

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Автомобильный транспорт и машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Е.М. Желтобрюхов  
подпись      инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств

**«Проект модернизации станка для резки пенопласта ФРП-01»**

тема

Руководитель \_\_\_\_\_ к.т.н., доц. каф. АТиМ Е.М. Желтобрюхов.  
подпись, дата      должность, ученая степень      инициалы, фамилия

Выпускник \_\_\_\_\_ Е.А.Брыткова  
подпись, дата      инициалы, фамилия

Абакан, 2020 г.

Продолжение титульного листа БР по теме: проект модернизации станка ФРП-01.

Консультанты по разделам:

Технологическая часть

наименование раздела

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов

инициалы, фамилия

Конструкторская часть

наименование раздела

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов

инициалы, фамилия

Организационно-экономическая часть

наименование раздела

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов.

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

\_\_\_\_\_

подпись, дата

М.М. Сагалакова

инициалы, фамилия

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Автомобильный транспорт и машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ Е.М. Желтобрюхов  
подпись      инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**  
**в форме бакалаврской работы**



## РЕФЕРАТ

В ходе выполнения представленной бакалаврской работы был разработан проект модернизации станка для фигурной резки пенопласта ФРП-01. Результаты работы представлены в пояснительной записке к проекту и на листах графической части проекта.

Пояснительная записка содержит четыре главы, заключение по проекту, список использованных источников и приложения.

Первая глава посвящена анализу технических возможностей современных станков для фигурной резки, их технических характеристик и конструктивного исполнения. В результате анализа поставлена цель и определены задачи проекта.

В главе «Конструкторская часть» представлены конструкторские решения, обеспечивающие модернизацию станка и расширение его технологических возможностей: разработана конструкция малого портала поперечных перемещений и линейный привод его перемещений, общая компоновка модернизированного станка, модернизация системы управления станком.

В технологической части проекта представлен технологический процесс механической обработки ролика направляющего системы натяжения тросов привода линейных перемещений

В экономической части проекта приведены экономические расчеты себестоимости модернизации станка. Доказана эффективность и обоснованность модернизации станка ФРП-1 в противоположность приобретению нового станка.

В графической части проекта представлены чертежи и плакаты, поясняющие основные принятые конструктивные решения по модернизации станка.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	9
1. Обзор состояния вопроса. Цели и задачи проекта. ....	7
1.1. Обзор конструкций и технологических возможностей станков для фигурной резки пенопласта .....	8
1.2. Анализ технологических возможностей и конструкции станка ФРП- 01 .....	12
2. Конструкторская часть .....	15
2.1. Разработка конструкции узла поперечного перемещения .....	15
2.2. Привод перемещения малого портала.....	22
2.3. Разработка устройства резки режущей струной .....	25
2.4. Модернизация системы управления станком.....	26
2.5. Создание управляющей программы .....	27
3. Технологическая часть .....	33
3.1. Служебное назначение детали .....	34
3.2. Анализ технологичности .....	35
3.3. Выбор заготовки .....	35
3.4. Составление технологического процесса механической обработки	36
3.5. Расчет режимов резания .....	38
3.6. Расчет норм времени .....	44
4. Экономическая часть.....	47
4.1. Выбор технологического оборудования. ....	47
Станок с ЧПУ для фигурной резки пенопласта. ....	47
4.2. Определение занимаемой площади .....	48
4.3. Организация транспортной системы .....	48
4.4. Организация технического контроля .....	48
4.5. Упрощенный расчет экономической части .....	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	51
CONCLUSION.....	52
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	53

## ВВЕДЕНИЕ

Общие тенденции все более широкого применения новых информационных технологий в сфере производства и управления, в том числе управления производственным оборудованием, проявляются повсеместно и все большее количество предприятий в самых различных отраслях и сферах проходят качественное перевооружение производство на базе современной электроники и вычислительной техники. В промышленном производстве такое перевооружение осуществляется, прежде всего, за счет использования станков, установок и устройств технологического назначения, использующих числовое программное управление (ЧПУ) и области применения данного оборудования в производстве постоянно расширяются с большой скоростью.

Современные станки с ЧПУ являются отдельным видом промышленного оборудования. Фрезерные, токарные, лазерные станки с ЧПУ используются на предприятиях разных отраслей.

Металлообработка и промышленное производство:

фрезерная 2D/3D обработка деталей; гравировка, фрезерование отверстий, нарезание резьбы в различных деталях из цветных металлов; изготовление технически сложных и высокоточных форм, пресс-форм для литья.

Электроника:

изготовление корпусов и лицевых панелей приборов; изготовление печатных плат; фрезерование технологических отверстий в электротехнической и радиоэлектронной аппаратуре; изготовление радиаторов из алюминия.

Модельное производство:

изготовление мастер моделей, литьевых моделей, прототипов изделий; изготовление моделей и архитектурных форм; формы для вакуумной формовки, штампов и клише из различных материалов, включая алюминий, латунь, бронзу и модельный пластик.

Широкое применение оборудование с ЧПУ получило в мебельном производстве: простые и сложные фасады (в том числе с художественной резьбой), накладки на мебель, элементы эксклюзивной мебели со сложной резьбой; криволинейный раскрой ДСП, ДВП, МДФ, в том числе ламинированных материалов; изготовление художественного паркета из ценных пород дерева, бордюры, розетки со сложным узором; фрезерование криволинейных вырезов в филенчатых дверях под стекло и филенку; изготовление филенок, в том числе эксклюзивных с глубокой художественной резьбой; изготовление эксклюзивных дверей из ценных пород древесины; - инкрустация дверей вставками из ценных пород дерева, накладки на железные двери и т.д.

А также в рекламе: криволинейный раскрой листовых пластиков, ПВХ, акрила, композитов и других материалов; вырезка букв, логотипов, подставок, эмблем и т.д; изготовление табличек, гравировка надписей на табличках; производство POS материалов (ценники, подставки, пластиковые лотки и т.д.) производство шаблонов, производство лекал, производство указательной продукции; гравировка на стекле, оргстекле, в том числе нанесение рисунка для торцевой подсветки оргстекла.

Тенденция к распространению применения оборудования с ЧПУ затронуло и строительную область, а точнее в производстве красивых, экологичных изделий из пенопласта, которые могут использоваться для интерьерного, фасадного декорирования различных конструкций.

Такое широкое распространение оборудования с ЧПУ получило вследствие того, что его более эффективно применять при изготовлении сложных деталей в единичном производстве, а также для автоматизации



мелкосерийного производства по сравнению с универсальным оборудованием. В некоторых случаях при изготовлении деталей со сложными профилями использование станков с ЧПУ является почти единственным технически оправданным решением.

Основные преимущества станков с ЧПУ:

1) производительность станка повышается в 1,5-5 раз по сравнению с аналогичными станками с ручным управлением;

2) сочетается гибкость универсального оборудования с точностью и производительностью станка-автомата, что и позволяет решать вопрос комплексной автоматизации единичного и серийного производства;

3) качественно перевооружается производство на базе современной электроники и вычислительной техники;

4) снижается потребность в квалифицированных рабочих-станочниках, а подготовка производства переносится в сферу инженерного труда;

5) сокращается время пригоночных работ в процессе сборки, так как детали, изготовленные по одной программе, являются взаимозаменяемыми;

6) сокращаются сроки подготовки и перехода на изготовление новых деталей благодаря централизованной записи программ и более простой и универсальной технологической оснастке;

7) снижается продолжительность цикла изготовления деталей и уменьшается запас незавершенного производства.

Модернизация производства с использованием производственного оборудования с ЧПУ за счет его преимуществ обеспечивает намного более эффективное использование основных фондов, повышает прибыль и рентабельность предприятия.

## **1. Обзор состояния вопроса. Цели и задачи проекта.**

Фигурная резка пенопласта на данный период является наиболее выгодным, быстрым, качественным способом получения красивых, экологичных изделий, которые могут использоваться для интерьерного, фасадного декорирования различных конструкций. Современная технология резки пенопласта дает возможность существенно снизить затраты на производство. Изделия из пенопласта максимально универсальны в применении, поскольку они наделены незначительным весом, экологичностью, универсальностью, что позволяет их использовать для отделки самых разнообразных помещений и зданий. Все это открывает большие возможности для его применения.

Благодаря использованию специализированных составов для обработки, каждая скульптура из пенопласта и элемент фасадного декора могут применяться для декоративной отделки уличных зон. За счет того, что в процессе фигурной резки пенопласт не подвергается температурному расширению, фасадные элементы из пенопласта могут выдерживать значительные понижения температур без растрескивания, и также они не деформируются от воздействия жары. Благодаря этому качеству пенопластовая отделка в течение длительного периода сохраняет первоначальный дизайн, точные размеры, и не требует ремонтных работ. Кроме этого, изготовление скульптуры из пенопласта и иных изделий может предусматривать любые другие дополнительные процедуры, предназначенные для их декорирования.

Для выполнения этих работ существует большая номенклатура станков для фигурной резки пенопласта, различающихся конструкцией и технологическими возможностями.

## 1.1. Обзор конструкций и технологических возможностей станков для фигурной резки пенопласта

В настоящее время разработано большое количество моделей станков для фигурной резки пенопласта, как отечественного, так и зарубежного производства, которые отличаются конструкцией и технологическими возможностями.

Например, линейка станков производства Эстонии включает несколько серий, отличающихся конструктивным исполнением и функциональностью: станки серии P60-Series, T-Series, MW-Series

Станки серии **P60-Series** (рис.1.1). Особенностью этой серии является наличие 1 режущей проволоки, длина проволоки постоянна и равна 60 см.



Рис. 1.1 Станок P60

Станки серии T-Series (рис.1.2). Особенностью этой серии является наличие 1-ой или 2-х режущих проволок, длина проволоки 60, 130, 150, 250 или 300 см. Огромный выбор дополнительных аксессуаров.

Станки серии MW-Series (рис.1.3). Имеют 10 режущих проволок, длина проволоки: 130, 250 или 300 см

В **P60-Series** длина проволоки всегда 60 см (Z ось). В сериях «Т» и «MW» цифры после букв Т или MW (например, Т 1300, Т 3000, MW 2500 и т.д.) указывают длину проволоки в мм (Z ось). При этом длина проволоки

равна ширине станка (Z ось), высота машины (Y ось) у отечественных станков это всегда, примерно, 122-129 см, и последний размер это X ось равен длине машины.



Рис. 1.2 Станок T-SERIES



Рис. 1.3 Станок MW-SERIES

Рассматриваемые станки для фигурной резки пенопласта выпускаются в 3-х различных длинах или 3 варианта оси X:

- Small (Малая) модель составляет 122 см длиной (X ось)
- Medium (Средняя) модель составляет 244 см длиной (X ось)
- Large (Большая) модель составляет 305 см длиной (X ось)

Примеры:

- P60 Small — длина проволоки/ширина машины = 60 см, длина машины = 122 см
- T1300 Medium – длина проволоки/ширина машины = 130 см, длина машины = 244 см
- T1500 Medium – длина проволоки/ширина машины = 150 см, длина машины = 244 см
- MW3000 Large –длина проволоки/ширина машины = 305 см, длина машины = 305 см

Проводя анализ всех существующих типов станков, необходимо сравнение баз и характеристик машин со станками отечественного производства.

Среди станков отечественного производства так же наблюдается большое разнообразие.

- Станок линейной резки пенопласта в двух плоскостях С-11

Станок С-11 предназначен для резки любого пенопласта (вспененного или экструдированного) по ГОСТ 15588-2014. Станок С-11 это станок термической резки вспененных материалов. Резка пенопласта или поролона на станке С-11 осуществляется нагретой проволокой (нихромом, вольфрамом, титаном). Станок имеет три модификации: Стандарт, СИП, ПВХ. Различие между модификациями станка С-11 только в размерах рабочего поля. Состав станка, материалы, из которых собран станок, пульт управления станком - абсолютно одинаковые. Стоимость данного агрегата составляет 155.000 рублей. Конструкция станка представлена на рисунке 1.4



Рис. 1.4 Станок С-11

- ФРП-05 Станок с ЧПУ для фигурной резки пенопласта, оснащенный шарико-винтовой передачей и возможностью установки дополнительных аксессуаров (установки поворотного стола, токарного устройства, фасонной резки, фрезы).

На станке ФРП-05 можно обрабатывать все марки пенопласта по ГОСТ 15588-2014 плотностью от 7 до 50 кг\куб. Станок ФРП-05 собран из профессиональных комплектующих и станочного алюминиевого профиля. Резка пенопласта на станке ФРП-05 осуществляется термическим способом нагретой нитью. Диаметр режущей нити для фигурной резки пенопласта может быть от 0.3 до 0.8 мм. Разделенные (независимые) порталы позволяют вырезать конические фигуры. Например, конус или крыло самолета. Стоимость данного агрегата составляет 326.000 рублей. Конструкция станка представлена на рис. 1.5.



Рис. 1.5. Станок ФРП-05

Также существует достаточно большое количество отечественных станков с еще более широкими технологическими возможностями, но соответственно находящимися уже в другом ценовом диапазоне – от 500 тыс. руб. и выше. Их приобретение для малого предприятия становится достаточно проблематичным, поэтому в данном исследовании они не рассматриваются.

## 1.2. Анализ технологических возможностей и конструкции станка ФРП-01

В наши дни выпускается достаточно широкая номенклатура станков с ЧПУ для фигурной резки пенопласта, обладающих различными технологическими возможностями. Их функционал и ценовой диапазон открывает возможность покупки и реализации многим предприятиям.

Одним из таких станков является станок ФРП-01. Станок предназначен для производства погонажных элементов, фигур и букв для вывесок, утепляющих плит и так далее. Огромной популярностью данный агрегат обязан простоте своей конструкции и многофункциональности. Резка выполняется станком посредством подключения к ЧПУ. Программа резки поставляется в комплекте, имеет различные настройки. Контроль работы прибора осуществляется посредством компьютерной программы, идущей в комплекте. Простая конструкция позволяет модифицировать устройство под различные формы и размеры заготовок пенопласта. Цена такого устройства начинается от 160 тысяч рублей. Общий вид станка представлен на рисунке 1.6.



Рис. 1.6 Станок с ЧПУ для фигурной резки ФРП-01

Анализ перечня выполняемых операций показал ограниченность технологических возможностей данного станка в сравнении более современными, которые уже обладают значительно большими возможностями. Например, станок ФРП-11 для фигурной резки в трех плоскостях может обрабатывать вспененный пенополистирол или экструдированный пенопласт любой плотности, а также резать поролон. На станке ФРП-11 можно вырезать сложные криволинейные, в том числе и пространственные конструкции, например, буквы любого формата, фигуры для оформления мероприятий, сувенирную продукцию, логотипы, вывески, а так же изделия строительной тематики: погонаж, колонны, балясины, арки, скорлупы для утепления труб, термоблоки, термопанели, упаковку и тому подобное. Цена станка – 588.000 рублей.

Именно в универсальности рассматриваемый станок ФРП-01, проигрывает более новым и усовершенствованным станкам. Однако, в условиях малого предприятия, нет возможности постоянного обновления оборудования, в связи с высокими ценами на приобретение и обслуживание.

Таким образом, анализ конструкции и технических характеристик показал ограниченность технологических возможностей данного станка. Основным недостатком конструкции станков данного типа можно считать отсутствие возможности резки в продольном направлении, что имеет огромное влияние на скорость и точность выполнения работы. Однако этот недостаток может быть достаточно просто устранен, путем добавления дополнительного портала к основанию станка на продольные направляющие, т.е. целесообразна и реальна модернизация станка с целью повышения функциональности.

Исходя из вышеизложенного, цель данного проекта может быть сформулирована следующим образом:

Цель проекта: модернизация существующего станка для фигурной резки пенопласта модели ФРП-01, введением дополнительного линейного перемещения портала, что даст возможность резки как в поперечном, так и в



продольном направлении и таким образом, в сочетании со штатными устройствами станка, обеспечит получение пространственных конструкций. Данная модернизация позволит использовать станок в дальнейшем в качестве производственного оборудования намного эффективнее.

Для достижения поставленной цели, нужно решить ряд следующих взаимосвязанных задач:

- разработать конструкцию узла, обеспечивающего возможность дополнительного рабочего перемещения режущей струны в поперечном направлении (по оси Y);

- разработать привод поперечного перемещения;

- разработать устройство резки режущей струной при использовании перемещений по координатам X и Y;

- разработать изменения конструкции основания станка;

- модернизировать схемы управления станка.

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Автомобильный транспорт и машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Е.М. Желтобрюк

подпись инициалы, фамилия

« 01 » 01 2020

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение

машиностроительных производств

**«Проект модернизации станка для резки пенопласта ФРП-01»**

Тема

Руководитель

Ж 01.01.20  
подпись, дата

к.т.н., доц. каф. АТиМ Е.М. Желтобрюк  
должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник

Брыткова  
подпись, дата

Е.А.Брыткова  
инициалы, фамилия

Продолжение титульного листа БР по теме: проект модернизации станка для резки пенопласта ФРП-01.

Консультанты по разделам:

Технологическая часть  
наименование раздела

Е.М. Желтобрюхов  
01.07.20  
подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов  
инициалы, фамилия

Конструкторская часть  
наименование раздела

Е.М. Желтобрюхов  
01.07.20  
подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов  
инициалы, фамилия

Организационно-экономическая часть  
наименование раздела

Е.М. Желтобрюхов  
01.07.20  
подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов.  
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

М.М. Сагалакова  
подпись, дата

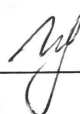
М.М. Сагалакова  
инициалы, фамилия

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Автомобильный транспорт и машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 \_\_\_\_\_ Е.М. Желтобрюхов

подпись      инициалы, фамилия

« 27 » 04 2020 г.

### ЗАДАНИЕ

**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**  
**в форме бакалаврской работы**

Студенту: Брыткова Екатерина Андреевна  
фамилия, имя, отчество

Группа 26-1 Направление 15.03.05 Конструкторско-технологическое  
обеспечение машиностроительных производств.

Тема выпускной квалификационной работы: Проект модернизации станка  
ФРП-01.

Утверждена приказом по институту № 224 от 27.04.2020 г.

Руководитель ВКР Е.М. Желтобрюхов, канд. техн. наук, доцент кафедры  
АТиМ, ХТИ – филиал СФУ

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

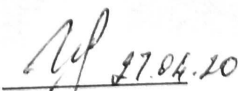
Исходные данные для ВКР:

1. Станок ФРП-01

Перечень разделов ВКР Технологическая часть; Конструкторская часть;  
Экономическая часть.

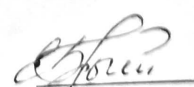
Перечень графического материала 1. Чертеж станка ФРП-01- 1 лист ф. А1;  
2.Компоновки станков лист ф. А1; 3. Чертеж модернизированного  
станкаФРП-01 – 1 лист ф. А1; 4. Технологический процесс изготовления  
детали станка–1 лист ф. А2; 5. Чертеж малого портала станка– 1 лист ф. А1;

Руководитель ВКР

  
подпись, дата

Е.М. Желтобрюхов.  
инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению

  
подпись, дата

Е.А.Брыткова  
инициалы, фамилия