

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет
Промышленных технологий
электроэнергетики и транспорта

Кафедра
Технологии и оборудование
машиностроения

Направление подготовки

15.03.02 – Технологические машины и
оборудование

Профиль подготовки

Металлообрабатывающее оборудование
и технологическая оснастка

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему

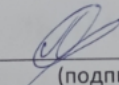
Проект токарного обрабатывающего центра

по типу модели СТ16А25

ПГУ 1.2-15.03.02.08.00.00 ПЗ

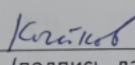
(обозначение ВКР)

Студент гр. 22МС1


(подпись, дата)

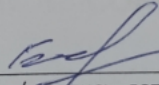
Пучков А.М.
(фамилия, инициалы)

Руководитель


(подпись, дата)

Кочетков Д.В.
(фамилия, инициалы)

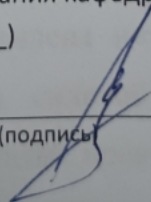
Нормоконтролер


(подпись, дата)

Большаков Г.С.
(фамилия, инициалы)

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры
от 05.06.2026г. № 12)

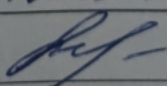
Заведующий кафедрой


(подпись)

Зверовщиков А.Е.
(фамилия, инициалы)

Работа защищена с оценкой отлично
(протокол заседания ГЭК от 18.06.2026г. № 4)

Секретарь ГЭК


(подпись)

Истомина Ю.В.
(фамилия, инициалы)

«Утверждаю»

Заведующий кафедрой ТОМ А.Е. Зверовщиков

« » 2026 г.

ЗАДАНИЕ на бакалаврскую работу

1. Студент группы 22МС1 Факультета промышленных технологий, электроэнергетики и транспорта направления 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Пучков Александр Максимович

2. Руководитель бакалаврской работы доцент Кочетков Д.В.

3. Время проектирования с 04 июня 2026 г. по 02 июля 2026 г.

4. Место преддипломной практики ООО «СтанкоМашСтрой», г. Пенза

5. Тема бакалаврской работы

Проект токарного обрабатывающего центра по типу модели СТ16А25

Тема утверждена приказом ПГУ № 350/о от 07.04.2026 г.

6. Техническое задание (цель проектирования, объект проектирования, его технические характеристики и т.п.)

Спроектировать привод главного движения и суппорт с приводами подач токарного обрабатывающего центра по типу модели СТ16А25; спроектировать revolverную головку для токарного обрабатывающего центра.

Токарный обрабатывающий центр. Эффективная мощность резания $P=7,5$ кВт, диапазон регулирования привода $R_p=80$, минимальная частота вращения шпинделя $n_{шп\ min}=21\text{ мин}^{-1}$.

7. Объем и содержание основной части работы

7.1. Пояснительная записка (перечень вопросов, подлежащих разработке, расчеты, обоснования, описания)

должна содержать информацию о базовой модели станка; кинематический и силовой расчеты привода главного движения станка; результаты проектирования зубчатых передач в модуле GEARS программы КОМПАС-3D; результаты проектирования привода главного движения в САД-программе КОМПАС-3D; результаты проведенного анализа напряженно-деформированного состояния элементов конструкции привода главного движения в САЕ-программе SolidWorks Simulation; результаты проектирования суппорта с привода подач; результаты проектирования revolverной головки.

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

- 1) Центр обрабатывающий токарный (Схема кинематическая принципиальная) – 1 лист формата A1;
- 2) Привод главного движения (Теоретический чертеж) – 0,5 листа формата A1;
- 3) Привод главного движения (Сборочный чертеж) – 3 листа формата A1;
- 4) Проектирование зубчатых передач в модуле GEARS программы КОМПАС-3D (Теоретический чертеж) – 0,5 листа формата A1;
- 5) Напряженно-деформированное состояние узла привода главного движения (Теоретический чертеж) – 0,5 листа формата A1;
- 6) Головка револьверная (Сборочный чертеж) – 1 лист формата A1;
- 7) Суппорт (Теоретический чертеж) – 0,5 листа формата A1;
- 8) Суппорт (Сборочный чертеж) – 1 лист формата A1;
- 9) Механизм привода продольной подачи каретки (Сборочный чертеж) – 1 лист формата A1.

8. Особые требования по выполнению разделов:

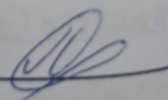
Проектирование привода главного движения и суппорта выполнить в программе КОМПАС-3D. Проектирование зубчатых передач выполнить в модуле GEARS программы КОМПАС-3D. Анализ напряженно-деформированного состояния узла привода главного движения выполнить методом конечных элементов в программе SolidWorks Simulation.

9. Календарный график выполнения выпускной работы

Наименование этапов работы	Объем работы, %	Срок выполнения	Подпись руководителя
1) Кинематическая схема станка	5	до 05.06.2026 г.	Клишков
2) Проектирование конструкции привода главного движения	15	до 08.06.2026 г.	Клишков
3) Проектирование зубчатых передач в модуле GEARS программы КОМПАС-3D	5	до 09.06.2026 г.	Клишков
4) Напряженно-деформированное состояние узла привода главного движения	10	до 10.06.2026 г.	Клишков
5) Проектирование револьверной головки	15	до 11.06.2026 г.	Клишков
6) Проектирование суппорта	15	до 13.06.2026 г.	Клишков
7) Проектирование механизма привода продольной подачи каретки	15	до 15.06.2026 г.	Клишков
8) Оформление пояснительной записки	20	до 17.06.2025 г.	Клишков

Дата выдачи задания «04» июня 2026 г.

Руководитель работы Клишков

Задание к исполнению принял 
«04» июня 2026 г.

Бакалаврскую работу к защите допустить

Декан факультета промышленных технологий,
электроэнергетики и транспорта

ОПОН освоена в полном объеме.
К государственной итоговой
аттестации допустить

С.Ю. Киреев
2026 г.

Реферат

Выпускная квалификационная работа по направлению подготовки 15.03.02 – Технологические машины и оборудование (профиль подготовки – Metalлообработывающее оборудование и технологическая оснастка) на тему «Проект токарного обрабатывающего центра по типу модели СТ16А25» состоит из пояснительной записки и графической части.

Целью выпускной работы является проектирование привода главного движения токарного обрабатывающего центра по типу модели СТ16А25, а также револьверной головки, механизма привода продольной подачи каретки и суппорта.

МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИЙ СТАНОК, ПРИВОД ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ, ГРАФИК ЧАСТОТ ВРАЩЕНИЯ ШПИНДЕЛЯ, СХЕМА КИНЕМАТИЧЕСКАЯ, КИНЕМАТИЧЕСКИЕ И СИЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ЗУБЧАТАЯ ПЕРЕДАЧА, КОМПАС-3D, МОДУЛЬ GEARS, ШПИНДЕЛЬ, НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ, МЕТОД КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, SOLIDWORKS SIMULANION, РЕВОЛЬВЕРНАЯ ГОЛОВКА, ПРИВОД ПОДАЧ, СУППОРТ, НАПРАВЛЯЮЩИЕ, ВЫСОКОМОМЕНТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Пояснительная записка содержит 153 страницы (формат А4), 54 рисунка, 1 таблицу, 18 источников литературы и 2 приложения.

В пояснительной записке представлена информация о базовой модели станка, выполнены кинематический и силовой расчеты привода главного движения станка, представлены результаты: проектирования привода главного движения в программе КОМПАС-3D; проектирования зубчатых передач в модуле GEARS программы КОМПАС-3D; анализа напряженно-деформированного

ПГУ 1.2–15.03.02.08.00.00 ПЗ					Проект токарного обрабатывающего центра по типу модели СТ16А25 Пояснительная записка		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат			
Разраб.		Пучков А.М.			Лит. Лист Листов В К Р 3 153		
Провер.		Кочетков Д.В.					
Н. контр.		Большаков Г.С.			Кафедра «ТОМ», группа 22МС1		
Утв.		Заровицкий А.Е.					

состояния узла привода главного движения в САЕ-программе SolidWorks Simulation; проектирования револьверной головки; проектирования механизма привода продольной подачи каретки, а также проектирование суппорта в программе КОМПАС 3-D.

Графическая часть содержит:

Лист формата А1 – Центр обрабатывающий токарный (Схема кинематическая принципиальная);

Лист формата А2 – Привод главного движения (Теоретический чертеж);

Листы форматов А0 и А1 – Привод главного движения (Сборочный чертеж);

Лист формата А2 – Проектирование зубчатых передач в модуле GEARS программы КОМПАС-3D (Теоретический чертеж);

Лист формата А2 – Напряженно-деформированное состояние узла привода главного движения (Теоретический чертеж);

Лист формата 1,35А1 – Головка револьверная (Сборочный чертеж);

Лист формата А2 – Суппорт (Теоретический чертеж);

Лист формата А1 – Суппорт (Сборочный чертеж);

Лист формата А1 – Механизм привода продольной подачи каретки (Сборочный чертеж).

Содержание

Введение.....	7
1 Общие сведения о базовой модели станка.....	9
2 Кинематический расчет привода главного движения.....	12
2.1 График частот вращения шпинделя.....	12
2.2 Числа зубьев в передачах.....	17
2.3 Кинематическая схема привода главного движения.....	21
2.4 Эскизное оформление привода главного движения.....	22
2.4.1 Кинематические и силовые характеристики.....	22
2.4.2 Модули зубьев в передачах.....	23
2.4.3 Диаметры валов.....	25
2.4.4 Межцентровые расстояния между валами.....	27
2.4.5 Геометрические параметры зубчатых колес.....	29
2.4.6 Схема установки подшипников шпиндельного узла.....	30
3 Силовой расчет привода главного движения.....	32
3.1 Расчет валов на прочность.....	32
3.2 Расчет шпиндельного узла на жесткость.....	43
3.3 Уточненный расчет опор шпинделя.....	48
3.4 Проверочный расчет подшипников.....	49
3.5 Проверочный расчет зубчатых колес.....	53
3.6 Расчет соединений вал-ступица.....	60
3.6.1 Расчет шпоночных соединений.....	60
3.6.2 Расчет шлицевых соединений.....	62
4 Проектирование привода главного движения в САД-программе КОМПАС-3D.....	65
4.1 Проектирование зубчатых передач в модуле GEARS программы КОМПАС-3D.....	66
4.2 Анализ напряженно-деформированного состояния узла привода главного движения.....	80

5 Проектирование revolverной головки.....	85
5.1 Принцип работы revolverной головки.....	85
5.2 Кинематический расчет revolverной головки.....	90
6 Проектирование суппорта в САD-программе КОМПАС-3D.....	94
7 Расчет продольного привода подач.....	95
7.1 Расчет продольных направляющих.....	96
7.2 Расчет механической части продольного привода подач.....	103
7.3 Выбор высокомоментного двигателя для привода продольной подачи.....	112
8 Расчет поперечного привода подач.....	119
8.1 Расчет поперечных направляющих.....	120
8.2 Расчет механической части поперечного привода подач.....	122
8.3 Выбор высокомоментного двигателя для привода поперечной подачи.....	127
Заключение.....	131
Список использованной литературы.....	132
Приложение А – Спецификации.....	135
Приложение Б – Ведомость выпускной квалификационной работы.....	152

Станкостроение является фундаментом для развития высокотехнологичной промышленности любого развитого государства. Сегодня эта отрасль представляет собой синтез точной механики, современных материалов и высокопроизводительного программного обеспечения. Главные направления мирового станкостроения – полная автоматизация производственных процессов, интеграция робототехники и постоянное повышение точности обработки. Современные станки строятся по модульному принципу, что позволяет комбинировать различные узлы (шпиндели, револьверные головки, системы смены заготовки) и создавать гибкие станочные комплексы, способные без участия человека выпускать сложные детали в серийном масштабе или даже штучно, но с минимальным временем переналадки.

Что касается токарных станков, то на сегодняшний день современные образцы представляют собой высокотехнологичные токарные центры с ЧПУ, являющиеся сложными гибридными системами, позволяющими объединять в одном решении токарные, сверлильные, фрезерные и измерительные операции. Ключевое отличие от классических моделей – многофункциональность, появляющаяся в результате использования приводного инструмента в револьверной головке и управляемых осей (оси поворота шпинделя, его вертикального смещения, поворота револьверной головки).

Высокий уровень автоматизации токарных станков достигается за счет их интеграции с барфидерами (автоматическими податчиками прутка) или промышленными роботами, с системами лазерного контроля инструмента и детали, а также применения конвейеров для удаления стружки. Управление технологическими процессами осуществляется современными системами ЧПУ (Fanuc, Siemens Sinumerik, Heidenhain, Mitsubishi), обеспечивающими трехмерную симуляцию обработки, адаптивное управление подачей (станок сам замедляется при росте нагрузки) и удаленную диагностику. Современные тенденции включают гибридные технологии – добавление лазерной наплавки

(3D-печать металлом) прямо на токарный станок для доращивания сложных элементов, а также создание цифровых двойников для полной компьютерной отладки программ обработки до реального запуска.

Таким образом, современный токарный станок представляет собой автоматизированный роботизированный комплекс, способный обеспечить производство сложнейших деталей за минимальное время за одну установку.

ПГУ 1.2-15.03.02.08.00.00 ПЗ					Лист
					8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

Заключение

При выполнении выпускной квалификационной работы был спроектирован привод главного движения токарного обрабатывающего центра по типу модели СТ16А25, а также револьверная головка, механизм привода продольной подачи каретки и суппорт. Проектирование привода главного движения и суппорта выполнялось с применением САД-программы КОМПАС-3D, зубчатых передач – в модуле GEARS программы КОМПАС-3D, а анализ напряженно-деформированного состояния узла привода главного движения – в САЕ-программе SolidWorks Simulation.

Список использованной литературы

1. Михеев И.И., Ярмоленко Е. Н. Кинематический расчет приводов станков: Учеб. пособие. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2003. – 100 с.
2. Михеев И.И. Расчет и конструирование металлорежущих станков : Учеб. пособие / И.И. Михеев, Е.Н. Ярмоленко, В.Н. Денисов. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005. – 152 с.
3. Пантелеев В.Ф. Расчеты деталей машин : учеб. пособие / В.Ф. Пантелеев, Д.В. Кочетков. – Изд. 4-е, доп. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2015. – 200 с.
4. Металлорежущие станки : учебник. В 2 т. / Т.М. Авраамова, В.В. Бушуев, Л.Я. Гиловой и др. ; под ред. В.В. Бушуева. Т. 1. – М. : Машиностроение, 2011. – 608 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя : В 2-х т. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. Т. 2 – М. : Машиностроение, 1986. – 496 с.
6. Расчет приводов подач станков с ЧПУ : методические указания. В 2 ч. / И.И. Михеев, И.Ф. Тишин – Ч. 1. – Пензенский политехнический институт, 1988. – 48 с.
7. Металлорежущие станки : учебник. В 2 т. / В.В. Бушуев, А.В. Еремин, А.А. Какоило и др.; под ред. В.В. Бушуева. Т. 2. – М. : Машиностроение, 2011. – 586 с.
8. Детали машин: Атлас конструкций : Учеб. пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов. В 2 ч. / Б.А. Байков, В.Н. Богачев, А.В. Буланже и др. ; Под общ. ред. д-ра техн. наук проф. Д.Н. Решетова. – 5-е изд., переработ. и доп. Ч. 1. – М. : Машиностроение, 1992. – 296 с.
9. Детали машин: Атлас конструкций : Учеб. пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов. В 2 ч. / Б.А. Байков, В.Н. Богачев, А.В. Буланже и др. ; Под общ. ред. д-ра техн. наук проф. Д.Н. Решетова. – 5-е изд., переработ. и доп. Ч. 2. – М. : Машиностроение, 1992. – 352 с.

					ПГУ 1.2–15.03.02.08.00.00 ПЗ		Лист
							132
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

10. Пантелеев В.Ф. Кинематический и энергетический расчеты механических приводов машин : метод. Указания и задания к курсовому проектированию по деталям машин / В.Ф. Пантелеев, Д.В. Кочетков ; под ред. В.В. Смогунова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2011. – 80 с.

11. Пантелеев В.Ф. Выбор и расчет радиальных и радиально-упорных подшипников качения : метод. Указания к курсовому проектированию по деталям машин / В.Ф. Пантелеев, Д.В. Кочетков ; под ред. В.В. Смогунова, – Пенза: Изд-во ПГУ, 2012. – 56 с.

12. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя : В 3-х т. / 8-е изд., перераб. и доп. под ред. И.Н. Жестковой. Т. 1. – М. : Машиностроение, 2001. – 920 с.

13. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя : В 3-х т. / 8-е изд., перераб. и доп. под ред. И.Н. Жестковой. Т. 2. – М. : Машиностроение, 2001. – 901 с.

14. Роботизированные технологические комплексы и гибкие производственные системы в машиностроении : Альбом схем и чертежей : Учеб. пособие для втузов / Ю.М. Соломенцев, К.П. Жуков, Ю.А. Павлов и др. ; Под общ. ред. Ю.М. Соломенцева. – М. : Машиностроение, 1989. – 192 с.

15. Альбом станочного оборудования и автоматизированных производств. Кинематические схемы, конструкции, компоновки станков, станочных модулей и станочных комплексов. Ч. 1 / В.В. Бушуев, А.К. Шульга, А.А. Какойло и др. – М. : ВНИИТЭМР, 1991. – 112 с.

16. Альбом станочного оборудования и автоматизированных производств. Кинематические схемы, конструкции, компоновки станков, станочных модулей и станочных комплексов. Ч. 2 / В.В. Бушуев, А.К. Шульга, А.А. Какойло и др. – М. : ВНИИТЭМР, 1991. – 108 с.

17. Альбом примеров конструкций узлов металлорежущих станков (компоновочные схемы, конструкции, примеры исполнения) : метод. указания / И.И. Михеев, Е.Н. Ярмоленко, В.О. Трилисский, А.В. Липов, – Пенза : Изд-во ПГУ, 2000. – 164 с.

18. Атлас кинематических схем металлорежущих станков / И.И. Михеев, С.В. Эрленков, В.В. Панчурин, А.В. Липов, – Пенза : Изд-во ППИ, 1993. – 60 с.

					ПГУ 1.2–15.03.02.08.00.00 ПЗ	Лист
						134
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

О Т З Ы В

на бакалаврскую работу
Пучкова Александра Максимовича

(фамилия, имя и отчество)

Тема работы: Проект токарного обрабатывающего центра
по типу модели СТ16А25

Выпускная квалификационная работа студента группы 22МС1 Пучкова Александра Максимовича состоит из расчетно-пояснительной записки выполненной на 153 листах формата А4 и графической части – на 9,35 листах А1. Расчетно-пояснительная записка и графическая часть оформлены в соответствии с ГОСТами, ЕСКД и ЕСТД.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы Пучков А.М. спроектировал привод главного движения токарного обрабатывающего центра по типу модели СТ16А25, с комбинированным регулированием частот вращения шпинделя, состоящий из ступенчатой коробки и электродвигателя постоянного тока, при этом также выполнил проектирование привода в САД-программе КОМПАС-3D, а проектирование зубчатых передач – в модуле GEARS программы КОМПАС-3D, провел анализ напряженно-деформированного состояния элементов конструкции привода главного движения в САЕ-программе SolidWorks Simulation; спроектировал револьверную головку, выполнил проектирование суппорта и механизма привода продольной подачи каретки. Также проектирование суппорта выполнил в САД-программе КОМПАС-3D.

В расчетно-пояснительной записке студент Пучков А.М. привел все необходимые расчеты с пояснениями.

Во время выполнения работы студент Пучков А.М. показал отличные знания по общетехническим и специальным дисциплинам, умение работать со специальной технической и справочной литературой, а также с системами автоматизированного проектирования.

Считаю, что работа Пучкова А.М. может быть допущена к защите ГЭК и заслуживает оценки ОТЛИЧНО, а он – присвоения квалификации бакалавр по направлению подготовки 15.03.02 – Технологические машины и оборудование (профиль подготовки – Металлообрабатывающее оборудование и технологическая оснастка).

Руководитель работы,
к.т.н., доцент

Кочетков

Кочетков Д.В.