

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»  
Новотроицкий филиал

КАФЕДРА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Р.Е. Мажирина

**Методические указания  
по выполнению выпускной квалификационной работы  
по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**

Профиль: Электропривод и автоматика

Новотроицк 2020

УДК 62-581.6  
ББК 3291.07  
М12

**Рецензенты:**

*К. В. Лицин*, кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики и электротехники Новотроицкого филиала ФГАОУ ВО НИТУ «МИСиС»

*А. Н. Бушув*, кандидат технических наук, инженер по эксплуатации теплотехнического оборудования ООО «Агро-Альянс ОМФ»

Мажирина Р.Е. Методические указания по выполнению выпускной квалификационной работы по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. – Новотроицк: НФ НИТУ «МИСиС», 2020. – 20 с.

В методических указаниях рассмотрено содержание выпускной квалификационной работы, даны рекомендации по выполнению разделов работы.

Пособие предназначено обучающимся по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Методические указания составлены в соответствии с требованиями образовательного стандарта НИТУ "МИСиС" по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

*Рекомендовано Методическим советом НФ НИТУ "МИСиС"*

© Новотроицкий филиал  
ФГАОУ ВО "Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС", 2020

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ТЕМ ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ	4
2 СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ВКР .....	6
3 АНАЛИЗ ЗАДАНИЯ .....	8
4 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНОЙ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА .....	9
5 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ВКР .....	11
6 ВЫПОЛНЕНИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ К ЗАЩИТЕ ВКР .....	12
7 ЗАЩИТА ВКР .....	13
8 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	14

## ВВЕДЕНИЕ

Методические указания по выполнению выпускной квалификационной работы предназначена для направления подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, по профилю – Электропривод и автоматика.

Выполнение выпускной квалификационной работы относится к заключительным этапам обучения в вузе. Этому этапу предшествуют преддипломная практика, в период которой обучающийся завершает выполнение выпускной квалификационной работы.

Основу выпускной квалификационной работы составляют курсовые работы, курсовые проекты и научно-исследовательская работа, выполняемые на третьем и четвертом курсах: "Проектирование электротехнических устройств" («САПР устройств электроники»), "Системы управления электроприводами" и "Автоматизированный электропривод типовых технологических процессов" («Автоматизация типовых технологических процессов»). ВКР является логическим продолжением вышеуказанных работ. Идеи и выводы ВКР реализуются на более высоком уровне.

Целью ВКР является систематизация и углубление полученных компетенций в процессе обучения, а также определение возможности самостоятельного применения в период профессиональной деятельности.

При выполнении ВКР обучающийся должен использовать передовой опыт производства, достижения отечественной и иностранной науки и техники на современном этапе развития.

### **1 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ТЕМ ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ**

Выпускные квалификационные работы обучающихся по профилю «Электропривод и автоматика» могут иметь два варианта содержания основной части.

Первый вариант связан с проектированием (разработкой, модернизацией) автоматизированного электропривода, а второй вариант связан с проектированием (разработкой, модернизацией) систем автоматизации (автоматики).

Объектами проектирования являются электромеханические системы, имеющие в настоящем и обозримом будущем широкое применение в условиях промышленного производства.

**Перечень примерных тем выпускных квалификационных работ по проектированию (разработке, модернизации) автоматизированного электропривода:**

- 1) Разработка системы автоматизированного электропривода передвижения роторного экскаватора
- 2) Модернизация системы автоматизированного электропривода подъема экскаватора ЭКГ
- 3) Разработка системы управления автоматизированного электропривода разливочного крана
- 4) Реконструкция системы автоматизированного электропривода главного подъема доменной печи
- 5) Модернизация системы автоматизированного электропривода клетового (скипового) подъема
- 6) Реконструкция системы автоматизированного электропривода (черновой, чис-

товой) клетки прокатного стана

- 7) Модернизация системы управления электроприводом летучих ножниц профилибочного стана
- 8) Разработка системы автоматизированного электропривода системы управления тянущей клетки МНЛЗ
- 9) Разработка системы управления главным приводом стана холодной прокатки
- 10) Разработка автоматизированной системы управления электроприводом нагрева слябов в методической печи
- 11) Разработка системы управления электроприводом агломашины
- 12) Реконструкция системы векторного управления электроприводом роликовой термической печи
- 13) Разработка системы автоматики горизонтального конвертора
- 14) Модернизация системы автоматизированного электропривода плазменной печи
- 15) Модернизация автоматизированного электропривода машины непрерывного литья слитков
- 16) Разработка системы автоматики машины непрерывного литья заготовок
- 17) Разработка системы управления автоматизированного электропривода кантователя
- 18) Разработка системы управления электроприводом передвижения переключателя заготовок МНЛЗ
- 19) Реконструкция системы электропривода роликовой термической печи
- 20) Разработка системы автоматизированного электропривода качания кристаллизатора МНЛЗ
- 21) Разработка системы автоматизированного электропривода подачи электродов электропечи ДСП-100
- 22) Разработка системы автоматизации неразветвленной конвейерной линии
- 23) Разработка системы автоматизированного электропривода плоскошлифовального станка модели \_\_\_\_\_
- 24) Модернизация следящего электропривода станка с ЧПУ модели \_\_\_\_\_
- 25) Разработка системы автоматизированного электропривода продольно-строгального станка модели \_\_\_\_\_
- 26) Модернизация системы автоматизированного электропривода переменного тока расточного станка модели \_\_\_\_\_
- 27) Разработка системы автоматизированного электропривода главного движения зуборезного станка \_\_\_\_\_

**Перечень примерных тем выпускных квалификационных работ по проектированию (разработке, модернизации) систем автоматизации (автоматики):**

- 1) Разработка системы автоматики роторного экскаватора
- 2) Модернизация системы автоматизации экскаватора ЭКГ
- 3) Разработка системы автоматики разливочного крана
- 4) Реконструкция системы автоматики скипового подъема доменной печи и так

далее

Постоянным источником обновления тематики выпускных квалификационных работ являются выполнение научно-исследовательских работ на кафедре, совместно с промышленными предприятиями.

Обучающемуся предоставляется право выбора тематики ВКР в соответствии с направленностью промышленного предприятия, принимающего обучающегося на преддипломную практику и последующую производственную деятельность.

## 2 СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ВКР

Результаты выпускной квалификационной работы представляются в форме пояснительной записки и иллюстративных материалов.

Пояснительная записка ВКР должна включать:

- титульный лист;
- задание (заверенное подписями обучающегося, руководителя и заведующего кафедрой);
- содержание;
- перечень принятых условных сокращений;
- введение (актуальность работы, цели и задачи работы, объект исследований);
- раздел, содержащий характеристику объекта исследования;
- разделы, содержащие анализ и соответствующие результаты исследований, расчетов, вычислительных экспериментов и т.п., необходимые для решения поставленных в работе задач;
- заключение (результаты решения задач и выводы по работе);
- список использованных источников;
- приложения.

**Титульный лист** пояснительной записки должен содержать следующую информацию:

- название министерства, к которому принадлежит вуз;
- название (согласно лицензии) вуза, в котором выполнена выпускная работа;
- название факультета, выпускающей кафедры и направления подготовки;
- название ВКР;
- фамилии, имена, отчества и подписи обучающегося, выполнившего ВКР, руководителя, заведующего кафедрой;
- название города, в котором находится вуз, и год разработки ВКР.

**Задания на ВКР** составляются руководителем и согласовываются со обучающимся, после чего оформляется обязательный бланк, в котором присутствуют подписи преподавателя (руководителя) и обучающегося (пример в Приложении А). В состав задания включаются основные данные об объекте проектирования, а также приводится перечень вопросов, подлежащих разработке.

Задание на ВКР может быть составлено по тематике научных исследований обучающегося, проводимых на выпускающей кафедре, при наличии соответствующего объема исследований и достигнутых результатов. Задание размещается после титульного листа и переплетается.

**Введение** отражает: актуальность темы; объект, предмет исследования; цель и задачи исследования; методы исследования; методологические основания исследования; структуру ВКР; и т. д. Введение по объему может представлять до 10% ВКР.

Введение в ВКР должно содержать оценку современного состояния решаемой научной проблемы в области профессиональной подготовки, основание и исходные данные для выполнения ВКР. Во введении должны быть обоснованы и сформулированы актуальность и новизна темы ВКР. Во введении не должно содержаться рисунков, формул и таблиц.

**Основная часть**, как правило, состоит из двух или трех разделов (глав), с выделением в каждом от четырех до семи подразделов (параграфов). Содержание глав основной части должно точно соответствовать теме работы и полностью её раскрывать.

Основная часть содержит:

- теоретическое обоснование выбранной проблемы исследования;
- анализ известных теоретических и (или) экспериментальных исследований, являющийся базой для проведения собственного исследования;
- описание собственного исследования и полученных результатов;
- оценку достоверности полученных результатов, их сравнение с аналогичными результатами других исследований.

Выпускные квалификационные работы обучающихся по профилю «Электропривод и автоматика» могут иметь два варианта содержания основной части.

Первый вариант связан с проектированием (разработкой, модернизацией) автоматизированного электропривода, а второй вариант связан с проектированием (разработкой, модернизацией) систем автоматизации (автоматики).

**Первый вариант основной части ВКР** по темам «Проектирование (разработка, модернизация) автоматизированного электропривода» может иметь следующее содержание:

#### 1 Общая часть

- 1.1 Краткая характеристика и технические характеристики объекта проектирования
- 1.2 Требования к электроприводу проектируемого объекта
- 1.3 Обоснование выбора системы электропривода
- 1.4 Расчёт и построение нагрузочной диаграммы и тахограммы электропривода
- 1.5 Выбор электродвигателя и его проверка по условию нагрева и перегрузки
- 1.6 Выбор элементов силовой части комплектного электропривода

#### 2 Специальная часть

- 2.1 Функциональная схема САР скорости электропривода
- 2.2 Структурная схема системы управления
- 2.3 Синтез регуляторов тока статора
- 2.4 Синтез контура регулирования потокосцепления
- 2.5 Синтез контура регулирования скорости
- 2.6 Анализ динамических процессов

**Второй вариант основной части ВКР** по темам «Проектирование (разработка, модернизация) систем автоматизации (автоматики)» может иметь следующее содержание:

#### 1 Общая часть

- 1.1 Краткая характеристика и технические характеристики объекта проектирования
- 1.2 Требования к системе автоматизации объекта
- 1.3 Обоснование выбора архитектуры системы автоматизации
- 1.4 Расчёт и построение нагрузочной диаграммы и тахограммы электропривода
- 1.5 Выбор электродвигателя и элементов силовой части

#### 2 Специальная часть

- 2.1 Функциональная схема системы автоматизации
- 2.2 Выбор элементной базы системы автоматизации
- 2.3 Разработка алгоритма работы системы автоматизации
- 2.4 Разработка программного обеспечения
- 2.5 Анализ работы системы автоматизации

**Заключение** по объёму может представлять до 5% ВКР. В нём подводятся итоги собственного исследования, обобщаются и формулируются выводы. Заключение должно содер-

жать краткие выводы по результатам ВКР, соответствующие целям и задачам исследования, оценку полноты выполнения задания и рекомендации по практическому и научному применению результатов работы. В заключении не должно содержаться рисунков, формул и таблиц.

**Список использованных источников** должен содержать сведения об источниках, использованных при подготовке ВКР. Сведения об источниках приводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2008 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

**Приложения** включаются в структуру ВКР при необходимости. Они содержат материалы, связанные с выполнением ВКР, которые по каким-либо причинам не могут быть включены в основную часть ВКР.

В качестве приложений возможно включать следующие материалы:

- акт внедрения результатов исследования в производство или в учебный процесс;
- научная статья, опубликованная или представленная к публикации;
- пакеты прикладных программ, информация о докладах на конференциях по теме ВКР и др.
- список опубликованных научных работ по теме исследования (при их наличии);
- протоколы проведенных исследований и т.д..

Иллюстративный материал может быть представлен в виде таблиц, графиков, блок-схем алгоритмов и программ, результаты теоретических и экспериментальных исследований и др..

Выпускная квалификационная работа, представляемая к защите, состоит из пояснительной записки объемом до 60 листов машинописного текста (без приложений).

Оформление выпускной квалификационной работы должно соответствовать стандарту организации.

При участии обучающегося в научной работе выпускающей кафедры структура выпускной квалификационной работы может быть связана с научной деятельностью и не содержать всех указанных разделов.

Иллюстративный материал может быть представлен в виде таблиц, графиков, блок-схем алгоритмов и программ, результаты теоретических и экспериментальных исследований и др..

Выпускная квалификационная работа, представляемая к защите, состоит из пояснительной записки объемом до 60 листов машинописного текста (без приложений).

Оформление выпускной квалификационной работы должно соответствовать стандарту организации.

### **3 АНАЛИЗ ЗАДАНИЯ**

Анализ задания на проектирование является начальным этапом выполнения ВКР. Он включает в себя следующие действия:

- изучение технической документации на оборудование, для которого разрабатывается система электропривода;
- анализ исходных материалов для разработки документов эскизного и технического проектов;
- сбор информации о существующих технических решениях по системе электро-

привода, аналогичной подлежащей разработке.

Эскизный проект включает предварительные решения по выбору системы электропривода в целом, а технический проект предусматривает разработку решений по функциональной структуре электропривода, разработку алгоритмов управления автоматизированным электроприводом и разработку решений по информационному и программному обеспечению.

На основе анализа задания на проектирование выбирается прототип проектируемой системы электропривода.

В ВКР встречаются два направления – проектирование (или разработка) системы электропривода, либо модернизация (или реконструкция) электропривода. Вновь спроектированная (или разработанная) система электропривода может отличаться от прототипа по мощности, скорости и др. Модернизированный (или реконструированный) электропривод отличается от прототипа по надежности, долговечности, экономичности и другим показателям качества. Разделение на направления проектирования и модернизации является условным. Выбор направления выполнения ВКР зависит чаще всего от творческой инициативы обучающегося.

#### **4 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНОЙ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

Проектированию силовой части электропривода предшествует разработка вариантов структурных схем электропривода и определение оптимальной схемы.

Основой для выбора той или иной системы автоматизированного электропривода являются требования, предъявляемые к автоматизированному электроприводу. Их можно классифицировать следующим образом:

- Основные требования: соответствие мощности требуемой нагрузки; наличие регулирования скорости, момента, положения и др. координат; диапазон регулирования; плавность; точность регулирования.
- Точность регулирования определяется возможными отклонениями координат от заданных значений под действием возмущающих факторов. Оценкой точности регулирования служит отношение наибольшего отклонения к среднему значению:

$$\Delta\omega_{\max}^* = \frac{\Delta\omega_{\max}}{\omega_{\text{cp}}} = \frac{(\omega_{\max} - \omega_{\min})}{(\omega_{\max} + \omega_{\min})}$$

Где  $\omega_{\max}$ ,  $\omega_{\min}$  – максимальное и минимальное значение скорости при заданном моменте и заданных пределах его изменениях.

- Требования к динамике ЭП. Показателями являются быстродействие характеризующиеся временем переходного процесса, временем регулирования; переуправление; колебательность и т.д. Значение перерегулирования определяется настройкой контура регулирования и не превышает 43 % при симметричной оптимуме. Показателем колебательности ЭП служат значения логарифмического декремента, коэффициент затухания. Как правило, в приводе принято 2-3 колебания.

- Требования к перегрузкам: возможность перегрузок (длительных, кратковременных) по току, моменту; их длительность. Перегрузочная способность определяется в зависимо-

сти от типа двигателя. Длительность кратковременных перегрузок не превышает чаще всего 1-2 минут, а длительных перегрузок не превышает – 10 минут.

- Технологические требования определяются спецификой ЭП, областью применения и условиями эксплуатации. Так, при установке электропривода в сталеплавильном цеху предъявляются требования по защите электропривода от повышенного нагрева, а при установке на мостовом кране предъявляются требования по уровню вибрации и так далее.

- Требования по надежности характеризуются свойствами безотказности (вероятность безотказной работы, средняя наработка на отказ), долговечностью (ресурс между ремонтами, срок службы), ремонтпригодностью (средняя продолжительность ремонта, трудоемкостью технического обслуживания) и сохраняемостью (процентный срок сохраняемости).

- Общие конструктивные требования: оперативность, удобство и безопасность обслуживания, устойчивость к климатическим воздействиям и пр. Требования устойчивости к климатическим воздействиям определяются верхним и нижним значениями рабочей температуры.

- Оперативность обслуживания сводится к сокращению времени на подготовку ЭП к запуску, наладке. Чем меньше людей занято на запуске ЭП, тем выше качество его разработки.

- Под удобством обслуживания понимается такие конструктивные решения, которые дают легкий доступ к блокам и регулируемым элементам, контрольным гнездам.

- Эксплуатационные требования включают в себя: защиту от внешних помех, рациональные массогабаритные показатели; уменьшение потерь в цепях и т.д.

- Эргономические требования включают в себя требования, учитывающие гигиенические, антропологические, физиологические и психологические особенности человека, работающего в системе человек-машина.

- Эстетические требования включают в себя: соответствие изделия стилю, функционально-конструкторской приспособленности, цветовому решению, тщательности покрытий и отделки поверхности, чистоты выполнения сопрягающихся поверхностей, четкости выполнения фирменных знаков, упаковки и т.д.

- Экологические требования характеризуют уровень вредных воздействий на окружающую среду, возникающих при эксплуатации. Так при ремонте электротехнических изделий возможно использование пайки оловянными припоями, различных масел, лаков, эмалей; возможно выделение вредных частиц при нагреве, что наносит вред окружающей среде.

- Требования технологичности определяют требования к распределению затрат на материалы, покупные изделия, на подготовку производства и производство.

- Требования к транспортабельности определяют приспособленность изделий к перемещению и могут определяться средней продолжительностью подготовки изделия к транспортировке, трудоемкость подготовки изделия к транспортировке, коэффициент использования транспортного средства, продолжительность разгрузки.

- Требования стандартизации и унификации характеризуют насыщенность изделия стандартными, унифицированными и оригинальными частями.

В выпускных квалификационных работах обучающиеся, как правило, выбирают систему Управляемый Преобразователь – Двигатель Переменного Тока (асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором или синхронный двигатель). Двигатель постоянного тока применяют как правило в установках большой мощности таких как шахтные подъемные машины, прокатные станы и др.

Наиболее часто для питания асинхронных (или синхронных) двигателей выбирают

преобразователь частоты и чаще всего со звеном постоянного тока. Преобразователи частоты выполняются на тиристорах, GTO – тиристорах и IGBT - транзисторах с изолированным затвором. Использование того или иного силового полупроводникового прибора определяется схемой, мощностью электропривода, массо-габаритными показателями. Наиболее предпочтительными являются схемы с IGBT - транзисторами, у которых частота переключений достигает 20 кГц, а максимальный ток равен чуть больше 1000 А.

Система управления преобразователем частоты содержит встроенный программируемый контроллер, который выполняет следующие функции: управление технологическим процессом; формирование оптимальных переходных процессов пуска и остановки электроприводов; защиту электродвигателей от аварийных режимов; оптимизацию энергопотребления и т.п.

Преобразователи частоты обеспечивают, как правило, следующие виды защит: от тока перегрузки, перенапряжения, от понижения напряжения, от замыкания на землю и так далее.

Наиболее часто используются схемы автоматического регулирования с ПИ- регуляторами как для контуров тока, так и для контуров регулирования скорости и положения. Передаточная функция ПИ- регулятора в общем виде запишется, как:

Склонность системы к колебаниям оценивают по значению перерегулирования/ При модульном оптимуме оно составит 4,7 %, а при симметричном оптимуме без фильтра на входе 43 %, а при наличии входного фильтра на входе 8 %.

## **5 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ВКР**

Графическая часть иллюстрирует принятые решения в виде чертежей, схем, графиков по теме проектирования.

Объем графической части выпускной квалификационной работы определяется заданием. Сама графическая часть включает чертежи и схемы разрабатываемой системы электропривода. Размещается графическая часть в приложении к пояснительной записки. Вся графическая часть должна быть выполнена обучающимся с использованием графических программ. Использование сканированных изображений запрещено категорически.

**Чертеж общего вида** представляет собой изображение, определяющее конструкцию изделия. На этом чертеже располагаются: надписи, текстовая часть, необходимая для понимания конструктивного устройства; габаритные, присоединительные размеры.

**Кинематические схемы** изображают совокупность кинематических элементов, их связи и соединения. На кинематических схемах присутствуют двигатель, муфты, валы, передачи, исполнительный механизм и др.

**Гидравлические и пневматические схемы** присутствуют, как правило, в работах по автоматизации. На них указывают все гидравлические (или пневматические) элементы и устройства их соединений.

**Электрические схемы** изображают состав аппаратов и устройств в виде графических условных изображений. Обозначения элементов и линии соединений, как правило, располагаются для лучшего представления о взаимодействии составных частей. Схемы выполняются без соблюдения масштаба. Выделяют структурные, функциональные, принципиальные и др. типы схем.

## 6 ВЫПОЛНЕНИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ К ЗАЩИТЕ ВКР

При защите выпускной квалификационной работы используется презентация, в которой необходимо в краткой форме изложить основное содержание работы. Объем презентации не должен превышать 15-20 слайдов. Презентация представляет собой визуализацию доклада. Содержание презентации представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание презентации к защите курсового проекта

Содержание	Число слайдов
Название учебного заведения Название дисциплины Тема курсового проекта ФИО Группа обучающегося Год защиты	1
Цель и задачи исследования	1
Общая часть – техническая характеристика рабочей машины; – требования к электроприводу – выбор системы электропривода; – расчёт и построение нагрузочной диаграммы и тахограммы работы электропривода; – выбор электродвигателя и его проверка по условию нагрева и перегрузки; – выбор элементов силовой части комплектного электропривода	5-7
Специальная часть – функциональная схема САР скорости электропривода; структурная схема системы управления; – синтез регуляторов тока статора; – синтез контура регулирования потокосцепления; – синтез контура регулирования скорости; – анализ динамических процессов	5-7
Экономическая часть	1-2
Заключение	1
«Спасибо за внимание!»	1

Создание презентаций выполняется в программе PowerPoint из пакета MicrosoftOffice. Презентация должна иметь белый фон. При создании презентации необходимо избегать темных, кислотных цветов. Стиль презентации должен быть единым, технически грамотным и лаконичным. Вверху каждого слайда должен быть заголовок. Размер шрифта заголовка 28-32, а для текста 18-24. Количество текста на слайде не более 40 слов. Слайды презентации обязательно должны иметь номер. Информация о содержании курсового проекта лучше представлять в схемах и таблицах. На слайдах не рекомендуется нумеровать рисунки и таблицы. Таблицы не должны иметь нумерации колонок. Под рисунками не нужно дублировать название. Все рисунки должны быть выполнены самим обучающимся, но никак не сканиро-

ванными.

## 7 ЗАЩИТА ВКР

Защита ВКР проводится публично на открытом заседании Государственной экзаменационной комиссии. Процедура защиты включает следующие этапы:

- доклад обучающегося об основном содержании работы и полученных результатах;
- оглашение отзыва руководителя ВКР;
- ответы обучающегося на вопросы членов комиссии;
- заключительное слово обучающегося.

Структура защиты приведена в таблице

Наименование этапа защиты ВКР	Время, мин
Представление ВКР секретарем ГЭК: ФИО обучающегося, тема ВКР, руководитель ВКР, выпускающая кафедра, место и статус прохождения преддипломной практики	1-5
Доклад	10
Вопросы членов ГЭК и ответы обучающегося	7-15
Выступления (при наличии желающих)	0-5
Оглашение секретарем ГЭК среднего балла за период обучения, отзыва руководителя и рекомендуемой оценки	2-10
<b>Итого</b>	<b>20-40</b>

Доклад должен отражать основные цели и актуальность темы ВКР, краткое содержание разделов и достигнутые результаты, выводы по ВКР в целом и относительно поставленных целей.

Каждый член ГЭК имеет право задать обучающемуся не более 3 (трех) вопросов, имеющих отношение к выполненной ВКР, позволяющих пояснить или раскрыть ее содержание, уточнить доклад или порядок выполнения ВКР. После получения ответа на каждый вопрос секретарь ГЭК фиксирует сам вопрос и удовлетворенность ответом на поставленный вопрос членов ГЭК (удовлетворены / не удовлетворены).

Форма и условия проведения ИГА ежегодно доводится до сведения обучающихся не позднее, чем за полгода до ее проведения. Обучающиеся обеспечиваются программой ИГА.

К защите выпускной квалификационной работы допускаются обучающиеся, представившие в ГЭК завершенные и оформленные ВКР в установленные сроки, но не позднее 1 недели до начала работы ГЭК. Обучающийся может быть не допущен к защите ВКР в ГЭК в следующих случаях:

- не представление ВКР в установленные сроки по неуважительной причине;
- несоответствие содержания ВКР теме, утвержденной приказом ректора;
- несоответствие пояснительной записки требованиям, предъявляемым к оформлению ВКР;
- ВКР представляет собой плагиат ранее защищенной работы.

Перед защитой председатель и члены ГЭК должны ознакомиться с порядком проведения ИГА в форме защиты ВКР, критериями и показателями оценки ВКР, указанными в настоящей Программе.

Заседание ЭК (ГЭК) может состояться при участии не менее 2/3 её членов.

## 8 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 8.1 Основная литература

- 1) Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов : учебное пособие / В. Н. Аносов, В. А. Гуревич, В. М. Кавешников, Д.А. Котин. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. - 90 с. . – ISBN 978-5-7782-3758-2. -URL:<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574625>.
- 2) Алиев М.Т. Микропроцессорные системы управления электроприводами : учебное пособие / М. Т. Алиев, Т. С.Буканова. - Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2017. - 124 с. - ISBN 978-5-8158-1783-8. - URL:<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459451>.
- 1) Аносов В. Н. Векторное управление асинхронными электроприводами на основе прогнозирующих моделей: учебное пособие / В. Н. Аносов, А. А. Диаб, Д. А. Котин. - Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. - 175 с. - ISBN 978-5-7782-3285-3. - URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576111>.
- 2) Водовозов А.М. Микроконтроллеры для систем автоматики : учебное пособие / А.М. Водовозов. - Изд. 3-е, доп. и перераб. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2016. - 164 с. - ISBN 978-5-9729-0138-8 - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444183>.
- 3) Данилов П.Е. Теория электропривода : учебное пособие / П.Е. Данилов, В. А. Барышников, В. В.Рожков. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2018. - 416 с. - ISBN 978-5-4475-9457-2. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480141>.
- 4) Интерактивные системы Scilab, Matlab, Mathcad : учебное пособие / И. Е. Плещинская, А. Н. Титов, Е. Р. Бадертдинова, С. И. Дуев. - Казань : Издательство КНИТУ, 2014. - 195 с. - ISBN 978-5-7882-1715-4 URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428781>.
- 5) Ключев В.И. Теория электропривода: учебник. - Москва: Энергоатомиздат, 1998. - 704 с. - ISBN 5-283-00642-5.
- 6) Ключев В.И., Терехов В.М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов : учебник. - Москва.: Высшая школа, 1980. - 360 с.
- 7) Микропроцессорные системы управления электроприводами и технологическими комплексами : учебное пособие / Г. М. Симаков, А. М. Бородин, Д. А. Котин, Ю. В. Панкрац. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2016. - 116 с. - ISBN 978-5-7782-2989-1. - URL:<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575242>.
- 8) Онищенко Г. Б. Электрический привод : учебник / Г. Б. Онищенко. - Москва : РАСХН, 2003. - 320 с. - ISBN 5-85941-045-X.
- 9) Онищенко Г. Б. Теория электропривода: учебник/ Г.Б. Онищенко.-Москва: ИНФРА-М, 2017. - 304 с. - ISBN978-5-16-009674-2, 978-5-16-100998-7.
- 10) Терехов В. М. Системы управления электроприводов: учебник/ В. М. Терехов, О. И. Осипов.- 3-е изд., стер. - М. : Академия, 2008. - 301 с. - ISBN 978-5-7695-5257-1.
- 11) Симаков Г.М. Системы расчета автоматизированного электропривода : учебное пособие / Г. М. Симаков, Ю. В. Панкрац, Д. А. Котин. - Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. - 147 с.- ISBN 978-5-7782-3866-4 - URL:<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575042>.
- 12) Соколовский Г. Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием : учебник / Г. Г. Соколовский.- 2-е изд., испр. - Москва : Академия, 2007. - 272 с. - ISBN 978-5-7695-4505-4.

## 8.2 Дополнительная литература

- 1) Белов М.П., Новиков В.А., Рассудов Л.Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. - Москва: Издательский центр «Академия», 2004. - 576 с. - ISBN 5-7695-1314-4.
- 2) Буканова Т. С. Моделирование систем управления : учебное пособие / Т. С. Буканова, М.Т.Алиев. - Йошкар-Ола : ПГТУ, 2017. - 144 с. - ISBN 978-5-8158-1899-6. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483694>.
- 3) Жуловян В. В. Основы электромеханического преобразования энергии : учебник / В.В.Жуловян. - Новосибирск : НГТУ, 2014. - 427 с. - ISBN 978-5-7782-2590-9. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=435979>.
- 4) Карпов А. Г. Цифровые системы автоматического регулирования : учебное пособие / А. Г. Карпов. - Томск : ТУСУР, 2015. - 216 с. - ISBN 978-5-86889-716-0. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480640>.
- 5) Лубенцова Е. В. Системы управления с динамическим выбором структуры, нечеткой логикой и нейросетевыми моделями : монография / Е. В. Лубенцова. - Ставрополь : СКФУ, 2014. - 248 с. - ISBN 978-5-88648-902-6. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457413>.
- 6) Лыкин А. В. Математическое моделирование электрических систем и их элементов : учебное пособие / А. В. Лыкин. - 3-е изд. - Новосибирск : НГТУ, 2013. - 227 с. - ISBN 978-5-7782-2262-5 - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228767>.
- 7) Никитенко Г. В. Электропривод производственных механизмов : учебное пособие / Г. В. Никитенко - Ставрополь : Агрус, 2012. - 240 с. - ISBN 978-5-9596-0778-4. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277520>.
- 8) Оптимальное управление в технических системах. Практикум : учебное пособие / Е. А. Балашова, Ю. П. Барметов, В. К. Битюков, Е. А. Хромых. - Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2017. - 289 с. - ISBN 978-5-00032-307-6 - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=482037>.
- 9) Панкратов В. В. Адаптивные алгоритмы бездатчикового векторного управления асинхронными электроприводами подъемно-транспортных механизмов : учебное пособие / В. В. Панкратов, Д. А. Котин. - Новосибирск : НГТУ, 2012. - 143 с. - ISBN 978-5-7782-2108-6. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228772>.
- 10) Рекус Г. Г. Электрооборудование производств: Справочное пособие : учебное пособие / Г. Г. Рекус. - Москва : Директ-Медиа, 2014. - 710 с. - ISBN 978-5-4458-7518-5. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229238>.
- 11) Симаков Г. М. Цифровые устройства и микропроцессоры в автоматизированном электроприводе : учебное пособие / Г. М. Симаков, Ю. В. Панкрац. - Новосибирск : НГТУ, 2013. - 211 с. - ISBN 978-5-7782-2210-6. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228924>.
- 12) Сосонкин В. Л. Системы числового программного управления : учебное пособие / В. Л. Сосонкин, Г. М. Мартинов. - Москва : Логос, 2005. - 295 с. - ISBN 5-98704-012-4. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=89949>.
- 13) Терехин В. Б. Компьютерное моделирование систем электропривода постоянного и переменного тока в Simulink : учебное пособие / В. Б. Терехин, Ю. Н. Дементьев. - Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2015. - 307 с. - ISBN 978-5-4387-0558-1. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=442809>.

- 14) Хошмухамедов И. М. Расчет и выбор электрических двигателей металлорежущих станков : учебное пособие / И. М. Хошмухамедов. - Москва : Горная книга, 2009. - 171 с. - ISBN 978-5-98672-163-7. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229196>.
- 15) Чернышев А. Ю. Электропривод переменного тока: учебное пособие / А. Ю. Чернышев, Ю. Н. Дементьев. - 2-е изд. - Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2015. - 210 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=442089>.
- 16) Юсупов Р. Х. Основы автоматизированных систем управления технологическими процессами : учебное пособие / Р. Х. Юсупов. - Москва; Вологда : Инфра-Инженерия, 2018. - 133 с. - ISBN 978-5-9729-0229-3. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493900>.

### 8.3 Информационные средства обеспечения ГИА

Программное обеспечение для практических занятий и других видов самостоятельной работы включает в себя пакет программ MicrosoftOffice, включающий текстовый процессор MicrosoftWord, табличный процессор MicrosoftExcel и программа для создания презентаций MicrosoftPowerPoint, программы математического моделирования MATLAB.

Ресурсы сети «Интернет»:

- <https://lms.misis.ru/enroll/JMJLRF> - LMSCanvaskурс «13.03.02 Выпускная квалификационная работа»;
- <http://window.edu.ru/window/catalog> - единое окно доступа к образовательным ресурсам;
- <http://electromeh.npi-tu.ru/> - научно-технический журнал «Известия высших учебных заведений. Электромеханика»;
- <http://sstuaeu.esrae.ru/> - электронный научный журнал «Электротехника, электромеханика и электротехнологии»;
- <https://readera.ru/elektro> - научно-технический журнал «ЭЛЕКТРО. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность».
- <http://electrical-engineering.ru/> - "Электротехника: сетевой электронный научный журнал"
- <http://www.news.elteh.ru/> - Общероссийский журнал «Новости Электротехники» - отраслевое информационно-справочное издание.

**Приложение А**  
**Пример заполнения задания на ВКР**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»  
НОВОТРОИЦКИЙ ФИЛИАЛ

---

---

**Факультет** Заочного обучения

**Кафедра** Электроэнергетики и электротехники

**Направление** 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой Р.Е. Мажирина

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ЗАДАНИЕ**  
**НА ВЫПОЛНЕНИЕ ВЫПУСКНОЙ**  
**КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ БАКАЛАВРА**

**Обучающийся группы ЭЭз-16-43**

**Иванову Алексею Петровичу**

1. Тема работы «Модернизация главного электропривода тележки крана сталеплавильного цеха ОАО «Уральская Сталь»»

2. Цель работы: установление соответствие подготовки выпускника требованиям образовательного стандарта высшего образования НИТУ «МИСиС» и готовности его к выполнению профессиональных задач

3. Исходные данные: грузоподъемность 16 т, масса тележки 68 т, скорость тележки 1 м/с, ПВ=25%

4. Основная литература, в том числе:

Монография, учебники и т.п. РД 24.090.120-07 Проектирование и расчёт транспортно-технологических подъёмных кранов для обслуживания предприятий металлургической промышленности. Справочное руководство. Белов М. П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов : учеб. для вузов. –М. : Академия, 2004. 576 с.

5. Перечень основных этапов исследования и форма промежуточной отчетности по каждому этапу

Общая часть: краткая характеристика электросталеплавильного цеха ОАО «Уральская Сталь»; описание и технические характеристики крана; требования к электроприводу крана; выбор системы электропривода; расчёт и построение нагрузочной диаграммы и тахограммы работы электропривода; выбор электродвигателя и его проверка по условию нагрева и перегрузки; выбор элементов силовой части комплектного электропривода.

Специальная часть: функциональная схема САР скорости электропривода тележки; структурная схема системы управления; синтез регуляторов тока статора; синтез контура регулирования потокосцепления; синтез контура регулирования скорости; анализ динамических процессов.

Форма промежуточной отчетности – рукопись.

6. Аппаратура и методики, которые должны быть использованы в работе: синтез систем подчиненного управления методом последовательной коррекции.

7. Использование ЭВМ: среда математического моделирования Matlab, текстовый редактор MicrosoftWord, программа для создания презентация MicrosoftPowerPoint.

8. Перечень подлежащих разработке вопросов по экономике: расчёт производственной программы цеха; расчёт сметы капитальных затрат; расчёт затрат на эксплуатацию системы электропривода; сводная экономическая характеристика проектируемой системы электропривода.

Согласовано: \_\_\_\_\_ консультант по экономике

9. Перечень (примерный) основных вопросов, которые должны быть рассмотрены и проанализированы в литературном обзоре: обзор систем автоматизированных главных электроприводов подъема кранов металлургических предприятий; обзор методов управления автоматизированными электроприводами.

10. Перечень (примерный) графического и иллюстрированного материала: кинематическая схема механизма; тахограммы и нагрузочные диаграммы проектируемого электропривода; принципиальная электрическая схема силовой цепи проектируемого электропривода; структурная схема проектируемой САР электропривода; математическая модель проектируемой САР электропривода; динамические характеристики работы спроектированной САР.

11. Руководитель работы \_\_\_\_\_ доцент ЛицинК.В.

Консультанты по работе (с указанием относящихся к ним разделов)

экономика доцент А.С. Измайлова

Дата выдачи задания « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Задание принял к исполнению обучающийся** \_\_\_\_\_

## Приложение Б

### Перечень типовых вопросов при защите выпускной квалификационной работы

- 1) Чем Вы руководствовались при выборе темы ВКР?
- 2) В каких видах будущей профессиональной деятельности Вы можете использовать результаты представленного исследования?
- 3) Что в работе выполнено лично Вами? В чем состоит новизна работы?
- 4) В чем заключается практическая значимость работы?
- 5) Какие наиболее важные аспекты Вы выявили в ходе исследования?
- 6) Над какой частью ВКР работа вызвала определенные затруднения и потребовала большего количества времени на выполнение (почему)?
- 7) Чем отличается предложенное вами решение от существующих?
- 8) Как полученные результаты могут быть использованы на практике?
- 9) Как полученные результаты могут быть использованы в смежных областях научного знания и прикладной реализации?
- 10) Какие были сложности в работе с научной литературой и другими использованными источниками информации?
- 11) Какие источники (каких авторов?) были наиболее важными в раскрытии теоретических аспектов работы?
- 12) Дайте краткую характеристику одного из использованных источников.
- 13) Какие электронные ресурсы были использованы при написании ВКР?
- 14) Каким программным обеспечением вы пользовались при создании работы (приложения, если есть)? (MSWord, EXCEL, PowPoint)
- 15) Чем Вы руководствовались при выборе базы проведения практической части?
- 16) Какие основные нормативно-правовые документы, регламентируют Вашу будущую профессиональную деятельность?
- 17) Какими нормативными документами Вы пользовались в написании ВКР?
- 18) Какие расходы нужны для их осуществления варианта модернизации?
- 19) Какой эффект принесут ваши мероприятия по модернизации?
- 20) Как изменятся экономические показатели в результате внедрения мероприятий?
- 21) Какой экономической эффективности Вы достигли в своей работе?
- 22) Какой срок окупаемости у предлагаемого варианта модернизации?

МАЖИРИНА РАИСА ЕВГЕНЬЕВНА

**Методические указания  
по выполнению выпускной квалификационной работы  
по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**

для студентов направления подготовки  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника,  
всех форм обучения

Подписано в печать 16.12.2020 г.		
Формат 60x90 $\frac{1}{16}$ Рег. № 202	Печать цифровая Тираж 10 экз.	Уч.-изд.л. 1,25

ФГАОУ ВО  
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»  
Новотроицкий филиал  
462359, Оренбургская обл.. г. Новотроицк. ул. Фрунзе, 8  
E-mail: [nf@misis.ru](mailto:nf@misis.ru)  
Контактный тел.: 8(3537)679729