

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Факультет промышленных технологий, электроэнергетики и транспорта
Кафедра «Технологии и оборудование машиностроения»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на тему
**Проект производственного участка с разработкой
технологии изготовления корпуса руки манипулятора**

Пояснительная записка

ПГУ 1.2-08.15.03.05. М113 ПЗ

Квалификация **бакалавр**

Направление **15.03.05 — Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств**

Профиль **Технология машиностроения**

Автор — студент группы **22ММ1**

Суханов 04.06.26
подпись и дата

Суханов Е.Б.
инициалы, фамилия

Руководитель:

Гурин 04.06.26
подпись и дата

Гурин П.А.
инициалы, фамилия

Консультанты:

по конструированию и технологии

Гурин 04.06.26
подпись и дата

Гурин П.А.
инициалы, фамилия

по экономике

Гурин 04.06.26
подпись и дата

Гурин П.А.
инициалы, фамилия

по безопасности жизнедеятельности

Гурин 04.06.26
подпись и дата

Гурин П.А.
инициалы, фамилия

Нормоконтролер:

Таранцев 05.06.26
подпись и дата

Таранцев К.В.
инициалы, фамилия

Работа допущена к защите в ГЭК (протокол заседания кафедры от 05.06.2026 № 12)

Заведующий кафедрой

А.Е. Зверовщиков 05.06.26
подпись и дата

А.Е. Зверовщиков
инициалы, фамилия

Работа защищена с оценкой 20/100 (протокол ГЭК от 14.06.2026 № 14)

Секретарь ГЭК

Н.В. Сорокина 14.06.26
подпись и дата

Н.В. Сорокина
инициалы, фамилия

"Утверждаю"

Заведующий кафедрой
"Технология машиностроения"
д.т.н., профессор Зверовщиков А.Е.
" " " 2026 г.

ЗАДАНИЕ
на выпускную квалификационную работу бакалавра

1. Студент Суханов Егор Борисович

направления подготовки 15.03.05, гр. 22ММ1 факультета промышленных технологий,
электроэнергетики и транспорта

2. Руководитель квалификационной работы к.т.н., доцент Гурин П.А.

3. Время проектирования с 04.06.2026 г. по 02.07.2026 г.

4. Место производственной практики АО «ФНПЦ «ПО «Старт» им. М.В.Проценко
(г.Заречный, Пензенская область).

5. Тема выпускной квалификационной работы

Проект производственного участка с разработкой технологии изготовления корпуса руки манипулятора.

Тема утверждена приказом ПГУ № 351/о от 07.04.2026 г.

6. Техническое задание (объем выпуска изделий, назначение изделия, режим работы и пр.)

6.1. Разработать технологию изготовления корпуса руки манипулятора.

6.2. Разработать приспособление для комплексной операции.

6.3. Объем выпуска изделий 10000 штук.

7. Объем и содержание основной части выпускной квалификационной работы

7.1. Пояснительная записка (перечень вопросов, подлежащих разработке, расчетов, обоснований и описаний)
(общий объем записки 80-140 листов формата А4)

- Анализ конструкции, назначения и технологичности изготовления корпуса руки манипулятора.

- Проектирование маршрутной технологии обработки с анализом типа производства

- Разработка операционной технологии с расчетом припусков, режимов резания и норм времени

- Проектирование технологического приспособления с расчетами силовых характеристик

- Проектирование режущих и мерительных инструментов

- Исследование высокопроизводительных методов обработки точных отверстий в корпусных деталях

- Решение вопросов безопасности жизнедеятельности

- Экономическое обоснование принятых решений

7.2. Графическая часть (перечень и содержание чертежей, плакатов)

- Чертеж детали А1 – 1 лист

- Чертеж заготовки А3 – 1 лист

- Технологические наладки А2х3 – 2 листа

- Приспособление для механической обработки А1 – 1 лист

- Мерительный инструмент А3 – 4 листа

- План участка цеха А1 – 1 лист

8. Особые требования по выполнению разделов

8.1. По конструированию оснастки

Спроектировать приспособление для комплексной обработки изделия

8.2. По технологии механической обработки

Разработать модернизированную технологию изготовления корпуса руки манипулятора.

8.3. По технико-экономическому обоснованию проектных решений

Технико-экономическое обоснование выбранных решений

8.4. По организации безопасных условий труда

Организация рабочего места фрезеровщика

Расчет защитного заземления

9. Календарный график выполнения квалификационной работы

Наименование работы	Объем работы, %	Срок выполнения	Подпись руководителя
Анализ базового тех процесса	10	05.06.2026	
Проектирование маршрута и операций	15	07.06.2026	
Проектирование наладок	15	09.06.2026	
Проектирование приспособлений	20	11.06.2026	
Выбор режущего и мерительного инструмента	10	12.06.2026	
Технико-экономическое обоснование	10	13.06.2026	
БЖД	10	14.06.2026	
Оформление записки	10	15.06.2026	

Дата выдачи задания 08.04.2026 г. Задание к исполнению принял 08.04.2026 г.

Руководитель квалификационной работы

Исполнитель задания

Выпускную квалификационную работу к защите допустить

С.Ю. Киреев

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горбачевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учеб. пособие для вузов / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. - 2-е изд., перераб. и доп. - Минск : Вышэйш. шк., 1983. - 256 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. -5-е изд., испр. - М. : Машиностроение-1,2003. - Т.1. - 912 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. -5-е изд., испр. - М. : Машиностроение-1,2003. - Т.2. - 956 с.
4. Обработка металлов резанием: справочник технолога / под ред. А. А. Панова. М.: Машиностроение, 1988. - 736 с.
5. Технологическая документация на единичные процессы изготовления изделий в автоматизированном производстве : учеб. пособие / В. А. Скрыбин, А. Г. Схиртладзе, В. О. Соколов. - Пенза :Изд-во Пенз. гос. техн. ун-та, 1995. - 250 с.
6. Технологические наладки изготовления деталей и сборка в машиностроении: Учебное пособие / А.Г.Схиртладзе, В.Н.Жарков, Горохов В.А. и др. - М.: МГТУ «СТАНКИН», Янус-К, 2003. - 280 с.
7. Справочник инструментальщика: /Под общ.ред. И.А.Ординарцева. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1987. - 846 с.
8. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник / под ред. А.К. Горошкина - 7-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1979. - 185 с.
9. Болотин Х.Л., Костромин Ф.П. Станочный приспособления. Изд. 5-е, переработ. И доп. М. «Машиностроение». 1973. - 334с.
10. Каталог металлорежущего инструмента «KORLOY-2023». - 580с

ПГУ 12-08.15.03.05.M113 ПЗ					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	108

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	9
1 АНАЛИЗ ОБЪЕКТА РАЗРАБОТКИ	11
1.1 Служебное назначение детали «Корпус руки манипулятора»	11
1.2 Анализ технологичности конструкции детали.....	12
1.3 Анализ заводского технологического процесса	16
1.4 Выводы по разделу	17
2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КОРПУС РУКИ МАНИПУЛЯТОРА».....	18
2.1 Определение типа производства	18
2.2 Выбор и обоснование методов получения заготовки	22
2.3 Разработка новой маршрутной технологии обработки детали	26
2.4 Выбор и обоснование технологических баз	28
2.5 Определение припуска расчетно-аналитическим методом.....	29
2.6 Обоснование выбора оборудования	32
2.7 Расчет режимов резания на операциях механической обработки и технических норм времени.....	40
2.8 Расчёт точности обработки на чистовой операции	49
2.9 Выводы по разделу	52
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ.....	53
3.1. Проектирование приспособления на комплексную операцию.....	53
3.2 Разработка расчетной схемы закрепления. Расчёт усилия зажима	53
3.3 Определение погрешности базирования	57
3.4 Описание работы приспособления	57
3.5 Расчет исполнительных размеров калибра-пробки $\varnothing 5+0,030$	59
3.6 Расчет исполнительных размеров калибра-пробки $\varnothing 5,5\pm 0,15$	61
3.7 Расчет исполнительных размеров калибра-пробки $\varnothing 19^{+0,006}_{-0,015}$	64

					Лист
					6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы сформирован комплексный проект производственного участка цеха, ориентированного на изготовление детали «Корпус руки манипулятора». Разработанная концепция учитывает не только текущие производственные мощности предприятия, но и потенциал масштабирования — предусмотрена гибкость планировки и возможность интеграции дополнительного оборудования при росте программы выпуска.

Существенным технологическим новшеством стал переход на получение заготовки методом отливки. Проведённые технико-экономические расчёты подтвердили, что такой подход снижает расход материала за счёт уменьшения припусков, сокращает время предварительной обработки и в целом повышает технологичность производства. В сравнении с альтернативными способами (например, раскроем листового материала или сварными конструкциями) отливка обеспечивает лучшую жёсткость корпусной детали и минимизирует остаточные напряжения, что критично для точности позиционирования манипулятора.

Для обеспечения надёжной фиксации заготовки и достижения требуемой точности на обрабатывающих центрах с ЧПУ спроектировано специализированное приспособление для комплексной операции. Конструкция учитывает схему базирования по трём плоскостям и предусматривает быстросменные элементы зажима, что сокращает вспомогательное время и повышает повторяемость результатов. Проведён проверочный расчёт на жёсткость и виброустойчивость — подтверждено, что приспособление сохраняет стабильность при динамических нагрузках фрезерования.

Отдельно проработана система контроля качества: выполнены расчёты исполнительных размеров калибр пробок различных диаметров для экспресс-контроля отверстий. Учтены требования ГОСТ к допускам и посадкам.

Экономический анализ показал, что усовершенствованный технологический процесс оказывается выгоднее базового в 1,5 раза за счёт

						Лист
						106
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ПГУ 12-08.15.03.05.M113 ПЗ

3.8	Расчет исполнительных размеров резьбовой пробки М4×0,7-6Н;-7Н.....	65
3.9	Выводы по разделу	68
4	НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАЗДЕЛ	-
	«ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ТОЧНЫХ ОТВЕРСТИЙ В КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЯХ»	69
4.1	Актуальность высокопроизводительной обработки точных отверстий.....	69
4.2	Особенности обработки точных отверстий в корпусных деталях	70
4.3	Физические основы высокопроизводительной обработки отверстий.....	71
4.4	Требования к оборудованию для высокопроизводительной обработки отверстий	72
4.4.1	Станки.....	72
4.4.2	Инструментальные материалы и геометрия.....	73
4.4.3	Системы ЧПУ и САМ.....	74
4.5	Анализ высокопроизводительных методов обработки точных отверстий.....	75
4.5.1	Алмазное и высокоскоростное растачивание.....	75
4.5.2	Скоростное сверление и зенкерование.....	75
4.5.3	Высокоскоростное хонингование.....	76
4.5.4	Раскатывание (поверхностное пластическое деформирование).....	76
4.5.5	Электроэрозионная и лазерная обработка (для специальных случаев).....	78
4.6	Выбор оптимального метода для различных материалов и условий.....	78
4.7	Сравнение экономической эффективности методов.....	80
4.8	Вывод по исследовательскому разделу.....	82
5	ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЧАСТКА МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ ДЕТАЛИ «КОРПУС СВЕТИЛЬНИКА»	84
5.1	Разработка общей планировки участка и рабочих мест	84
5.2	Расчет потребных площадей.....	86
5.3	Эскизная компоновка участка механического цеха.....	88
5.4	Выводы по разделу	88
6	ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ	89
6.1	Исходные данные для сравнения технологических процессов.....	89

					ПГУ 12-08.15.03.05.М113 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

высокопроизводительных методов обработки точных отверстий в корпусных деталях.

Разработан проект участка по изготовлению деталей типа «Корпус руки манипулятора».

В разделе промышленной экологии и техники безопасности произведен анализ организационных мероприятий по повышению безопасности труда на механическом производстве, произведен расчет защитного заземления.

Эффективность нового технологического процесса подтверждена экономическим расчетом.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.2-08.15.03.05.M113 ПЗ

Лист
5

УДК 621.9

Суханов Е.Б. - Проект производственного участка с разработкой технологии изготовления корпуса руки манипулятора.

Пояснительная записка: 111 листа, 29 рисунков, 19 таблиц, 10 источников, 3 приложения.

Графическая часть: 8 листов формата А1.

РЕФЕРАТ

Ключевые слова: КОРПУС, ИЗДЕЛИЕ, ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ, ТИП ПРОИЗВОДСТВА, ЗАГОТОВКА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ПРИПУСК, РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ, НОРМЫ ВРЕМЕНИ, ПОГРЕШНОСТЬ ОБРАБОТКИ, ПРИСПОСОБЛЕНИЕ, ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, НОРМЫ ВРЕМЕНИ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ, ПЛАН УЧАСТКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Объектом разработки является деталь «Корпус» руки специального манипулятора производства предприятия АО «ФНПЦ «ПО «Старт» им. М.В.Проценко (г.Заречный, Пензенская область).

Цель работы - проект производственного участка цеха механической обработки детали «Корпус руки манипулятора» и средства его технологического оснащения с годовой программой выпуска 10.000 деталей.

Результатом выполнения работы являются: новая заготовка, полученная методом литья под давлением, новая маршрутно-операционная технология с применением станков с ЧПУ и разработка КД на приспособление для комплексной операции фрезерования с целью закрепления заготовок.

Спроектирован комплект мерительных инструментов.

В научно-исследовательском разделе рассмотрены вопросы

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	ПГУ 1.2-08.15.03.05.M113 ПЗ			
Разраб.	Суханов Е.Б.	04.06.26	Суханов Е.Б.	04.06.26	Проект производственного участка с разработкой технологии изготовления корпуса руки манипулятора	Лит.	Лист	Листов
Проверил	Гирин П.А.	04.06.26	Гирин П.А.	04.06.26		В	К	Р
Н. контр.	Таранцев К.В.	04.06.26	Таранцев К.В.	04.06.26		4		
Утв.	Зверовицкий А.Е.	04.06.26	Зверовицкий А.Е.	04.06.26	ПГУ, Каф. «ТОМ», гр.22ММ1			

6.2 Техничко-экономический анализ двух вариантов техпроцесса	89
7 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА УЧАСТКЕ ЦЕХА.....	95
7.1 Организация рабочего места фрезировщика	95
7.2 Расчет защитного заземления.....	101
7.3 Выводы по разделу	105
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	106
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	108
ПРИЛОЖЕНИЕ А Технологическая документация.....	109
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Спецификации.....	110
ПРИЛОЖЕНИЕ В Ведомость ВКР.....	111

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.2-08.15.03.05.M113 ПЗ

Лист
8

снижения трудоёмкости, уменьшения расхода инструмента и сокращения брака. В расчёт включены не только прямые затраты (материалы, зарплата, амортизация), но и косвенные эффекты — экономия энергоресурсов и снижение простоев оборудования. Построена сравнительная таблица себестоимости по ключевым операциям, которая наглядно демонстрирует точки роста эффективности.

Вопросы охраны труда и промышленной безопасности решены комплексно: представлена детальная организация рабочего места фрезеровщика с учётом эргономики и норм СанПиН — оптимизировано расположение инструментального шкафа, пульта управления и зоны складирования заготовок для минимизации лишних перемещений. Выполнен расчёт защитного заземления с учётом удельного сопротивления грунта и суммарной мощности электрооборудования; подобраны сечения заземляющих проводников и схема контура.

При выполнении ВКР был разработан проект производственного участка цеха и представлена усовершенствованная технология изготовления детали «Корпус руки манипулятора».

					Лист	
					107	
ПГУ 12-08.15.03.05.M113 ПЗ						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		