Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

**«Оренбургский государственный университет»**

Кафедра технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**ПО**

**ПРОГРАММЕ**

**ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки

*15.03.06 Мехатроника и робототехника*

(код и наименование направления подготовки)

*Мехатроника*

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

*Бакалавр*

Форма обучения

*Очная*

Год набора 2022

*Исполнитель:*

\_\_\_\_\_\_\_зав.каф.ТММСК\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*\_\_\_\_\_\_*А.Н. Поляков\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

*должность подпись расшифровка подписи*

Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании кафедры «Технология машиностроения, металлообрабатывающие станки и комплексы»

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_А.Н. Поляков

Методические указания являются приложением к программе государственной итоговой аттестации, зарегистрированной в ЦИТ под учетным номером \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

# 

**1 Общие сведения о курсе дисциплины**

Государственная итоговая аттестации по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника включает:

- подготовку к сдаче и сдачу государственного экзамена;

- защиту выпускной квалификационной работы (ВКР), включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты.

Процесс изучения обучающимися дисциплины регламентируется рабочей программы дисциплины, в соответствии с которой организована учебная деятельность. Обязательным условием реализации этой деятельности является посещение консультаций, назначаемых руководителем и осуществление различных видов самостоятельной работы.

# 2 Методические указания по самостоятельной работе

Самостоятельная работа является внеаудиторной и предназначена для самостоятельного выполнения различных видов работ, связанных с успешной реализацией государственной итоговой аттестацией.

Целью самостоятельной работы является:

- научить обучающихся осмысленно и самостоятельно работать с учебным материалом, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою квалификацию;

- получение умений в выборе необходимого материала из различных источников по теме исследования;

- воспитание у обучающихся самостоятельности, организованности, самодисциплины, творческой активности, потребности развития познавательных способностей и упорства в достижении поставленных целей;

- формирование компетенций, предусмотренных рабочей программой.

Предлагаемый подход к освоению материала усиливает мотивацию к аудиторной и внеаудиторной активности, что обеспечивает необходимый уровень знаний по изучаемой дисциплине и позволяет повысить готовность обучающихся к сдаче экзамена.

Видами самостоятельной работы по программе государственное итоговой аттестации являются:

- подготовку к сдаче государственного экзамена;

- подготовка к процедуре защиты Выпускной квалификационной работы;

- выполнение всех разделов ВКР.

Самостоятельная работа реализуется:

1. В контакте с преподавателями на консультациях.

2. В библиотеке, дома, в общежитии, на кафедре при выполнении обучающимся учебных задач.

## 

## 2.1 Государственный экзамен

Согласно учебному плану в ходе государственного экзамена проверяется освоение компетенций: ОПК-1-14 и ПК-1-9. Эта процедура реализуется в два этапа: в ходе электронного тестирования и устного собеседования по материалам выпускной квалификационной работы.

К государственной итоговой аттестации допускается обучающийся, не имеющий академической задолженности и в полном объеме выполнивший учебный план или индивидуальный учебный план по соответствующей образовательной программе высшего образования.

Результаты любого из видов аттестационных испытаний, включенных в государственную итоговую аттестацию, определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Результаты государственного аттестационного испытания объявляются в день его проведения.

Перед государственным экзаменом проводится консультирование обучающихся по вопросам, включенным в программу государственного экзамена (предэкзаменационная консультация).

Государственный экзамен проводится в два этапа. На первом этапе осуществляется тестирование по вопросам для пяти дисциплин: *Основы мехатроники и робототехники, Микропроцессорная техника в мехатронике и робототехнике*, *Электронные устройства мехатронных и робототехнических систем*, *Конструирование мехатронных модулей, Транспортно-накопительные системы и промышленные роботы*. Тестовые задания итогового междисциплинарного экзамена разрабатываются методической комиссией по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника.

Тестирование может осуществляться как на компьютере с использованием любой программы, позволяющей в автоматическом режиме генерировать комплексное тестовое задание из более 1000 (не более 2500) вопросов из пяти разделов (в каждом разделе содержится от 100 до 250 вопросов). Одно тестовое задание содержит двадцать пять вопросов. На решение тестового задания отводится не более 60 минут.

Критерием оценивания является успешный ответ на более 50 % тестов из тестового задания. Успешный ответ позволяет переходить ко второй части экзамена, который заключается в представлении презентации по материалам выпускной квалификационной работы. Согласно Положению о государственной итоговой аттестации выпускников ОГУ это часть экзамена представляет собой творческое комплексное задание.

Государственный экзамен проводится следующим образом:

1) дата, время и место проведения экзамена устанавливаются не позднее, чем за 30 календарных дней до дня проведения первого государственного аттестационного испытания распоряжением по университету и информация об этом заблаговременно доводится до сведения обучающегося, членов государственных экзаменационных комиссий и апелляционных комиссий, секретарей государственных экзаменационных комиссий, руководителей и консультантов выпускных квалификационных работ;

2) обучающийся представляет в виде иллюстрированной презентации материалы выпускной квалификационной работы (ВКР). В этой части обучающийся: формулирует цель работы; обосновывает актуальность выбранной темы; ставит задачи, решаемые в работе; показывает основные подходы и пути достижения поставленной в работе цели; приводит перечень необходимых расчетов и графического материала. Минимальный объем выполненных исследований, выносимый на экзамен, – это краткое изложение выполненных исследований с минимальным объемом иллюстраций;

3) время, отводимое на представление презентации, ограничивается десятью минутами доклада;

4) результаты сдачи государственного экзамена объявляются в тот же день после оформления в установленном порядке протокола заседания Государственной экзаменационной комиссии;

5) выпускник, получивший оценку «неудовлетворительно», имеет право на апелляцию.

Обучающийся имеет право подать в апелляционную комиссию письменную апелляцию о нарушении, по его мнению, установленной процедуры проведения государственного аттестационного испытания и (или) несогласии с результатами государственного экзамена. Подача апелляции и её рассмотрение осуществляется согласно действующему Положению о государственной итоговой аттестации выпускников ОГУ. Апелляция на повторное проведение государственного аттестационного испытания не принимается.

Результаты сдачи государственного экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение государственного аттестационного испытания.

При определении оценки знаний и умений, выявленных при сдаче государственного экзамена, принимаются во внимание уровень теоретической, научной и практической подготовки выпускника.

При выставлении оценки применяются следующие критерии:

- оценка «отлично» выставляется тому, кто представляет материалы ВКР в максимальной степени готовности, глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении задания, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятие решения, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач;

- оценка «хорошо» выставляется тому, кто представляет материалы ВКР в высокой степени готовности, твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения;

- оценка «удовлетворительно» выставляется тому, кто представляет материалы ВКР со степенью готовности, убеждающей членов государственной комиссии в том, что студент способен выполнить ВКР в отведенный для этого период, имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточные правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, продемонстрировал серьезные затруднения в практической части представленных материалов;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется тому, кто не представил материалы ВКР, а если представил материалы, но допустил принципиальные ошибки в решении технологических задач, не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки.

**Перечень рекомендуемой литературы для подготовки к государственному экзамену**

* Романов, А. И. Распределения случайных величин и основы статистических методов обработки экспериментальных данных [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / А. И. Романов, Т. А. Семенова, Н. С. Воронова. – Москва: НИЯУ МИФИ, 2016. – 148 с. – ISBN 978-5-7262-2225-7. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/119506, авторизованный.
* Каменев, С. В. Компьютерное моделирование и обработка данных в прикладных научных исследованиях [Электронный ресурс]: учебное пособие / С. В. Каменев, К. В. Марусич. – Оренбург: Университет, 2013. – 156 с. – ISBN 978-5-4417-0194-5. – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/  
  metod\_all/3513\_20130306.pdf, в локальной сети ОГУ.
* Каменев, С. В. Инженерные расчеты методом конечных элементов в CAE-системе «Autodesk Simulation Mechanical» [Электронный ресурс]: учебное пособие. – Оренбург: ОГУ, 2019. – 142 с. – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/site\_new/index.php?option=com\_find&type=getfile&name=  
  94202\_20190515.pdf&folder1=metod\_all&folder2=books&no\_html=1, авторизованный. – Загл. с экрана.
* Каменев, С. В. Использование CAE-системы «ANSYS» в инженерной практике [Электронный ресурс]: учеб. пособие / С. В. Каменев, А. Н. Попов. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2008. – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/site\_new/index.php?option=com\_find&type=getfile&name=2642\_20110923.pdf&  
  folder1=metod\_all&folder2=books&no\_html=1, авторизованный. – Загл. с экрана.
* Каменев, С. В. Основы метода конечных элементов в инженерных приложениях [Электронный ресурс]: учебное пособие. – Оренбург: ОГУ, 2019. – 110 с. – Режим доступа: [http://artlib.  
  osu.ru/site\_new/index.php?option=com\_find&type=getfile&name=94203\_20190515.pdf&folder1=metod\_all&folder2=books&no\_html=1](http://artlib.osu.ru/site_new/index.php?option=com_find&type=getfile&name=94203_20190515.pdf&folder1=metod_all&folder2=books&no_html=1), авторизованный. – Загл. с экрана.
* Кожевников, Д. В. Режущий инструмент : учебник / Д. В. Кожевников, В. А. Гречишников, С. В. Кирсанов, С. Н. Григорьев. — 4-е, изд. — Москва : Машиностроение, 2014. — 520 с. — ISBN 978-5-94275-713-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/63256> . — Режим доступа: для авториз. пользователей. – ЭБС Издательства «Лань».

- Схиртладзе, А. Г. Проектирование режущих инструментов : учебное пособие / А. Г. Схиртладзе, В. А. Иванов, В. К. Перевозников. — Пермь : ПНИПУ, 2006. — 208 с. — ISBN 5-98975-045-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/160688> . — Режим доступа: для авториз. пользователей. – ЭБС Издательства «Лань».

- Горохов, В.А. Проектирование технологической оснастки [Текст]: учебник для вузов/ В.А. Горохов, А.Г. Схиртладзе, И.А. Коротков. – Старый Оскол: ТНТ, 2009, 2010. – 432 с.

- Гусев, А. А. Проектирование технологической оснастки : учебник / А. А. Гусев, И. А. Гусева. — 2-е изд. — Москва : Машиностроение, 2013. — 416 с. — ISBN 978-5-94275-722-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/63254> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.

- Дегтярева, О. Н. Нормирование точности и технические измерения : учебное пособие / О. Н. Дегтярева, А. А. Баканов. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2017. — 200 с. — ISBN 978-5-906888-69-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/105390> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.

- Каменев, С. В. Автоматизация контрольно-измерительных операций в машиностроении [Электронный ресурс]: учебное пособие / С. В. Каменев, К. В. Марусич. – Оренбург: Университет, 2014. – 102 с. – ISBN 978-5-44-17-0422-9. – Режим доступа: <http://artlib.osu.ru/site_new/index.php?option=com_find&type=getfile&name=4606_20140609.pdf&folder1=metod_all&folder2=books&no_html=1>, авторизованный. – Загл. с экрана.

- Металлорежущие станки : учебник : в 2 томах / Т. М. Авраамова, В. В. Бушуев, Л. Я. Гиловой [и др.] ; под редакцией В. В. Бушуева. — 2-е изд. — Москва : Машиностроение, 2023 — Том 1 — 2023. — 608 с. — ISBN 978-5-907523-30-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/307280. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

- Металлорежущие станки : учебник : в 2 томах / В. В. Бушуев, А. В. Ерёмин, А. А. Какойло [и др.] ; под редакцией В. В. Бушуева. — 2-е изд. — Москва : Машиностроение, 2023 — Том 2 — 2023. — 586 с. — ISBN 978-5-907523-31-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/307283. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

- Кожевников, Д. В. Резание материалов : учебник / Д. В. Кожевников, С. В. Кирсанов. — 2-е изд. — Москва : Машиностроение, 2012. — 304 с. — ISBN 978-5-94275-657-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/63221> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

- Поляков, А. Н. Проектирование мехатронных модулей станков с ЧПУ : учебное пособие / А. Н. Поляков. — Оренбург : ОГУ, 2019. — 128 с. — ISBN 978-5-7410-2365-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/159953> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.

- Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для академического бакалавриата / С.В. Белов.-5е изд., перераб. и доп.-Москва: Юрайт, 2015. - 702 с.

- Организация производства и управление предприятием [Текст] : учеб. для вузов / под ред. О. Т. Туровца.- 2-е изд. - М. : ИНФРА-М, 2008. - 544 с. : ил. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 538-540. - ISBN 978-5-16-002153-9.

- Фатхутдинов, Р. А. Организация производства [Текст] : учеб. для вузов / Р. А. Фатхутдинов. - М. : ИНФРА-М, 2003. - 672 с. - (Высшее образование) - ISBN 5-16-000201-4.

- Подкопаева, М. О.Организация производства на предприятиях машиностроения [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов специальности 080502 "Экономика и управление на предприятии (отрасли)" / М. О. Подкопаева; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 4.41 Мб). - Оренбург : ГОУ ОГУ, 2005. - 208 с. - Загл. с тит. экрана. -Adobe Acrobat Reader 6.0 – Режим доступа: <http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/910_20110727.pdf>

- Бекташов, Д. А. Основы программирования станков с ЧПУ : учебное пособие / Д. А. Бекташов, А. М. Власов. — Иваново : ИГЭУ, 2018. — 112 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/154545> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.

- Основы программирования токарной обработки деталей на станках с ЧПУ в системе «Sinumerik» [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки "Мехатроника и робототехника", "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств" / [А. А. Терентьев и др.]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : ОГУ, 2015. - 108 с. - ISBN 978-5-7410-1268-0.

- Основы программирования фрезерной обработки деталей на станках с ЧПУ в системе «Sinumerik» [Текст] : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлениям подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств и 15.03.06 Мехатроника и робототехника / [А. Н. Поляков и др.]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : ОГУ, 2015. - 198 с. - ISBN 978-5-7410-1269-7.

- Программирование обработки деталей на фрезерном станке с ЧПУ HAAS TM-1P [Электронный ресурс] : учебное пособие для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 15.03.05, 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, 15.03.06 Мехатроника и робототехника, 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств и 09.03.01 Информатика и вычислительная техника / А. Н. Гончаров, К. С. Романенко, А. А. Корнипаева; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 2.26 Мб). - Оренбург : ОГУ, 2021. - 115 с. - Загл. с тит. экрана. -Adobe Acrobat Reader 6.0.

**Интернет-ресурсы**

* http://gostexpert.ru – бесплатная, постоянно обновляемая база ГОСТов РФ, корректировок и исправлений по ним;
* http://libt.ru – электронная библиотека технической литературы, предоставляющая свободный доступ к инженерным книгам, нормативной документации, ГОСТам, СНиП, ВСН;
* http://www.renishaw.com – официальный русскоязычный сайт фирмы Renishaw, являющейся мировым лидером в области изготовления средств измерения и контроля;
* http://www.wenzel-group.com – официальный сайт компании Wenzel, являющейся одним из крупнейших производителем координатно-измерительной техники;
* http://www.metromec.ch – официальный сайт компании Metromec, являющейся одним из крупнейших поставщиков программного обеспечения для координатно-измерительной техники;
* http://skbis.ru – официальный сайт СКБ ИС (Россия, Санкт-Петербург), производитель датчиков перемещения (энкодеров);
* http://lapic.ru – официальный сайт ООО «Лапик» (Россия, Саратов), производство координатно-измерительных машин;
* https://openedu.ru/course/ITMOUniversity/INTRCH/ – «Открытое образование», Каталог курсов, МООК: «Основы взаимозаменяемости»;
* https://openedu.ru/course/misis/METROL/ – «Открытое образование», Каталог курсов, МООК: «Метрология».
* [www.ABAMET.ru](http://www.ABAMET.ru) – официальный сайт поставщика станков HAAS в Россию, сайт содержит справочную информацию по программированию HAAS-FANUC;
* <http://dfpd.siemens.ru/infocenter/543/544/1802/1819/> – официальный сайт компании Siemens, содержащий справочную информацию по программированию в системе ЧПУ Sinumerik;
* <http://cncexpert.ru/> - образовательный портал по технологии машиностроения;
* [www.cnc-club.ru](http://www.cnc-club.ru) – форум по станкам с ЧПУ;
* <https://cnc.training/courses.php> - «cnc-club.ru», Курсы, МООК: «Онлайн-обучение операто-ров/программистов ЧПУ – LAUFER CNC»;
* <http://www.sprut.ru/> - официальный сайт компании «СПРУТ-Технология», содержащий справочную информацию по автоматизации процессов машиностроения с помощью программных продуктов **SPRUT.**
* https://www.coursera.org/learn/multi-axis-cnc-toolpaths - «Coursera»; MOOK: «Multi-Axis CNC Toolpaths»;
* <https://www.coursera.org/learn/innovations-in-industry-robotics> - «Coursera»; MOOK: «Инновации в промышленности: мехатроника и робототехника»;
* <https://www.coursera.org/learn/introduction-cad-cam-practical-cnc-machining> - «Coursera»; MOOK: «Introduction to CAD, CAM, and Practical CNC Machining».
* <http://www.edu.ru>- Российское образование. Федеральный портал.
* <http://rsl.ru/> - Российская государственная библиотека.
* <http://www.rasl.ru> - Библиотека Академии Наук. БАН.
* <http://www.msu.ru/libraries/> - Научная библиотека МГУ.
* <http://hse.ru/> - Высшая школа экономики. Национальный исследовательский университет.
* <http://ecsocman.hse.ru/> - Федеральный образовательный портал - Экономика, Социология, Менеджмент.
* <http://econom.nsc.ru/jep/> - Виртуальная экономическая библиотека.
* <http://www.akdi.ru/> - Интернет-сервер АКДИ «Экономика и жизнь».
* <http://www.expert.ru/> - Журнал «Эксперт».
* <http://glossary.ru/> - Служба тематических толковых словарей.
* <http://eup.ru/> - Научно-образовательный портал «[Экономика и управление на предприятиях](http://eup.ru/)». Библиотека экономической и управленческой литературы.
* <http://finansy.ru/> - [Публикации по экономике и финансам](http://www.finansy.ru/).
* <http://www.gks.ru> - Федеральная служба государственной статистики.
* <http://www.cbr.ru> - ЦБ РФ.
* <http://www.iea.ru/> - Институт экономического анализа.
* <http://ibooks.ru/> - Электронная библиотечная система «Айбукс».
* [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru) - Электронная библиотечная система «Университетская библиотека online».
* <http://e.lanbook.com/> - Электронная библиотечная система «Лань».
* <https://rucont.ru/> - Электронная библиотечная система «РУКОНТ».
* <https://elibrary.ru/defaultx.asp> - Научная электронная библиотека «Elibrary.ru».
* <https://openedu.ru/course/urfu/INTPR/> Открытое образование – Управление интеллектуальной собственностью.
* <https://openedu.ru/course/ITMOUniversity/INNOEC/> Открытое образование – Инновационная экономика и технологическое предпринимательство
* <https://openedu.ru/course/mephi/mephi_002_commerce/> Открытое образование – Коммерциализация технологий
* <http://www.stankozavod.su>, <http://rosstanko.com/>, [www.sasta.ru](http://www.sasta.ru),
* <http://www.stanko-nct>, <http://www.rzts.ru>, <http://dzfs.su>, <http://www.uzts.ru>, <http://www.lipstanok.lipetsk.ru>, <http://www.assz.ru>, <https://www.stan-company.ru>, www.sasta.ru – сайты станкостроительных заводов России по производству высокотехнологичного и наукоемкого оборудования;
* [www.pumori.ru](http://www.pumori.ru) - сайт компании «Пумори-инжиниринг инвест», пропагандирует и внедряет инновационные технологии и содействует развитию конкурентоспособного рынка российских продуктов машиностроения.
* [www.solver.ru](http://www.solver.ru)– сайт инженерно-консалтинговой фирмы SOLVER (СОЛВЕР).
* [www.ABAMET.ru](http://www.ABAMET.ru) – официальный сайт поставщика станков HAAS в Россию, сайт содержит справочную информацию по программированию HAAS-FANUC;
* <https://openedu.ru/course/mephi/machinery/> - «Открытое образование»:«Конструирование: Введение в детали машин».
* <https://openedu.ru/course/spbstu/DIGPROD/-> «Открытое образование»: «Цифровое производство и проектная деятельность».
* <https://www.kitamura-machinery.com>, [www.makino.com](http://www.makino.com), [www.mazak.com](http://www.mazak.com), [www.mazak.ru](http://www.mazak.ru), [www.okuma.com](http://www.okuma.com)– официальный сайт японских производителей станков
* <https://ru.pama.it>, <http://www.gruppoparpas.com/home.aspx>, <https://www.kovosvit.com>, <https://www.toshulin.ru>, https://roeders.de/en/start/ – сайт европейских производителей станков
* http://sibengine.com/instrumentalnyj-i-shpindelnyj-konus-hsk/ - сайт технологической компании ООО «Сибирь Инжиниринг с полезной технической и технологической документацией
* <http://help.autodesk.com/view/INVNTOR/2018/RUS/?guid=GUID-C2452393-D245-49DA-AFBC-9E67830ECEEF> – онлайн помощник по Autodesk Inventor (блокнот инженера);
* <https://exponenta.ru> – образовательный портал по Matlab, Simulink;
* <http://www.plm.automation.siemens.com/ru_ru/academic/resources/> - сайт центра образовательных услуг Siemens PLM Software.
* <https://openedu.ru/course/ITMOUniversity/ACSE/> - «Открытое образование»: «[Элементы систем автоматического управления](https://openedu.ru/course/ITMOUniversity/ACSE/)».
* http://www.originlab.com – официальный сайт компании «OriginLab», занимающейся разработкой программного обеспечения для различных видов анализа и визуализации экспериментальных данных, которое получило распространение во всем мире благодаря удобству и простоте его использования;
* http://scidavis.sourceforge.net – официальная Web-страница свободно распространяемого программного обеспечения «SciDAVis», предназначенного для анализа и визуализации экспериментальных данных, и являющегося бесплатным аналогом таких коммерческих программных продуктов, как «Origin» и «SigmaPlot».
* https://openedu.ru/course/mipt/SRF – «Открытое образование», Каталог курсов, МООК: «Основы научного исследования»;
* https://openedu.ru/course/eltech/probability\_theory – «Открытое образование», Каталог курсов, МООК: «Теория вероятностей».
* http://fea.ru – официальный сайт инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) СПбПУ, содержащий различные материалы, которые касаются использования современных CAE-технологий в различных отраслях промышленности;
* http://edu.ascon.ru/ – сайт образовательной программы компании «Аскон», предоставляющий доступ к учебным версиям программных продуктов компании, содержащий различные обучающие материалы, информацию о конкурсах, проводимых компанией и т.п.;
* https://www.autodesk.com/education/home – раздел официального сайта компании «Autodesk», представляющий бесплатный доступ ко всем полнофункциональным версиям программных продуктов компании в образовательных целях, содержащий различные обучающие материалы, информацию о конкурсах и мероприятиях, проводимых компанией и т.п.;
* [https://www.ansys.com/academic](https://www.ansys.com/academic/) – раздел официального сайта компании «Ansys», посвященный ее академической программе, в рамках которой предоставляются бесплатные студенческие версии программных продуктов «Ansys» и различные обручающие материалы;
* https://openedu.ru/course/ITMOUniversity/MANMEH – «Открытое образование», Каталог курсов, МООК: «Модели и методы аналитической механики»;
* https://openedu.ru/course/mephi/mephi\_digital\_engineering – «Открытое образование», Каталог курсов, МООК: «Введение в цифровой инжиниринг».
* [https://openedu.ru/course/ITMOUniversity/MECHMACH](https://openedu.ru/course/ITMOUniversity/MECHMACH/) – «Открытое образование», Каталог курсов, МООК: «Теория механизмов и машин»;
* https://openedu.ru/course/spbstu/CEDDM – «Открытое образование», Каталог курсов, МООК: «Компьютерный инжиниринг в цифровом проектировании и производстве».
* [https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/pages/default.aspx?country=ru](https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/pages/default.aspx?country=ru%20)  – сайт производителя инструмента Sandvik Coromant.
* https://www.dormerpramet.com/ru-ru?country=ru – сайт производителей инструмента Dormer и Pramet;
* https://hoffmann-group.ru – сайт производителя инструмента KORLOY;
* <https://www.walter-tools.com/en-gb/pages/default.aspx> – сайт производителя инструмента Walter.
* http://rezh-instrument.ru – справочно-информационный портал по режущему инструменту.
* <https://www.rsl.ru> - российская государственная библиотека (РГБ).
* [http://nlr.ru](http://nlr.ru/) - российская национальная библиотека (РНБ).
* https://elibrary.ru - научная электронная библиотека.
* ​[https://link.springer.com](https://link.springer.com/) - база данных научных книг, журналов, справочных материалов.

**2.2 Выпускная квалификационная работа**

**Структура выпускной квалификационной работы и требования к ее содержанию и оформлению**

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы студент должен получить навыки выполнения работ, связанных с проектированием элементов мехатронных систем. Основными видами работ, выполняемых при подготовке ВКР, являются следующие: разработка кинематической схемы мехатронной системы, например, станка с ЧПУ или робототехнического комплекса; расчет и проектирование приводов главного движения и/или приводов подачи с бесступенчатым регулированием; расчет и проектирование мехатронных модулей, входящих в состав мехатронной системы; расчет и проектирования транспортно-накопительного устройства; разработка программного обеспечения для различных систем управления рабочими органами мехатронной системы; разработка технологического процесса изготовления детали, которая используется в данной мехатронной системе или мехатронном модуле. В ВКР также находят отражение вопросы экономики.

В каждом конкретном случае перечень рассматриваемых разделов может быть или сокращен, или расширен. Это во многом определяется уровнем подготовки студента. Минимальный объем по количественным признакам определен следующим образом: 80 страниц текстовой части ВКР и 8 листов А1 для иллюстрации материалов ВКР.

**Пояснительная записка**

2.2.1.1 *Аннотация*

В аннотации должно быть отражено краткое содержание ВКР, полученные результаты.

2.2.1.2 *Введение*

Во введении следует привести общие тенденции развития машиностроения, роли мехатроники и высокотехнологичных систем в машиностроении и современном производстве, основные задачи ВКР.

2.2.1.3 *Обзор состояния вопроса и формулировка задач ВКР*

В разделе необходимо отразить следующие вопросы: служебное назначение и другая общая информация опроектируемой или модернизируемой мехатронной системе, изложение следует сопроводить рисунками; описание кинематической схемы базового варианта мехатронной системы или различных вариантов прототипов; описание основных узлов базового варианта или прототипов мехатронной системы; определение основных направлений работ, которые следует выполнить в ВКР.

2.2.1.4 *Формирование исходных данных на проектирование*

Если в качестве проектируемой или модернизируемой мехатронной системы рассматривается станок с ЧПУ, то в этом разделе выполняется назначение режимов резания. В общем случае режимы резания назначаются для различных материалов и размеров обработки. Однако, учитывается, что, как правило, станки с ЧПУ не используются для обдирочных работ. Это накладывает ограничения на режимы резания.

При выполнении данного раздела возможно определение режимов резания по нормативным данным, либо с помощью зависимостей теории резания. При использовании современного режущего инструмента производства ведущих фирм следует пользоваться рекомендациями, приведенными в соответствующих каталогах. Данные по режимам следует свести в таблицу.

2.2.*1.5Кинематический расчет коробки скоростей станка с ЧПУ*

На этом этапе осуществляется обоснованный выбор структуры главного привода с бесступенчатым регулированием. Для этого используется специальное программное обеспечение, разработанное на кафедре. Кинематический расчет позволяет только сконфигурировать кинематическую схему привода, но окончательный вариант будет сформирован после силового расчета привода.

2.2.1.6 *Силовой расчет зубчатых колес, ременной передачи, валов и подбор подшипников*

Данный этап проектирования должен выполняться в следующей последовательности:

расчет зубчатых колес; расчет зубчатой ременной передачи (если предполагается ее использование в кинематике); построение кинематической схемы привода; построение свертки и определение углового положения равнодействующих сил, действующих в зацеплениях зубчатых колес; силовой расчет валов; подбор подшипников.

При выполнении расчетов следует использовать AutodeskInventor.

2.2.*1.7 Проект шпиндельного узла станка с ЧПУ*

На этом этапе производится силовой расчет шпиндельного узла. Расчет может проводиться предварительно с использованием AutodeskInventor, а также может выполняться с использованием CAE-системы Ansys. Наиболее эффективной моделью для расчета жесткости шпиндельного узла является модель, основанная на стрежневых элементах. Шпиндель рассчитывается с учетом не только сил резания для самых тяжелых режимов работы привода, но и сил, возникающих в приводном элементе.

2.2.1.8 *Расчет и проектирование мехатронного модуля*

В качестве мехатронного модуля может рассматриваться: револьверная головка; токарно-фрезерный стол; двухосевой стол, расширяющий возможности трехосевого станка; многошпиндельная головка и т.д.

Необходимые расчеты выполняются с использованием автоматизированных систем AutodeskInventorилиКОМПАС, или специализированного программного обеспечения, разработанного на кафедре.

Проект мехатронного модуля выполняется в виде 3D-сборки и сборочных чертежей.

2.2.1.9 *Проект несущей системы станка с ЧПУ (другой мехатронной системы)*

Проект несущей системы выполняется по станку-аналогу. Расчет несущей системы выполняется в CAE-системе Ansys. В ходе инженерного анализа несущей системы станка выполняется расчет статических, динамических и тепловых характеристик. При этом несущая система рассматривается на жестких и упругих опорах с идеальными и неидеальными стыками. Геометрическая модель, участвующая в формировании расчетной модели экспортируется из внешней CAD-системы.

2.2.1.10 *Проект вспомогательных устройств автоматизированного участка.*

Проект робототехнического участка. Компоновка. Эскизный и технический проекты. Разработка 3D-модели, 2D-чертежи. Проект конвеера: расчет кинематический и силовой. Проект робота: кинематический и силовой. Проект ограждений.

2.2.1.11 *Технологическая часть*

В общем случае технологическая часть представляется в ВКР в виде текстовой и графической частей. Но при большом объеме графической части ВКР технологическая часть может ограничиваться только текстовой частью ВКР. По согласованию с руководителем ВКР и председателем методической комиссии по направлению технологическая часть может быть исключена. В технологической части ВКР выполняется проект технологического процесса изготовления детали, которая используется в проектируемой мехатронной системе.

2.2.1.12 *Управляющая программа для станка с ЧПУ*

Раздел должен выполняться с использованием двух способов составления программ: ручного и автоматизированного с использованием CAM-систем. В нем необходимо разработать управляющую программу для одного из технологических переходов, по обработке сложной поверхности. При этом следует привести расчетно-технологическую карту (РТК) и коды программы с расшифровкой их покадрового содержания.

2.2.1.13 *Научно-исследовательская часть (Специальная часть)*

По согласованию с руководителем ВКР может быть дополнительно представлен данный раздел. Он может выполняется или на основе самостоятельных научных исследований, или обзора состояния специального вопроса из задания по ВКР. Эта часть ВКР должна показать умение выпускника работать со специальной, в том числе, с периодической литературой. В ней должен быть произведен анализ актуальной проблемы из теории и практики машиностроения. При изложении раздела недопустимо ограничиться обзором какого-либо вопроса, а также приводить общеизвестные сведения из учебной литературы. Раздел должен, заканчиваться выводами. Вопросы научно-исследовательской части обязательно должны быть органически связаны с тематикой ВКР.

2.2.1.14 *Заключение*

Выполненная ВКР должна заканчиваться заключением, содержащим выводы и основные результаты работы.

**Графическая часть**

Общий объем графической части должен включать не менее 8 листов формата А1. Рекомендуемое содержание графической части:

2.2..2.1 *Общий вид станка с ЧПУ или другой проектируемой мехатронной системы*(1 лист)

Данный документ содержит основные виды станка в виде эскизных видов с указанием габаритных размеров.

2.2.2.2 *Кинематическая схема станка с ЧПУ или другие важнейшие схемы мехатронной системы*(1 лист)

При проектировании станка с ЧПУ представляется кинематическая схема. При проектировании другой мехатронной системы представляется система, которая является определяющей функциональное назначение проектируемой системы.

2.2.2.3 *3D-модель мехатронной системы*(1 лист)

В этом документе мехатронная система представляется в виде 3D-модели конструкции и отдельные узлы в виде 3D-подсборок.

2.2.2.4 *Проект мехатронного модуля*(1-2 листа)

В этом документе представляются 2Dи 3D-модели мехатронного модуля, выполненные в любой из изученныхCAD-системе в основной программе подготовки бакалавра.

2.2.2.5 *Проект шпиндельного узла*(1 лист)

Если шпиндельный узел не вошел в проект мехатронного модуля, то он представляется в виде сборочного чертежа. 3D-модель узла, как правило, изображается на листе 3D-модели мехатронной системы.

2.2.2.6 *Результаты инженерного анализа* (1-2 листа)

В этом документе могут быть представлены результаты статического, динамического и модального расчетов, а также результаты инженерного анализа шпиндельного узла. Независимо от полученного объема результатов – они должны быть представлены компактно, не более чем на двух листах формата А1.

2.2.2.7 *Проект робототехнического участка* (1-2 листа)

Здесь могут быть представлены : компоновка участка, проект схвата робота, проект тактового стола, конвеера, робота. Циклограмма работы комплекса. Выполняется 2D и 3D-представление конструкций. Чертежи выполняется согласно ЕСКД.

2.2.2.8 *Технологическая часть проекта* (1-2 листа)

Технологическая часть проекта может быть представлена чертежом детали и заготовки, схемами технологических наладок.

Чертеж детали оформляется обязательно и содержит 2D и 3D представление детали; в случае существенных доработок конструкции, связанных с уточнением норм точности или с улучшением технологичности детали, лист входит в общее число листов. В прочих случаях лист является информационным и не включается в общее количество листов.

Схемы наладок должны давать полное представление о разработанном технологическом процессе. Для каждого из технологических переходов необходимо представить заготовку, режущий инструмент, траекторию его относительного перемещения, также для первого перехода следует указать элементы установочного приспособления. Степень детализации приспособления должна давать представление о возможности реализации выбранной схемы базирования и надежном закреплении заготовки. Вспомогательный инструмент (оправки, патроны переходные втулки и т.п.) не следует дублировать, представлять для инструментов различного типа.

2.2.2.9 *Научно-исследовательская часть* (1 лист)

Оформляется в виде плакатов, схем, диаграмм. По согласованию с руководителем ВКР может быть оформлен лист по результатам научных исследований.

2.2.2.10 *Экономическая часть* (1 лист).

**Порядок выполнения выпускной квалификационной работы**

Каждый студент, начиная с второго курса, получает бланк – задание, включающее задание к курсовым проектам, работам и расчетно-графическим заданиям по семи дисциплинам: Программное обеспечение автоматизированного проектирования; Проектирование станков; Конструирование мехатронных модулей; Компьютерное моделирование процессов в машиностроении; Вспомогательное оборудование машиностроительных производств; Технология машиностроения; Программирование обработки на станках с числовым программным управлением.

Примерные темы ВКР устанавливаются на втором курсе обучения. На государственном экзамене проводится экспертиза выбранных тем.

ВКР выполняется на основы глубокого изучения литературы по специальности (учебников, учебных пособий, монографий, периодической литературы, журналов, нормативной литературы и т.п.). Рекомендацию по списку такой литературы можно получить во время консультации у руководителя. Кроме того, необходимую информацию можно получить у специально назначенных консультантов по отдельным разделам ВКР – экономической, технологической части, конструкторской, программирование обработки на станках с ЧПУ. Консультанты проверяют соответствующую часть выполняемой выпускной работы и ставят на ней свою подпись.

Общие требования и правила оформления ВКР изложены в стандарте организации (СТО 02069024.101-2015 «Работы студенческие. Общие требования и правила оформления»).

За принятые в ВКР решения и за правильность всех данных отвечает выпускник – автор выпускной квалификационной работы.

К защите ВКР допускаются выпускники, выполнившие все требования учебного плана и программ.

Законченная ВКР, подписанная на титульном листе выпускником, руководителем и консультантами вместе с отзывом руководителя представляется на подпись заведующему кафедрой.

Не позднее, чем за два дня до защиты студент представляет секретарю Государственной экзаменационной комиссии все необходимые документы:

- распоряжение директора Аэрокосмического института о допуске к защите обучающихся, успешно прошедших все этапы, установленные образовательной программой;

- один экземпляр ВКР в сброшюрованном виде;

- отзыв руководителя о ВКР по форме согласно действующему в университете стандарту СТО 02069024.101-2015;

- лист нормоконтроля ВКР по форме согласно действующему в университете стандарту СТО 02069024.101-2015.

**Порядок защиты выпускной квалификационной работы**

Защита ВКР происходит публично. Она носит характер дискуссии и происходит в обстановке высокой требовательности и принципиальности; обстоятельному анализу должны подвергаться достоверность и обоснованность всех выводов и рекомендаций, содержащихся в работе.

Защита ВКР проводится на открытом заседании ГЭК с участием не менее двух третей состава комиссии.

Для сообщения содержания ВКР выпускнику предоставляется не более 15 мин.

После окончания доклада члены ГЭК задают вопросы, которые секретарь записывает вместе с ответами в протокол.

Продолжительность защиты одной ВКР, как правило, не должна превышать 30 мин.

**Критерии оценивания выпускной квалификационной работы**

Результаты защиты ВКР определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение государственного аттестационного испытания.

При определении оценки ВКР принимаются во внимание уровень теоретической, научной и практической подготовки выпускников, их профессиональной подготовленности в соответствии с требованиями ФГОС ВО, установленные как на основе анализа качества выполненной ВКР, так и во время ее защиты. Так оцениваются актуальность и важность темы ВКР для науки и производства, наличие публикаций для изобретений по защищаемой теме, проведение экспериментальных, лабораторных или промышленных испытаний, личное участие выпускника в разработке и принятии проектных технических решений.

Оценка ВКР студентов производится по следующим критериям:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если показал большой объем выполненных работ; типовыми примерами таких работ являются - натурные испытания на оборудовании или вычислительный эксперимент; интересные решения в специальной части ВКР, а также доказал своими ответами на вопросы комиссии, что он глубоко и прочно усвоил ОП; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал, умеет тесно увязывать теорию с практикой; не затрудняется с ответами на проблемно-ориентированные вопросы; правильно обосновывает принятые решения, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения инженерных задач;

- оценка «хорошо» выставляется студенту, если показал необходимый объем выполненных работ, а также доказал своими ответами на вопросы комиссии, что он глубоко и прочно усвоил ОП; последовательно, четко и логически стройно излагает материал, умеет тесно увязывать теорию с практикой; не затрудняется с ответами на проблемно-ориентированные вопросы; правильно обосновывает принятые решения;

- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если показал необходимый объем выполненных работ, но ответами на вопросы комиссии не может полно раскрыть сущность выполненной работы; непоследовательно излагает материал, не умеет тесно увязывать теорию с практикой; затрудняется с ответами на проблемно-ориентированные вопросы; допускает ошибки в обосновании принятых решений;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если представил ВКР, но не ответил на вопросы комиссии по теме выполненной ВКР.

Выпускнику, защитившему ВКР, решением ГЭК присваивается квалификация бакалавр по направлению 15.03.06*Мехатроника и робототехника* и вручается диплом.

Выпускнику университета, сдавшему курсовые экзамены с оценкой «отлично» не менее чем по 75% всех дисциплин учебного плана, а по остальным дисциплинам – с оценкой «хорошо» и защитившему ВКР с оценкой «отлично», а также проявившему себя в научной и общественной работе, выдается диплом с отличием.

Тексты ВКР, за исключением текстов ВКР, содержащих сведения, составляющие государственную тайну, размещаются в электронно-библиотечной системе университета и проверяются на объем заимствования – он не должен превышать 60 %. Достаточно большой объем заимствования объясняется тем, что главное отличие заключается в конкретных технических решениях, реализованных графически, а система «Антиплагиат» их не анализирует.