.2	Производство стальных труб, полых профилей и фитингов
24.3	Производство прочих стальных изделий первичной обработкой

Коды ОКВЭД выбраны в соответствии с текущей деятельностью организации. Количество кодов не ограничивается законом, для организации были выбраны дополнительно коды для смежных видов деятельности, таких как производство металлических деталей на заказ и дистрибуция оборудования.

## **5.7 Оценка рынка**

Мировой рынок оборудования для производства металлических деталей быстро растет и, как ожидается, продолжит расширяться в будущем. Этот рынок включает в себя широкий спектр оборудования, от металлорежущих и прокатных станков до высокоточных ЧПУ сварочных и лазерных станков. Ключевыми факторами, стимулирующими рост этого рынка, являются растущий спрос на более сложные детали, растущая тенденция к автоматизации и цифровизации производственного процесса, а также всё больший запрос на энергоэффективные и экологически чистые производственные процессы. Кроме того, растущий спрос на специализированные запчасти и изделия в таких отраслях, как аэрокосмическая, автомобильная и медицинская, приводит к увеличению объёма инвестиций в разработку нового оборудования.

Рынок оборудования для производства металлических деталей отличается высокой конкуренцией, и большое количество компаний предлагают качественную продукцию по конкурентоспособным ценам. Особенностью данного рынка можно считать высокий уровень косвенной конкуренции, так как существует десятки способов производства деталей из металла, ввиду чего компании должны ориентироваться не только на прямых конкурентов использующий идентичный их метод производства, но и на всех представителей рынка в целом.

В целом, мировой рынок оборудования для производства металлических деталей является привлекательным со значительным потенциалом роста, обусловленным целым рядом факторов и характеризующимся высоким уровнем конкуренции. Большую часть рынка занимают компании производящие промышленное оборудование для традиционных методов производства, но в последние 7 лет доля альтернативных методом производства из металла стабильно увеличивается.

В последние пять лет в России наблюдается медленный рост экономики в среднем по 1,9% в год, однако в 2021 году произошёл резкий рост экономической активности, но данный феномен связан не с реальным экономическим ростом, а с пандемией коронавируса 2019-2020 года и, как результат, наложением двух факторов: 1) отложенного потребительского спроса, из-за которого часть продукции, предназначенной для

производства в 2020 году, была произведена в 2021; 2) низкой экономической активности в 2020 году из-за временного закрытия многих предприятий. Поэтому необходимо учитывать данный эффект при анализе рынка оборудования для мелкосерийного производства изделий из металла и в основном описаться на данные до пандемии или уже 2022-2023 годов.

Проводя анализ рынка оборудования для мелкосерийного производства, необходимо указать границы рассчитываемого рынка и какие именно объекты входят в него. В большой рынок металлообработки входят рынки производства металлоконструкций, оборудования для крупносерийного производства, оборудования для мелкосерийного производства и рынок сырья, также каждый из этих рынков можно разделить на экспортную и импортную составляющую. В рынок оборудования для мелкосерийного производства входят следующие типы станков: лазерные станки, токарные станки, плавильные печи, шлифовальные и заточные станки, сверлильные и резьбонарезные станки, прочие металлорежущие станки, машины гибочные и машины ковочные.

Проанализировав данные от BusinesStat по экспорту металлообрабатывающих станков в штуках и общей стоимости можно увидеть, что за рассматриваемый период в денежном выражении увеличился объём экспортного рынка на 39,4% и в натуральном выражении на 30,3% [26]. В таблице 15 представлены данные экспорта металлообрабатывающих станков из РФ.

Таблица 15 – Данные экспорта металлообрабатывающих станков в натуральном и денежном выражении

Параметры	2017	2018	2019	2020	2021
Экспорт (шт)	1 040	1 185	1 326	1 071	1 355
Динамика (% к предыдущему году)	-	13,9	11,9	-19,2	26,5
Экспорт (млрд руб)	3,46	5,13	5,0	5,1	6,0
Динамика (% к предыдущему году)	-	31,8	0,8	-11,2	18,1

За тот же период на территорию РФ было импортировано в среднем в 11,57 раза больше станков и динамика роста идентична экспортным показателям, из чего можно сделать вывод о том, что не происходит замены импортного оборудования на российские аналоги, а в целом потребительский рынок для металлообрабатывающих станков увеличивается. В таблице 16 представлены данные импорта металлообрабатывающих станков в РФ.

Таблица 16 – Данные импорта металлообрабатывающих станков в натуральном и денежном выражении

Параметры	2017	2018	2019	2020	2021
Импорт (шт)	12 200	14 000	13 000	13 300	16 400
Динамика (% к предыдущему году)	-	14,5	-7,0	2,4	23,4
Импорт (млрд руб)	40,6	60,6	49,0	63,3	72,6
Динамика (% к предыдущему году)	-	49,3	-19,1	29,2	14,7

Помимо экспорта и импорта оборудования необходимо учитывать производство отечественного оборудования на внутренний рынок, эти данные сложнее посчитать в количественном выражении из-за отсутствия органа по функционалу аналогичному таможенным базам, поэтому для расчётов были взяты данные Федеральной службы государственной статистики [33]. В таблице 17 представлены данные производства металлообрабатывающих станков для внутреннего рынка РФ по данным Федеральной службы государственной статистики.

Таблица 17 – Данные производства металлообрабатывающих станков для внутреннего рынка в денежном выражении

Параметры	2017	2018	2019	2020	2021
Объём реализованной продукции (млрд руб)	69,02	109,08	93,1	126,6	152,46
Динамика (% к предыдущему году)	-	58,0	-14,7	36,0	20,4

Потенциальный объём рынка (Potential Available Market) составляет приблизительно 231,06 млрд руб., общий объём рынка (Total Addressable Market) составляет 55,45 млрд руб., доступный объём рынка (Served/Serviceable Available Market) составляет 788 млн. руб. и реально достижимый объём рынка (Serviceable & Obtainable Market) составляет 78 млн. руб.

Разрабатываемый принтер имеет потенциал для коммерциализации на рынке РФ, ввиду большого количества потенциальных клиентов и стабильного роста объёмов приобретаемых станков на рынке РФ. Реально достижимая часть рынка на данный момент имеет малый объём, однако общий объём рынка указывает на возможности развития.

## 5.8 Затраты на разработку продукта

В качестве продукта рассматривается принтер на стадии Trl-7, с доработанной кинематической моделью, двумя шнековыми экструдерами, системой перемещения модели в печь, самой плавильной печью с системой заливки металла, функционирующим плагином на базе Ultimaker Cura для генерации G-code и проработанным промышленным дизайном оборудования.

### 1) Расчет материальных затрат

В таблице 18 представлен расчёт стоимости оборудования для разработки принтера до стадии Trl-7.

Таблица 18 – Расчёт стоимости оборудования необходимого для разработки оборудования

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб.	Сумма, руб.
1	Паяльная станция МЕГЕОН 00503, 60 Вт, 200 °С - 480 °С	шт	1	19 000	19 000
2	Печь для SMD компонентов SmartPlace 5040HL	шт	1	37 000	37 000
3	Сварочный инвертор ПТК МАСТЕР ARC 200 D20	шт	1	20 180	20 180
4	3D принтер Creality Ender-3	шт	1	15 900	15 900
5	Углошлифовальная машина (УШМ) САТ DX351	шт	1	7 599	7 599
6	Ударная дрель Denzel ID-650	шт	1	3 920	3 920
7	DT-912 Мультиметр цифровой	шт	1	2 496	2 496
8	Слесарно-монтажный инструмент	шт	1	10 000	10 000
9	ПК	шт	2	30 000	60 000
<b>Итого</b>					<b>176 095</b>

Для доработки принтера до стадии Trl-7 потребуется приобрести оборудование на сумму 176 095 руб.

В таблице 19 представлен расчёт стоимости материалов для разработки принтера до стадии Trl-7.

Таблица 19 –Расчёт стоимости материалов необходимых для разработки принтера

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб.	Сумма, руб.
1	Шаговый двигатель NEMA 17	Шт.	12	1 000	12 000
2	Arduino Nano	Шт.	2	799	1 598
3	Creality V4.2.7	Шт.	2	3 628	7 256
4	Металлический профиль 4 м	М	6	1800	10 800
5	Листовой поликарбонат (4x1,2 м)	Шт.	1	4 600	4 600
6	Соединительные элементы	Шт.	1	2 500	2 500
7	Рельсы 1 м	Шт.	3	3 250	9 750
8	Валы	Шт.	6	1 500	9 000
9	Резьбовая штанга	Шт.	1	4 738	4 738
10	Линейный подшипник SCS10UU	Шт.	12	250	3 000
11	Термистор NTC 100К В3950	Шт.	4	230	920
12	Дисплей Bigtreotech TFT35	Шт.	1	4 150	4 150

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб.	Сумма, руб.
13	Концевой выключатель Omron D2F-5 + магниты 6x3мм	Шт.	3	290	870
14	Вентилятор GDStime 80x80x10мм 24V на подшипниках	Шт.	2	490	980
15	Блок питания Mean Well 12V 350W (LRS-350-12)	Шт.	1	2 890	2 890
				<b>Итого</b>	<b>75 052</b>

## 2) Расходы на заработную плату персонала

В таблице 20 представлен расчёт затрат на заработную плату сотрудникам для доработки принтера до стадии Tr1-7.

Таблица 20 – Расчёт затрат на заработную плату сотрудников для доработки принтера до стадии Tr1 7

Исполнители	Кол-во, чел.	Оклад * рай-ый коэф-т., руб.	Среднедневная заработная плата, руб.	Кол-во раб. дн. на 1 ед. изд.	Сумма, руб.
Инженер-конструктор	1	30 000	1 363,64	88	120 000
Инженер-электронщик	1	30 000	1 363,64	88	120 000
Программист	1	35 000	1 590,91	44	70 000
<b>Итого</b>			<b>310 000</b>		

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

$$310\,000 \times 0,302 = 93\,620 \text{ рублей.}$$

## 4) Амортизационные отчисления

Оборудования стоимостью, превышающей 100 000 рублей в проекте не задействовано.

Итого амортизационные отчисления для доработки принтера до стадии Tr1 7 = 0 рублей.

## 5) Накладные расходы

К накладным расходам относятся затраты на интернет, связь, транспортные расходы и другие сопутствующие затраты исполнителей.

$$(310\,000 + 93\,620) \times 5\% = 20\,181 \text{ рублей.}$$

## 5) Обиций расчёт стоимости разработки продукта

В таблице 21 представлен расчёт стоимости разработки принтера до стадии Tr1-7.

Таблица 21 – Расчёт стоимости разработки продукта

№	Наименование	Сумма, руб.
1	Материалы	75 052
2	Заработная плата	310 000
3	Отчисления во внебюджетные фонды	93 620
4	Амортизация	0
5	Накладные расходы	20 181
<b>Итого</b>		<b>498 853</b>

### 5.9 План продаж

В таблице 22 представлен план продаж оборудования на пять лет.

Таблица 22 – План продаж

	Год 1				Год 2	Год 3	Год 4	Год 5
	1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.				
<b>Плановые продажи (шт.)</b>	0	6	8	10	42	84	210	630
<b>Цена (руб. \ шт.)</b>	0	99	99	99	104	109	114	119
<b>Выручка (тыс. руб.) = плановые продажи * цена</b>	0	594	792	990	4368	9156	23940	74970
<b>Себестоимость 1 шт. (тыс. руб. / шт.) – прямые затраты, справочная цифра</b>	0	53	53	53	53	53	53	53
<b>Себестоимость продаж (тыс. руб.) = себестоимость 1 шт. * плановые продажи</b>	0	276	368	460	2142	4704	12810	41580

При расчёте плана продаж учитывались плановые показатели по реализации принтера в ближайшие пять лет в соответствии с долей рынка, которую возможно занять, а также учитывая возможности команды. Цена принтера изменяется каждый год из-за учёта индексации цен.

### 5.10 Расходы и поток денежных средств

В приложении А представлен план найма сотрудников на пять лет.

В приложении Б представлен прогноз по затратам на фонд оплаты труда на пять лет.



В таблице 23 представлен расчёт затрат на сырьё и комплектующие для производства одного принтера.

Таблица 23 – Расчёт затрат на сырьё и комплектующие для производства одного принтера

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб.	Сумма, руб.
1	Шаговый двигатель NEMA 17	Шт.	5	1 000	5 000
2	Arduino Nano	Шт.	1	799	799
3	Creality V4.2.7	Шт.	1	3 628	3 628
4	Металлический профиль 4 м	М	3	1800	5 400
5	Листовой поликарбонат (4x1,2 м)	Шт.	1	4 600	4 600
6	Соединительные элементы	Шт.	1	2 500	2 500
7	Рельсы 1 м	Шт.	2	3 250	6 500
8	Валы	Шт.	6	1 500	9 000
9	Резьбовая штанга	Шт.	1	4 738	4 738
10	Линейный подшипник SCS10UU	Шт.	6	250	1 500
11	Термистор NTC 100K B3950	Шт.	2	230	460
12	Дисплей Bigtreetech TFT35	Шт.	1	4 150	4 150
13	Концевой выключатель Omron D2F-5 + магниты 6x3мм	Шт.	3	290	870
14	Вентилятор GDStime 80x80x10мм 24V на подшипниках	Шт.	2	490	980
15	Блок питания Mean Well 12V 350W (LRS-350-12)	Шт.	1	2 890	2 890
<b>Итого</b>					<b>53 015</b>

В таблице 24 представлен расчёт затрат на офисное и производственное помещение.

Таблица 24 – Затраты на офисные и производственные помещения

№	Название помещения	Цена за единицу, р./кв.м	Площадь, кв.м	Стоимость, р. месяц	Стоимость, р. в год	Характер владения (собственность/аренда)
1	Помещение для электромонтажных работ	400	15	6 000	72000	Аренда в месяц
2	Сборочный цех	400	45	18 000	216000	Аренда в месяц
3	Офис	450	70	31 500	378000	Аренда в месяц
	<b>Итого</b>		<b>130</b>	<b>55 500</b>	<b>666 000</b>	

В таблице 25 представлен расчёт стоимости оборудования необходимого для запуска производства.

Таблица 25 – Расчёт стоимости оборудования необходимого для организации производства

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб.	Сумма, руб.
1	Паяльная станция МЕГЕОН 00503, 60 Вт, 200 °С - 480 °С	шт	3	19 000	57 000
2	Печь для SMD компонентов SmartPlace 5040HL	шт	2	37 000	74 000
3	Сварочный инвертор ПТК МАСТЕР ARC 200 D20	шт	2	20 180	40 360
4	3D принтер Creality Ender-3	шт	3	15 900	47 700
5	Углошлифовальная машина (УШМ) САТ DX351	шт	3	7 599	22 797
6	Ударная дрель Denzel ID-650	шт	3	3 920	11 760
7	DT-912 Мультиметр цифровой	шт	4	2 496	9 984
8	Слесарно-монтажный инструмент	шт	3	10 000	30 000
9	ПК	шт	14	45 000	630 000
				<b>Итого</b>	<b>713 601</b>

В приложении В и Г представлены расчёт операционных затрат и прогноз по прибылям и убыткам на пять лет.

Величина требуемых инвестиций равна сумме расходов за первые три года, когда прибыль от прошлых периодов не может покрыть текущие расходы и соответствует 4 948 664 рублям. В качестве источника финансирования были выбраны два источника:

- 1) грантовая программа «Старт-1» от Фонда содействия инновациям предоставляющая инвестиции в размере 4 000 000 руб.,
- 2) финансирование из собственных средств в размере 1 000 000 руб.

### 5.11 Расчет показателей окупаемости проекта

Величина инвестиционных затрат в проект равна 4 948 664 рублей, что соответствует необходимым для поддержания проекта расходам в начальном периоде (1-ый год), когда выручки по проекту еще нет.

Монетизация проекта будет осуществляться путём продажи принтеров, поэтому за единицу проданной продукции взят один проданные принтер.

В качестве ставки дисконтирования взята ставка в 15%.

В таблице 26 представлены показатели эффективности проекта.

Таблица 26 – Показатели эффективности проекта

Период	Ден. поток, руб.	Коэф. дисконта	Текущ. ст-ть
1	-2608239	1	-2608239
2	-1 996 660	0,869565	-1736225,653
3	-343 765	0,756144	-259935,8422
4	5 505 907	0,657516	3620221,947
5	25 777 336	0,571753	14738269,19
<b>NPV</b>			<b>13754091</b>
<b>PI</b>			<b>2,78</b>

### Простой срок окупаемости

$$PB = IC / CF \quad (1)$$

где

PB (Pay-Back Period) – простой срок окупаемости, выраженный в годах/ месяцах;

IC (Invest Capital) – сумма первоначальных инвестиций;

CF (Cash Flow) – ожидаемый среднегодовой (среднемесячный) денежный поток.

Срок окупаемости проекта = 3,01 года.

### Дисконтированный период окупаемости - DPP.

$$DPP = \sum_{i=1}^n CF_i / (1+r)^i > IC \quad (2)$$

где

DPP (Discounted Pay-Back Period) - дисконтированный срок окупаемости, выраженный в годах/ месяцах;

CF (Cash Flow) – ожидаемые денежные поступления в конкретный период;

IC (Invest Capital) – сумма первоначальных инвестиций;

r – процентная ставка (ставка дисконтирования);

n – количество лет (месяцев) окупаемости.

Дисконтированный срок окупаемости проекта наступает на 4,5 год при ставке дисконтирования 15%.

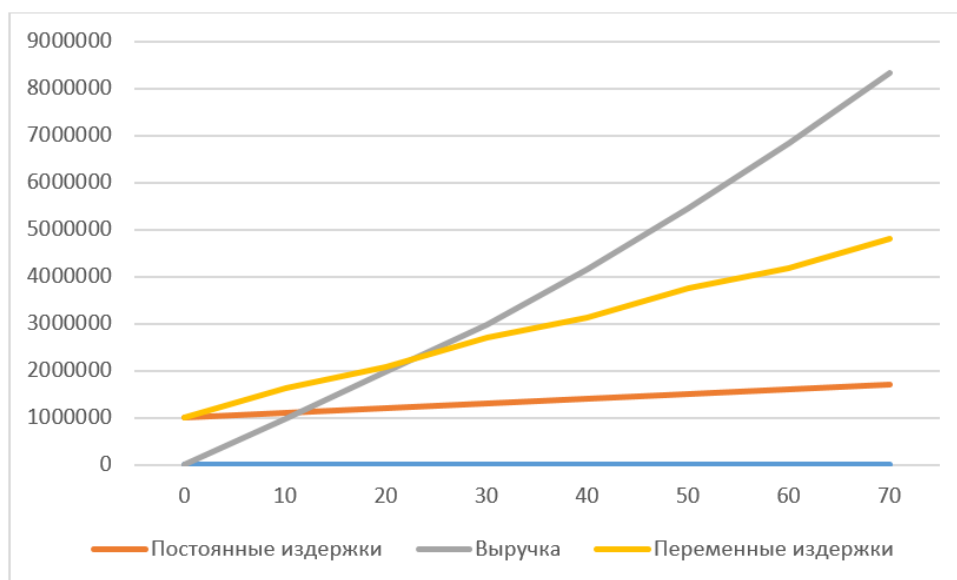


Рисунок 11 – Определение точки безубыточности графическим способом

Таким образом, проект начнёт приносить прибыль тогда, когда будет продано более 21 принтера. Это произойдет во второй год.

### 5.12 Риски проекта

В таблице 27 представлены потенциальные риски проекта.

Таблица 27 – Риски проекта

№ п/п	Наименование риска	Описание риска
1	Политические	1.1. Запрет на использование иностранного ПО в коммерческих целях
2	Экономические	2.1. Рост уровня инфляции 2.2. Спад экономической активности
3	Комплаенс	3.1. Риск просрочки оплаты за предоставленное оборудование 3.2. Риск отказа клиента от оборудования после поставки 3.3. Риск нарушения исключительных прав на результат интеллектуальной деятельности
4	Коммерческие	4.1 Риск того, что проект не принесёт ожидаемого коммерческого эффекта 4.2 Риск появления новых конкурентов 4.3 Риск низкой вовлеченности компаний во внедрение инновационных решений на производстве 4.4 Риск того, что выполненная работа (оказанная услуга) не будет соответствовать ожиданиям конечного пользователя
5	Технологические	5.1 Отсутствие материалов для эффективного распределения температуры при работе с композитными материалами

№ п/п	Наименование риска	Описание риска
6	Финансовые	6.1 Риск недостаточного финансирования проекта 6.2 Риск кассового разрыва
7	Организационные	7.1 Риск низкого уровня коммуникации между отделом разработки и производства 7.2 Риск неэффективного расходования ограниченных ресурсов проекта 7.3 Риск ошибки при определении необходимых производственных мощностей 7.4 Риск простоя трудовых ресурсов 7.5 Риск логистического сбоя
8	Маркетинговые	8.1 Риск установления завышенной цены 8.2 Риск некорректной оценки ёмкости рынка 8.3 Риск ошибок при определении ЦА 8.4 Риск неэффективной траты ресурсов при запуске рекламных кампаний
9	Кадровые	9.1 Недостаток профессиональных навыков и опыта у персонала 9.2 Недостаток опыта управления командами и продуктом у руководителя проекта 9.3 Риск ухода на «больничный» участника проекта 9.4 Риск ухода ключевого участника проекта 9.5 Риск перегрузки трудовых ресурсов 9.6 Риск ошибочной оценки трудозатрат на выполнение работы
10	Технические	10.1 Риск выхода из строя новой конструкции шнекового экструдера 10.2 Выход из строя кинематической части принтера из-за низкого качества сырья 10.3 Риск сбоя в работе ПО из-за использования открытого кода Marlin

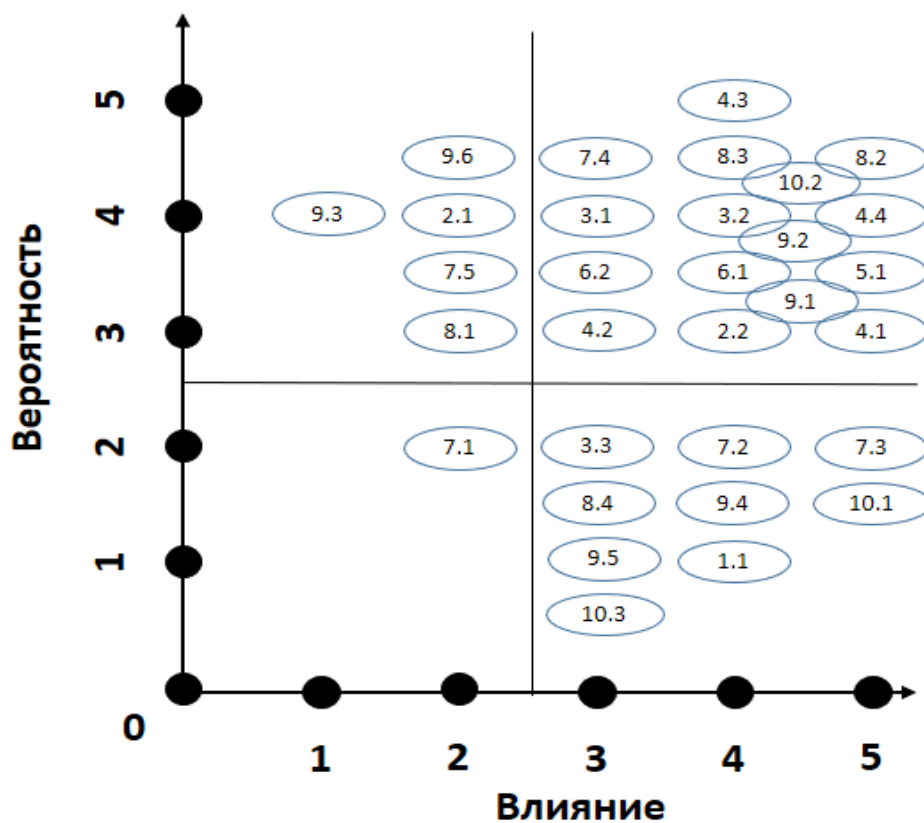


Рисунок 12 – Матрица рисков

Для рисков с высоким уровнем влияния необходимо проработать механизмы нивелирования. В таблице 28 представлен план мероприятий для нивелирования рисков и снижения их влияния.

Таблица 28 – Нивелирование рисков

Риск	Мероприятия по снижению риска
1.1 Запрет на использование иностранного ПО в коммерческих целях	Использование кроссплатформенных решений, что позволит в случае запрета в использовании Marlin перейти на Klipper или иные решения с открытым программным кодом.
2.2. Спад экономической активности	Параллельно с продажей принтеров можно развивать модель коммерциализации через печать на заказ, что позволит привлечь больше клиентов из-за сниженного порога входа по цене.
3.1. Риск просрочки оплаты за предоставленное оборудование	Использовать модель частичной или полной предоплаты при продаже оборудования.
3.2. Риск отказа клиента от оборудования после поставки	Указание в договоре пункта о возмещении транспортных расходов при отказе от приобретения оборудования.
4.1 Риск того, что проект не принесёт ожидаемого коммерческого эффекта	Коммерциализация продукта не только методом прямых продаж оборудования, но и печатью на заказ
4.2 Риск появления новых конкурентов	Проведение ежемесячного анализа рынка на наличие новых конкурентов и производственных технологий

Риск	Мероприятия по снижению риска
4.3 Риск низкой вовлеченности компаний во внедрение инновационных решений на производстве	Предоставление потенциальным клиентам демонстрационных моделей из их ниши для повышения интереса к возможностям принтера
4.4 Риск того, что выполненная работа (оказанная услуга) не будет соответствовать ожиданиям конечного пользователя	Проведение CustDev не только до начала реализации проекта, но и на каждом его этапе
5.1 Отсутствие материалов для эффективного распределения температуры при работе с композитными материалами	Разработка нескольких моделей распределения тепла по объёму заливочной формы и дальнейшее проведение экспериментов для поиска оптимального решения
6.1 Риск недостаточного финансирования проекта	Наличие у компании запаса прочности и средств, которые можно применить при материализации тех или иных рисков
6.2 Риск кассового разрыва	Использование в обороте только те деньги, обязательства по которым были выполнены и подтверждены закрывающими документами
7.2 Риск неэффективного расходования ограниченных ресурсов проекта	Применение в проекте жёсткой финансовой модели с составлением финансового плана до реализации проекта и следование ему на всех стадиях реализации проекта
7.3 Риск ошибки при определении необходимых производственных мощностей	Наличие параллельных производственных линий позволяет разгружать или до загружать выделенную для проекта линию
7.4 Риск простоя трудовых ресурсов	Перераспределение трудовых ресурсов на производство деталей на заказ при снижении нагрузки на производстве принтеров
8.2 Риск некорректной оценки ёмкости рынка	Проведение оценки рынка несколькими методами, как силами команды проекта, так и заказ данной услуги у специализированных организаций
8.3 Риск ошибок при определении ЦА	Проведение тестирования оборудования для разных ЦА и выявление оптимальной ЦА даже на стадии реализации проекта
8.4 Риск неэффективной траты ресурсов при запуске рекламных кампаний	После проведения первых маркетинговых кампаний будут пересмотрены подходы к ним. Будут исключены мероприятия с высокой стоимостью и низкой конверсией в пользу эффективных инструментов
9.1 Недостаток профессиональных навыков и опыта у персонала	Повышение квалификации персонала на всех этапах реализации проекта
9.2 Недостаток опыта управления командами и продуктом у руководителя проекта	Прохождение руководителем проекта образовательных программ и постоянные консультации с экспертами данной сферы
9.4 Риск ухода ключевого участника проекта	Вовлечение сотрудников в деятельность компании не только финансовыми инструментами, но и при помощи налаженной корпоративной культуры. Проведение бесед с сотрудниками и разработка индивидуальных карьерных карт развития

Риск	Мероприятия по снижению риска
9.5 Риск перегрузки трудовых ресурсов	Внедрение распорядка дня с выделенным временем для отдыха. Исключение систематических переработок
10.1 Риск выхода из строя новой конструкции шнекового экструдера	Тестирование шнекового экструдера до установки на принтер
10.2 Выход из строя кинематической части принтера из-за низкого качества сырья	Закупать сырьё только у проверенных поставщиков. Назначить ответственного за приёмку и обязать проверять качество поставляемого сырья.
10.3 Риск сбоя в работе ПО из-за использования открытого кода Marlin	Проведение тестирования оборудования на разных задачах с использованием стрессовых нагрузок

Реализация разработанных в таблице мер по борьбе с потенциальными рисками проекта позволит избежать их материализации.



## Заключение

В данной выпускной квалификационной работе представлен проект конструкции 3D принтера с прямой подачей материала шнековым экструдером и разработан бизнес-план продвижения промышленного образца на рынок.

При проведении сравнительного обзора методов производства изделий из металла проанализированы как традиционные, так и аддитивные методы производства. В результате выявлены основные проблемы мелкосерийного производства металлических изделий и сформулированы требования к выводимому на рынок оборудованию, наиболее важными из которых являются короткий производственный цикл от разработки конструкторской документации, до создания объекта в металле, меньшая зависимость допуска к работе на оборудовании от квалификации сотрудников, которые задействованы в процессе производства, возможность использования универсальных форматов для цифровых моделей и конструкторской документации.

При анализе рынка мелкосерийного производства выявлено, что большая часть рынка занята фрезерным и токарным оборудованием с ЧПУ, которое позволяет быстро производить детали высокого качества, однако имеют ограничения по форме изготавливаемой продукции.

В результате проведённой работы спроектирован и собран шнековый экструдер с ведущей парой и редукторным типом соединения шнека с шаговым двигателем Nema 17. Данный экструдер можно применять как при наращивании заливочной формы, так и при загрузке металлического песка, однако из-за различной вязкости материала необходимо подбирать оптимальные пары в редукторе в зависимости от рабочей смеси, а также устанавливать соответствующие парам коэффициенты в слайсере при нарезании модели.

Спроектирована и собрана декартовая кинематическая модель с подвижным по оси X столом и общей для двух экструдеров кареткой по Y.

Проведена оценка экономической эффективности стартап-проекта и рассчитаны показатели NPV, PI, RI и IRR при ставке дисконтирования равной 15% (текущая ключевая ставка ЦБ равна 7,5% плюс ставка риска, взятая на уровне 7,5%).

Разработан план продвижения оборудования на рынок, который включает в себя инструменты онлайн продвижения, прямую работу с дистрибьютерами и продвижение через выставки и форумы.

Проведена оценка технических результатов и сделан вывод, что разрабатываемый декартовый 3D принтер с прямой подачей материала шнековым экструдером соответствует требованиям рынка, так как имеет полный производственный цикл, в котором нет

потребности в создании штамповочных форм, оснастки для литья, кокиля и других вспомогательных для производства инструментов. В процессе эксплуатации после загрузки в принтер сырья и кода создаваемой модели формовка детали происходит без вмешательства человека.

Для создания G-coda под принтер не требуется уникальных слайсеров и плагинов, так как принтер работает на Marlin, которая является одним из самых популярных решений в мире 3D печати, что позволяет использовать практически любые слайсеры.

Создание формы и заполнение материалом происходит идентично технологии FDM печати, однако плавление итоговой модели не отличается от литейного метода производства, что позволяет изготовить деталь, идентичную по качеству детали, полученной в условиях массового производства по традиционной технологии, но без создания отдельных заливочных форм.

## Список использованных источников

1. Доклад «Особенности литья металлов» // URL: <https://promzn.ru/obrabotka-metalla/lite.html> (дата обращения: 20.04.2023).
2. Доклад «Основные методы литья металлов» // URL: <https://stal-kom.ru/osnovnyye-metody-lit-ya-metallov/> (дата обращения: 20.04.2023).
3. Садоха М.А., Мельников А.П., Миронов А.С., Рак И.В. Технологические особенности производства отливок из алюминиевых сплавов методом литья в кокиль // Литьё и металлургия. — 2013. — С. 145-148.
4. Кузьмич В.Н., Мойсейчик Д.А. Разработка технологии изготовления отливки литьем под давлением // Литьё и металлургия. — 2012. — С. 237-242.
5. Электрошлаковое литьё // Современные технологии производства URL: <https://extxe.com/2564/jelektroshlakovoe-lite/> (дата обращения: 20.04.23).
6. Основные сведения металлопроката // Stud Files URL: <https://studfile.net/preview/3623847/page:5/> (дата обращения: 20.04.23).
7. Ковка и штамповка // Stud Files URL: <https://studfile.net/preview/3623847/page:5/> (дата обращения: 20.04.23).
8. Условие прочности при растяжении-сжатии // isopromat URL: <https://isopromat.ru/sopromat/teoria/uslovie-prochnosti/pri-rastyazhenii-szhatii> (дата обращения: 20.04.23).
9. Виды сварки // Кедр: Профессиональное сварочное оборудование URL: <https://kedrweld.ru/blog/vidy-svarki-kratkaya-klassifikatsiya/> (дата обращения: 20.04.23).
10. Эволюция технологий аддитивного производства // tadviser URL: <https://inlnk.ru/za7e6L> (дата обращения: 20.04.23).
11. Технологии и методы 3D печати // AnroTech URL: <https://anrotech.ru/blog/tehnologii-i-metody-3d-pechati/> (дата обращения: 20.04.23).
12. Основные направления применения 3D печати // 3D Pulse URL: <https://clck.ru/34Jb7D> (дата обращения: 20.04.23).
13. Технологии аддитивного производства // AnroTech URL: <https://anrotech.ru/blog/tehnologii-i-metody-3d-pechati/> (дата обращения: 20.04.23).
14. Юрченко К. А. Зависимость эффективности деятельности предприятия от ряда характеризующих факторов // Молодой ученый. — 2012. — №2. — С. 162-165.
15. Шамилева Э.Э., Шаркова О.А. Исследование типов производства // Инновационная наука. 2015. №11. С. 188-190.

16. Кузнецов П.М., Москвин В.К. Оперативное управление единичным производством // Вестник МГТУ «Станкин». 2018. №1(44). С. 18-22.
17. Сувалова. Т. Текучесть кадров: исследуем и документируем // Кадровик. Кадровое делопроизводство. 2011. №4
18. Winarso R. Application of fused deposition modeling (FDM) on bone scaffold manufacturing process: A review / R. Winarso, P.W. Anggoro, I. Rifky, J. Jamari, A.P. Bayuseno // Heliyon. – 2022. – Vol. 8, is. 11. – e11701.
19. Rupp C. Selective Laser Melting // All3dp: <https://all3dp.com/1/selective-laser-melting-guide> (дата обращения: 20.12.22).
20. Anggoro, I. 3D Printers with Different Kinematics: Comparison, Advantages and Disadvantages // Top3Dshop: <https://top3dshop.com/blog/3d-printer-kinematics-explained> (дата обращения: 20.12.22).
21. Ji Li Exploring the mechanical strength of additively manufactured metal structures with embedded electrical materials / T. Monaghan, S. Masurtschak, A. Bournias-Varotsis // Materials Science & Engineering A. – 2015. – Vol. 639. – P. 474–481.
22. Пластическая деформация металлов // Студопедия: [https://studopedia.ru/7\\_36419\\_plasticheskaya-deformatsiya-metallov.html](https://studopedia.ru/7_36419_plasticheskaya-deformatsiya-metallov.html) (дата обращения: 20.12.22).
23. The Types Of FDM 3D Printer // 3D Natives: <https://www.3dnatives.com/en/four-types-fdm-3d-printers140620174/> (дата обращения: 20.12.22).
24. 3D Printers with Different Kinematics: Comparison, Advantages and Disadvantages // Top3Dshop: <https://top3dshop.com/blog/3d-printer-kinematics-explained> (дата обращения: 20.12.22).
25. Сплошное статистическое наблюдение малого и среднего бизнеса за 2020 год // Федеральная служба государственной статистики: [https://rosstat.gov.ru/small\\_business\\_2020](https://rosstat.gov.ru/small_business_2020) (дата обращения: 01.06.23).
26. Анализ рынка металлообрабатывающих станков в России в 2018-2022 гг, прогноз на 2023-2023 гг в условиях санкций // BusinesStat URL: <https://businesstat.ru/catalog/id9235/> (дата обращения: 01.06.23).
27. 3D Printing Thematic Research Reports // Global Data URL: <https://hot-topics.globaldata.com/reports/3d-printing/> (дата обращения: 20.12.22).
28. SLM 3D принтеры Riton для стоматологии // Riton URL: <https://secretbiz.ru/riton> (дата обращения: 01.06.22).
29. Российский производитель SLM установок 3DLAM // 3DLam Trade URL: <https://addtechno.ru/> (дата обращения: 01.06.22).

30. 3D принтеры Arcam EBM Spectra L // Larengineering URL:  
<https://larengineering.ru/product/arcam-ebm-spectra-l/#hardware> (дата обращения:  
01.06.22).
31. Бизнес-модель Остервальдера: что это такое // Портал habr.com URL:  
<https://habr.com/ru/company/productstar/blog/508926/?ysclid=l3uetmzsed> (дата  
обращения: 02.06.2023).
32. Закон от 07.04.2009 № 51-ОЗ // Федеральная налоговая служба URL:  
[https://www.nalog.gov.ru/rn70/about\\_fts/docs/6716045/](https://www.nalog.gov.ru/rn70/about_fts/docs/6716045/) (дата обращения 01.06.22).

## Приложение

### Приложение А – Прогноз по персоналу

	Год 1												Год 2	Год 3	Год 4	Год 5
	Янв.	Фев.	Мар.	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Ноя.	Дек.				
<b>Разработка и производство</b>																
Инженер-конструктор	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Электронщик	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Программист	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	4
Электромонтажник													1	2	3	4
Сборщик													1	2	3	4
<b>Продажи и маркетинг</b>																
Менеджер по продажам													1	1	2	3
Контент-менеджер	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3
<b>Всего</b>	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6	10	14	17	22
<b>Административные</b>																
Руководитель проекта	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

## Продолжение приложения А

	Год 1												Год 2	Год 3	Год 4	Год 5
	Янв.	Фев.	Мар.	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Ноя.	Дек.				
<b>Всего сотрудников</b>	5	5	5	5	5	5	7	7	7	7	7	7	11	15	18	23

## Приложение Б – Прогноз по ФОТ

	З/плата + РК (30%) за месяц	Страх. взносы 30,2% (от зп + РК) за месяц	Год 1				Год 2	Год 3	Год 4	Год 5
			1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.				
<b>Разработка и производство</b>										
Инженер-конструктор	30000	9060	117180	117180	234360	234360	937440	937440	937440	937440
Электронщик	30000	9060	117180	117180	234360	234360	937440	937440	937440	937440
Программист	35000	10570	117180	117180	117180	117180	234360	351540	351540	468720
Электромонтажник	25000	7550	0	0	0	0	117180	234360	351540	468720
Сборщик	20000	6040	0	0	0	0	117180	234360	351540	468720
<b>Продажи и маркетинг</b>										
Менеджер по продажам	25000	7550	0	0	0	0	117180	117180	234360	351540
Контент-менеджер	30000	9060	117180	117180	117180	117180	117180	234360	234360	351540

## Продолжение приложения Б

	З/плата + РК (30%) за месяц	Страх. взносы 30,2% (от з\п + РК) за месяц	Год 1				Год 2	Год 3	Год 4	Год 5
			1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.				
<b>Всего</b>	90000	27000	468720	468720	703080	703080	1171800	1640520	1992060	2577960
<b>Административные</b>										
Руководитель проекта	25000	7550	117180	117180	117180	117180	117180	117180	117180	117180
<b>Всего ФОТ</b>	310000	93440	1054620	1054620	1523340	1523340	3866940	4804380	5507460	6679260

## Приложение В – Операционные расходы

Показатели	Год 1				Год 2	Год 3	Год 4	Год 5
	1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.				
ФОТ	195000	117000	234000	234000	2808000	4680000	7020000	9360000
Оборудование	176 095	0	0	0	53 751	107 501	161 252	215 002
Помещение	166 500	166 500	166 500	166 500	666 000	666 000	666 000	666 000
Онлайн продвижение (Без ФОТ)	80 000	40 000	40 000	40 000	245 000	255 000	300 000	325 000
Офлайн продвижение (Без ФОТ)	0	0	0	0	543 000	600 000	630 000	660 000
<b>Всего операционных расходов</b>	617 595	323 500	440 500	440 500	4 315 751	6 308 501	8 777 252	11 226 002




Приложение Г – Прогноз по прибылям и убыткам

Показатели в тыс. руб.	Год 1				Год 2	Год 3	Год 4	Год 5
	1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.				
<b>Продажи (Выручка)</b>	0	594000	792000	990000	4368000	9156000	23940000	74970000
<b>Валовая себестоимость</b>	0	276000	368000	460000	2142000	4704000	12810000	41580000
<b>Валовая прибыль</b>	0	318000	424000	530000	2226000	4452000	11130000	33390000
Производство	694 135	518 040	752 400	752 400	3 063 351	3 468 641	3 756 752	4 162 042
Маркетинг	197 180	157 180	157 180	157 180	1 022 360	1 206 540	1 398 720	1 688 080
Административные	117180	117180	117180	117180	117180	117180	117180	117180
<b>Всего расходов</b>	1 008 495	792 400	1 026 760	1 026 760	4 202 891	4 792 361	5 272 652	5 967 302
<b>Операционная прибыль</b>	-1 008 495	-474 400	-602 760	-496 760	-1 976 891	-340 361	5 857 348	27 422 698
<b>Налоги (УСН Д-Р 10%)</b>	10084,95	4744	6027,6	4967,6	19768,91	3403,61	351440,88	1645361,88
<b>Чистая прибыль</b>	-1 018 580	-479 144	-608 788	-501 728	-1 996 660	-343 765	5 505 907	25 777 336

# Отчет на плагиат

ДЕЙСТВИЕ
TPU1460779.docx
1/89

Текстовый вид
Исходный вид
(0)
Все блоки



ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

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

Школа инженерного пр<sup>2</sup> <sup>2</sup> **2** <sup>2</sup> **2** <sup>2</sup> **2**  
Направление подготовки 27.03.05 Инноватика  
ООП ОПОП Предпринимательство в инновационной деятельности

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА**

Тема работы

Стартап «Декартовский SLM 3D принтер с прямой подачей материала»  
УДК 351.354.004

Обучающийся			
Группа	ФИО	Подпись	Дата
ЭИ91	Бантьев П.П.		

Руководитель ВКР				
Должность	ФИО	Ученое звание, звание	Подпись	Дата
доцент	Шамкина О.Б.	к.т.н., доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:**

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученое звание, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель	Феденкова А.С.	-		

Нормоконтроль				
Должность	ФИО	Ученое звание, звание	Подпись	Дата
эксперт	Громова Т.В.	-		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель оппонент	ФИО	Ученое звание, звание	Подпись	Дата
доцент	Калашникова Т.В.	к.т.н., доцент		

ПРОВЕРЕНО: 06.06.2023 09:23:12

**8,79%** СОВПАДЕНИЯ

**0%** САМОЦИТИРОВАНИЯ

**0,3%** ЦИТИРОВАНИЯ

**90,91%** ОРИГИНАЛЬНОСТЬ

---

ИСТОЧНИКИ: 82 ИЗ 153 ПЕРЕСЧИТАТЬ

Модуль поиска Источники

- [01] Материалы по выпускным к...  
**2,14%** Интернет Плюс\*
- [02] TPU\_VKR\_42128.pdf  
**2,1%** Модуль поиска "tpu"
- [03] http://earchive.tpu.ru/bitstrea...  
**2,1%** Интернет Плюс\*
- [04] http://earchive.tpu.ru/bitstrea...  
**2,1%** Интернет Плюс\*
- [05] https://earchive.tpu.ru/bitstre...  
**2,07%** Интернет Плюс\*
- [06] https://earchive.tpu.ru/bitstre...  
**2,07%** Интернет Плюс\*