



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ:
Директор ИЭиАС
В.Р. Храмшин
04.02.2025 г.

**ПРОГРАММА
ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Направление подготовки (специальность)

15.03.06 Мехатроника и робототехника
шифр наименование направления подготовки (специальности)

Направленность (профиль) программы

Мехатронные системы в автоматизированном производстве
наименование направленности (профиля) подготовки (специализации)

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – академический бакалавриат

Форма обучения

Очная

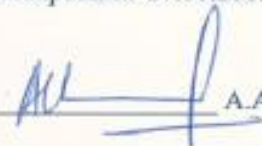
Институт
Кафедра

Институт энергетики и автоматизированных систем
Автоматизированного электропривода и мехатроники

Магнитогорск
2025г.

Программа государственной итоговой аттестации составлена на основе требований ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 15.03.06 Мехатроника и робототехника, утвержденного приказом МОиН РФ от 17.08.2020 № 1046.

Программа государственной итоговой аттестации рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и мехатроники 27.01.2025, протокол № 3.

Зав. кафедрой  А.А. Николаев

Программа государственной итоговой аттестации рассмотрена и утверждена на заседании методической комиссии Института энергетики и автоматизированных систем 04.02.2025г. протокол № 3.

Председатель  В.Р. Храмшин

Программа ГИА составлена доцентом кафедры АЭПиМ, канд. техн. наук

 М.В. Буланов

Рецензент: зам. начальника ЦЭТЛ ПАО «ММК» по электроприводу, канд. техн. наук

 А.Ю. Юдин


1. Общие положения

Государственная итоговая аттестация проводится государственными экзаменационными комиссиями в целях определения соответствия результатов освоения обучающимися образовательных программ соответствующим требованиям федерального государственного образовательного стандарта.

Бакалавр по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника должен быть подготовлен к решению профессиональных задач в соответствии с направленностью профиля образовательной программы «Мехатронные системы в автоматизированном производстве» должен быть подготовлен к решению задач профессиональной деятельности следующих типов:

- проектно-конструкторский.

В соответствии с задачами профессиональной деятельности выпускник на государственной итоговой аттестации должен показать соответствующий уровень освоения следующих компетенций:

- Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач (УК-1);

- Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений (УК-2);

- Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде (УК-3);

- Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах) (УК-4);

- Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах (УК-5);

- Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни (УК-6);

- Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности (УК-7);

- Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов (УК-8);

- Способен использовать базовые дефектологические знания в социальной и профессиональной сферах (УК-9);

- Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности (УК-10);

- Способен формировать нетерпимое отношение к проявлениям экстремизма, терроризма, коррупционному поведению и противодействовать им в профессиональной деятельности (УК-11);

- Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности (ОПК-1);

- Способен применять основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации при решении задач профессиональной деятельности (ОПК-2);

– Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного уровня (ОПК-3);

– Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности (ОПК-4);

– Способен работать с нормативно-технической документацией, связанной с профессиональной деятельностью, с учетом стандартов, норм и правил (ОПК-5);

– Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий (ОПК-6);

– Способен применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении (ОПК-7);

– Способен проводить анализ затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений (ОПК-8);

– Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование (ОПК-9);

– Способен контролировать и обеспечивать производственную и экологическую безопасность на рабочих местах (ОПК-10);

– Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем (ОПК-11);

– Способен участвовать в монтаже, наладке, настройке и сдаче в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей (ОПК-12);

– Способен применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности (ОПК-13);

– Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения (ОПК-14);

– Способность выполнить математическое моделирование роботизированной системы (ПК-1);

– Способность подготовить комплект конструкторской документации эскизного, технического и рабочего проектов мехатронных систем, включающих автоматизированный электропривод (ПК-2);

– Способность разрабатывать простые узлы и блоки мехатронных систем, включающих электроприводы, гидроприводы и пневмоприводы (ПК-3).

На основании решения Ученого совета университета от 26.02.2025 (протокол № 4) государственные аттестационные испытания по направлению подготовки/ специальности 15.03.06 Мехатроника и робототехника проводятся в форме:

– государственного экзамена;

– защиты 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 данной образовательной программе.

2. Программа и порядок проведения государственного экзамена

Согласно рабочему учебному плану, государственный экзамен проводится в период с 02.06.2029 по 15.06.2029. Для проведения государственного экзамена составляется расписание экзамена и предэкзаменационных консультаций (консультирование обучающихся по вопросам, включенным в программу государственного экзамена).

Государственный экзамен проводится на открытых заседаниях государственной экзаменационной комиссии в специально подготовленных аудиториях, выведенных на время экзамена из расписания. Присутствие на государственном экзамене посторонних лиц допускается только с разрешения председателя ГЭК.

Обучающимся и лицам, привлекаемым к государственной итоговой аттестации, во время ее проведения запрещается иметь при себе и использовать средства оперативной и мобильной связи.

Государственный экзамен проводится в два этапа:

- на первом этапе проверяется сформированность общекультурных компетенций;
- на втором этапе проверяется сформированность общепрофессиональных и профессиональных компетенций в соответствии с учебным планом.

Подготовка к сдаче и сдача первого этапа государственного экзамена

Первый этап государственного экзамена проводится в форме компьютерного тестирования. Тест содержит вопросы и задания по проверке общекультурных компетенций соответствующего направления подготовки/ специальности. В заданиях используются следующие типы вопросов:

- выбор одного правильного ответа из заданного списка;
- восстановление соответствия.

Для подготовки к экзамену на образовательном портале за три недели до начала испытаний в блоке «Ваши курсы» становится доступным электронный курс «Демо-версия. Государственный экзамен (тестирование)». Доступ к демо-версии осуществляется по логину и паролю, которые используются обучающимися для организации доступа к информационным ресурсам и сервисам университета.

Первый этап государственного экзамена проводится в компьютерном классе в соответствии с утвержденным расписанием государственных аттестационных испытаний.

Блок заданий первого этапа государственного экзамена включает 13 тестовых вопросов. Продолжительность экзамена составляет 30 минут.

Результаты первого этапа государственного экзамена определяются оценками «зачтено» и «не зачтено» и объявляются сразу после приема экзамена.

Критерии оценки первого этапа государственного экзамена:

- на оценку «**зачтено**» – обучающийся должен показать, что обладает системой знаний и владеет определенными умениями, которые заключаются в способности к осуществлению комплексного поиска, анализа и интерпретации информации по определенной теме; установлению связей, интеграции, использованию материала из

разных разделов и тем для решения поставленной задачи. Результат не менее 50% баллов за задания свидетельствует о достаточном уровне сформированности компетенций;

– на оценку **«не зачтено»** – обучающийся не обладает необходимой системой знаний и не владеет необходимыми практическими умениями, не способен понимать и интерпретировать освоенную информацию. Результат менее 50% баллов за задания свидетельствует о недостаточном уровне сформированности компетенций.

Подготовка к сдаче и сдача второго этапа государственного экзамена

Ко второму этапу государственного экзамена допускается обучающийся, получивший оценку «зачтено» на первом этапе.

Второй этап государственного экзамена проводится в письменной форме.

Второй этап государственного экзамена включает 2 теоретических вопроса и 1 практическое задание. Продолжительность экзамена составляет 4 часа.

Во время второго этапа государственного экзамена студент может пользоваться учебными программами, макетами, альбомами схем и другими наглядными пособиями.

Результаты второго этапа государственного экзамена определяются оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и объявляются в день приема экзамена.

Критерии оценки второго этапа государственного экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся должен показать высокий уровень сформированности компетенций, т.е. показать способность обобщать и оценивать информацию, полученную на основе исследования нестандартной ситуации; использовать сведения из различных источников; выносить оценки и критические суждения, основанные на прочных знаниях;

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся должен показать продвинутый уровень сформированности компетенций, т.е. продемонстрировать глубокие прочные знания и развитые практические умения и навыки, умение сравнивать, оценивать и выбирать методы решения заданий, работать целенаправленно, используя связанные между собой формы представления информации;

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся должен показать базовый уровень сформированности компетенций, т.е. показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, профессиональные, интеллектуальные навыки решения стандартных задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся не обладает необходимой системой знаний, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Результаты второго этапа государственного экзамена объявляются на следующий рабочий день после проведения экзамена.

Обучающийся, успешно сдавший государственный экзамен, допускается к выполнению и защите выпускной квалификационной работе.

2.1 Содержание государственного экзамена

2.1.1 Перечень тем, проверяемых на первом этапе государственного экзамена

1. Философия, ее место в культуре
2. Исторические типы философии
3. Проблема идеального. Сознание как форма психического отражения
4. Особенности человеческого бытия
5. Общество как развивающаяся система. Культура и цивилизация
6. История в системе гуманитарных наук
7. Цивилизации Древнего мира
8. Эпоха средневековья
9. Новое время XVI-XVIII вв.
10. Модернизация и становление индустриального общества во второй половине XVIII – начале XX вв.
11. Россия и мир в XX – начале XXI в.
12. Новое время и эпоха модернизации
13. Спрос, предложение, рыночное равновесие, эластичность
14. Основы теории производства: издержки производства, выручка, прибыль
15. Основные макроэкономические показатели
16. Макроэкономическая нестабильность: безработица, инфляция
17. Предприятие и фирма. Экономическая природа и целевая функция фирмы
18. Конституционное право
19. Гражданское право
20. Трудовое право
21. Семейное право
22. Уголовное право
23. Я и моё окружение (на иностранном языке)
24. Я и моя учеба (на иностранном языке)
25. Я и мир вокруг меня (на иностранном языке)
26. Я и моя будущая профессия (на иностранном языке)
27. Страна изучаемого языка (на иностранном языке)
28. Формы существования языка
29. Функциональные стили литературного языка
30. Проблема межкультурного взаимодействия
31. Речевое взаимодействие
32. Деловая коммуникация
33. Основные понятия культурологии
34. Христианский тип культуры как взаимодействие конфессий
35. Исламский тип культуры в духовно-историческом контексте взаимодействия
36. Теоретико-методологические основы командообразования и саморазвития
37. Личностные характеристики членов команды
38. Организационно-процессуальные аспекты командной работы
39. Технология создания команды
40. Саморазвитие как условие повышения эффективности личности
41. Диагностика и самодиагностика организма при регулярных занятиях физической культурой и спортом

42. Техническая подготовка и обучение двигательным действиям
43. Методики воспитания физических качеств.
44. Виды спорта
45. Классификация чрезвычайных ситуаций. Система чрезвычайных ситуаций
46. Методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций

2.1.2 Перечень теоретических вопросов, выносимых на второй этап государственного экзамена

1. Система команд микропроцессора: классификация, структура, форматы команд, способы адресации данных.
2. Система команд микропроцессора: команды пересылки, обработки данных, команды переходов и управления программой, специальные команды.
3. Основные определения, характеристики и классификация микропроцессоров.
4. Архитектура однокристалльного микропроцессора: арифметико-логический блок, блок регистров общего назначения, схема синхронизации и управления.
5. Понятие о языке программирования, способы представления данных в ЭВМ.
6. Запоминающие устройства микро ЭВМ и их основные характеристики.
7. Организация модулей ввода, вывода дискретных сигналов.
8. Организация модулей ввода, вывода непрерывных сигналов.
9. Интерфейс микропроцессорных систем: основные функции и элементы интерфейса.
10. Способы обмена данными между МП и внешними устройствами: программно-управляемая передача, система прерываний, прямой доступ к памяти.
11. Понятия о цифровых фильтрах. Программирование типовых динамических звеньев: пропорционального, интегрирующего, дифференцирующего.
12. Основные способы программирования логических (релейных) схем.
13. Программируемый контроллер: блочная схема, языки программирования
14. Требования, предъявляемые к датчикам параметров технологического процесса прокатки.
15. Принцип действия измерителей давления металла на валки при прокатке (тензометрические, магнитоанизотропные).
16. Классификация измерителей толщины по принципам и способам измерения
17. Принцип действия рентгеновских измерителей толщины компенсационного типа.
18. Принцип действия косвенных измерителей толщины по методу Симса-Головина.
19. Принцип действия фотоэлектрических измерителей температуры.
20. Принцип действия лазерных измерителей скорости.
21. Принцип действия рентгеновских измерителей толщины прямого действия.
22. Способы измерения раствора валков при прокатке металла.
23. Принцип действия лазерных измерителей формы листа и размеров сортового проката.
24. В чем разница в принципах измерения натяжения полосы на станах горячей и холодной прокатки листа.
25. Структура современной АСУ ТП.
26. В чем суть иерархического принципа построения АСУ ТП и какие преимущества он дает.
27. В чем состоит суть оптимального управления АСУ ТП.

28. Что такое целевая функция управления?
29. Мехатронные технологические машины в машиностроении.
30. Мехатронные технологии обработки материалов резанием.
31. Мехатронные модули линейных перемещений.
32. Мехатронные модули вращательных перемещений.
33. Структура и принципы построения мехатронных систем.
34. Концепция проектирования и применения мехатронных технологических систем.
35. Приводы главного движения станков для высокоскоростной обработки.
36. Микромашины в мехатронных системах.
37. Мехатронные и электромеханические системы непрерывного стана 630 холодной прокатки.
38. Мехатронные и электромеханические системы моталки непрерывного стана 2500 холодной прокатки листа.
39. Мехатронные и электромеханические системы станков с числовым программным управлением.

2.1.3 Перечень практических заданий, выносимых на государственный экзамен

1. Два асинхронных двигателя с к.з. ротором (паспортные данные $P_n = 3,5$ кВт, $\eta_n = 870$ об/мин, $U_{1л} = 380$ В, $I_n = 10,1$ А, $r_1 = 2,16$ Ом, $x_1 = 2,03$ Ом, $r_2' = 3,33$ Ом, $x_2' = 1,46$ Ом) работают на общий вал. В результате технологического разброса параметров оказалось, что активное сопротивление ротора 1-ой машины на 10% меньше паспортного, а активное сопротивление ротора 2-ой машины на 10% больше паспортного. Оцените графическим способом загрузку двигателей, если суммарный момент нагрузки $M_c = 75$ Нм.

2. Для регулирования скорости ДПТ с независимым возбуждением применяется система Г-Д. Генератор и двигатель одинаковые эл.машины с параметрами: $P_n = 12$ кВт, $\eta_n = 790$ об/мин, $U_n = 220$ В, $I_n = 65$ А, $R_a = 0,266$ Ом. Момент инерции $J = 0,4$ кгм². Определите диапазон D регулирования скорости при заданной точности ее поддержания $\Delta M_c \text{ доп} = 0,5$ Мн; момент статический сопротивлений изменяется в пределах от 0 до Мн; температура машин в процессе работы изменяется в пределах от 200 С до 800 С.

Определите необходимый коэффициент форсировки для пуска двигателя в системе Г-Д за $t_p = 0,7$ с, $T_v = 1,5$ с, $U_{вн} = 220$ В.

3. Двигатель постоянного тока независимого возбуждения: $J_\Sigma = 10$ кгм², $\omega_0 = 1101$ /с, $\omega_{нач} = 100$ 1/с, $K\Phi = 5$ вс, $M_n = 1000$ Нм переходит в режим динамического торможения с $M_{нач} = 1,4$ Мн. Нарисовать кривые переходного процесса при $\omega = f(t)$, $i_a = f(t)$ при активном и реактивном M_c .

Определить:

- 1) T_m
- 2) т.д.т. время торможения двигателя до скорости $\omega = 0$;
- 3) Потери энергии в двигателях и откуда они поступают?

Нарисовать схему асинхронного вентильного каскада и пояснить принцип работы.

4. Асинхронный двигатель тормозится вхолостую в режиме противовключения. Критический момент $M_k = 1000$ Нм, синхронная скорость $\omega_0 = 104,7$ 1/с, момент инерции $J = 10$ кгм². Определить величину критического скольжения, при котором время торможения $t_{т min}$, а также потери ΔA_p , если $R_1 / R_2 = 1$.

5. Двигатель постоянного тока независимого возбуждения тормозится в режиме противовключения с реактивным $M_c = M_n$. Технические данные: $P_n = 12$ кВт, $U_n = 220$ В, $\eta_n = 790$ об/мин, $I_n = 65$ А, $R_a = 0,266$ Ом, $J = 0,4$ кгм², $\omega_{нач} = 82,7$ 1/с, $I_{нач} = 130$ А.

а) Построить кривые $\omega = f(t)$, $M = f(t)$ и определить время торможения до $\omega = 0$.

б) Определить величину потерь энергии при торможении.

6. Два асинхронных двигателя с к.з. ротором (паспортные данные: $P_n = 3,5$ кВт, $\eta_n = 870$ об/мин, $U_{1л} = 380$ В, $I_{1н} = 10,1$ А, $r_1 = 2,16$ Ом, $x_1 = 2,03$ Ом, $r_2' = 3,33$ Ом, $x_2' = 1,46$ Ом) работают на общий вал. В результате технологического разброса параметров оказалось, что активное сопротивление ротора 1-го двигателя на 10% меньше паспортного, а 2-го на 10% больше паспортного. Оцените графическим способом загрузку двигателей, если суммарный момент нагрузки $M_c = 75$ Нм.

7. Для регулирования скорости ДПТ с независимым возбуждением изменяется система Г-Д. Генератор и двигатель одинаковые эл.машины с параметрами: $P_n = 12$ кВт, $\eta_n = 790$ об/мин, $U_n = 220$ В, $I_n = 65$ А, $R_a = 0,266$ Ом, момент инерции $J = 0,4$ кгм². Определите диапазон D регулирования скорости при заданной точности ее поддержания $\Delta M_c \text{ доп} = 0,5$ Мн; момент статических сопротивлений изменяется в пределах от 0 до M_n ; температура машин в процессе работы изменяется в пределах от 200 С до 800 С.

Определите необходимый коэффициент форсировки для пуска двигателя в системе Г-Д за $t_p = 0,7$ с, $T_v = 1,5$ с, $U_{вн} = 220$ В.

8. Для регулирования скорости ДПТ с НВ (паспортные данные двигателя: $P_n = 12$ кВт, $\eta_n = 790$ об/мин, $U_n = 220$ В, $I_n = 65$ А, $R_a = 0,266$ Ом, момент инерции $J = 0,4$ кгм², $I_{нач} = -130$ А. Используется система ТП-Д. Тиристорный преобразователь – трехфазная мостовая схема выпрямления, питается от сети с реактором ($U_{л} = 220$ В), индуктивность фазы $L_{\phi} = 0,25$ мГн, активное сопротивление $R_{\phi} = 0,015$. Требуется обеспечить диапазон регулирования скорости $D = 5$ 1. Оцените точность регулирования и коэффициент мощности при таком способе регулирования.

9. Рассчитайте переходный процесс пуска $\omega = f(t)$, $i_a = f(t)$ двигателя постоянного с НВ, имеющего следующие данные: $P_n = 12$ кВт, $\eta_n = 1360$ об/мин, $U_n = 220$ В, $I_n = 65$ А, $R_a = 0,194$ Ом, момент инерции $J_{\Sigma} = 0,4$ кгм², $\lambda = 2$. В якорную цепь для ограничения пускового тока на допустимом уровне включен дополнительный резистор $R_{доб}$; $M_c = M_n$

10. Регулирование скорости АД с КЗР осуществляется по системе ПЧ-АД. Паспортными данными двигателя: $P_n = 3,5$ кВт, $\eta_n = 870$ об/мин, $U_{1л} = 380$ В, $I_{1н} = 10,1$ А, $R_1 = 2,16$ Ом, $x_1 = 2,03$ Ом, $R_2' = 3,33$ Ом, $x_2' = 1,46$ Ом. Определите частоту и напряжение, которое необходимо приложить к статору, для получения скорости вращения

1) $\omega = 157$ рад/с при моменте нагрузки $M_c = 15$ Нм.

2) $\omega = 45$ рад/с при $M_c = 15$ Нм.

Рассчитайте и постройте характеристики $\omega = f(M)$ при $\omega = 91$ рад/с, $\omega = 45$ рад/с, $\omega = 157$ рад/с,

11. Два асинхронных двигателя с к.з. ротором (паспортные данные: $P_n = 3,5$ кВт, $\eta_n = 870$ об/мин, $U_{1л} = 380$ В, $I_{1н} = 10,1$ А, $r_1 = 2,16$ Ом, $x_1 = 2,03$ Ом, $r_2' = 3,33$ Ом, $x_2' = 1,46$ Ом) работают на общий вал. В результате технологического разброса параметров оказалось, что активное сопротивление ротора 1-ой машины на 10% меньше паспортного, а активное сопротивление ротора 2-ой машины на 10% больше паспортного. Оцените

графическим способом загрузку двигателей, если суммарный момент нагрузки $M_c = 75 \text{ Нм}$.

12. Для регулирования скорости ДПТ с независимым возбуждением применяется система Г-Д. Генератор и двигатель одинаковые эл.машины с параметрами: $P_H = 12 \text{ кВт}$, $\eta_H = 790 \text{ об/мин}$, $U_H = 220 \text{ В}$, $I_H = 65 \text{ А}$, $R_a = 0,266 \text{ Ом}$. Момент инерции $J = 0,4 \text{ кгм}^2$. Определите диапазон D регулирования скорости при заданной точности ее поддержания $\Delta M_c \text{ доп} = 0,5 \text{ Мн}$; момент статический сопротивлений изменяется в пределах от 0 до M_H ; температура машин в процессе работы изменяется в пределах от 200°С до 800°С .

Определите необходимый коэффициент форсировки для пуска двигателя в системе Г-Д за $t_p = 0,7 \text{ с}$, $T_v = 1,5 \text{ с}$, $U_{вн} = 220 \text{ В}$.

13. Двигатель постоянного тока независимого возбуждения: $J_\Sigma = 10 \text{ кгм}^2$, $\omega_0 = 1101 \text{ 1/с}$, $\omega_{нач} = 100 \text{ 1/с}$, $K\Phi = 5 \text{ вс}$, $M_H = 1000 \text{ Нм}$ переходит в режим динамического торможения с $M_{нач} = 1,4 \text{ Мн}$. Нарисовать кривые переходного процесса при $\omega = f(t)$, $i_a = f(t)$ при активном и реактивном M_c .

Определить:

- 1) T_m
- 2) т.д. время торможения двигателя до скорости $\omega = 0$;
- 3) Потери энергии в двигателях и откуда они поступают?

Нарисовать схему асинхронного вентильного каскада и пояснить принцип работы.

14. Асинхронный двигатель тормозится вхолостую в режиме противовключения. Критический момент $M_k = 1000 \text{ Нм}$, синхронная скорость $\omega_0 = 104,7 \text{ 1/с}$, момент инерции $J = 10 \text{ кгм}^2$. Определить величину критического скольжения, при котором время торможения $t_{т min}$, а также потери ΔA_p , если $R_1 / R_2 = 1$.

15. Двигатель постоянного тока независимого возбуждения тормозится в режиме противовключения с реактивным $M_c = M_H$. Технические данные: $P_H = 12 \text{ кВт}$, $U_H = 220 \text{ В}$, $\eta_H = 790 \text{ об/мин}$, $I_H = 65 \text{ А}$, $R_a = 0,266 \text{ Ом}$, $J = 0,4 \text{ кгм}^2$, $\omega_{нач} = 82,7 \text{ 1/с}$, $I_{нач} = 130 \text{ А}$.

- а) Построить кривые $\omega = f(t)$, $M = f(t)$ и определить время торможения до $\omega = 0$.
- б) Определить величину потерь энергии при торможении.

16. Для регулирования скорости ДПТ с независимым возбуждением изменяется система Г-Д. Генератор и двигатель одинаковые эл.машины с параметрами: $P_H = 12 \text{ кВт}$, $\eta_H = 790 \text{ об/мин}$, $U_H = 220 \text{ В}$, $I_H = 65 \text{ А}$, $R_a = 0,266 \text{ Ом}$, момент инерции $J = 0,4 \text{ кгм}^2$. Определите диапазон D регулирования скорости при заданной точности ее поддержания $\Delta M_c \text{ доп} = 0,5 \text{ Мн}$; момент статических сопротивлений изменяется в пределах от 0 до M_H ; температура машин в процессе работы изменяется в пределах от 200°С до 800°С .

Определите необходимый коэффициент форсировки для пуска двигателя в системе Г-Д за $t_p = 0,7 \text{ с}$, $T_v = 1,5 \text{ с}$, $U_{вн} = 220 \text{ В}$.

17. Для регулирования скорости ДПТ с НВ (паспортные данные двигателя: $P_H = 12 \text{ кВт}$, $\eta_H = 790 \text{ об/мин}$, $U_H = 220 \text{ В}$, $I_H = 65 \text{ А}$, $R_a = 0,266 \text{ Ом}$, момент инерции $J = 0,4 \text{ кгм}^2$, $I_{нач} = -130 \text{ А}$. Используется система ТП-Д. Тиристорный преобразователь – трехфазная мостовая схема выпрямления, питается от сети с реактором ($U_L = 220 \text{ В}$), индуктивность фазы $L_\Phi = 0,25 \text{ мГн}$, активное сопротивление $R_\Phi = 0,015$. Требуется обеспечить диапазон регулирования скорости $D = 5$. Оцените точность регулирования и коэффициент мощности при таком способе регулирования.

18. Рассчитайте переходный процесс пуска $\omega = f(t)$, $i_a = f(t)$ двигателя постоянного с НВ, имеющего следующие данные: $P_H = 12 \text{ кВт}$, $\eta_H = 1360 \text{ об/мин}$, $U_H = 220 \text{ В}$, $I_H = 65 \text{ А}$,

$R_a = 0,194 \text{ Ом}$, момент инерции $J_\Sigma = 0,4 \text{ кгм}^2$, $\lambda = 2$. В якорную цепь для ограничения пускового тока на допустимом уровне включен дополнительный резистор $R_{доб}$; $M_c = M_n$

19. Регулирование скорости АД с КЗР осуществляется по системе ПЧ-АД. Паспортные данные двигателя: $P_n = 3,5 \text{ кВт}$, $\eta_n = 870 \text{ об/мин}$, $U_{нл} = 380 \text{ В}$, $I_{нл} = 10,1 \text{ А}$, $R_1 = 2,16 \text{ Ом}$, $x_1 = 2,03 \text{ Ом}$, $R_2' = 3,33 \text{ Ом}$, $x_2' = 1,46 \text{ Ом}$. Определите частоту и напряжение, которое необходимо приложить к статору, для получения скорости вращения

1) $\omega = 157 \text{ рад/с}$ при моменте нагрузки $M_c = 15 \text{ Нм}$.

2) $\omega = 45 \text{ рад/с}$ при $M_c = 15 \text{ Нм}$.

Рассчитайте и постройте характеристики $\omega = f(M)$ при $\omega = 91 \text{ рад/с}$, $\omega = 45 \text{ рад/с}$, $\omega = 157 \text{ рад/с}$,

19. Для однофазной схемы выпрямления со средней точкой определить максимальное значение выпрямленной ЭДС E_{d0} , среднее значение выпрямленной ЭДС E_d , среднее значение выпрямленного тока I_d , среднее значение тока через вентиль $I_{в.ср.}$, максимальное напряжение на вентиле $U_{мах}$ при $E_2\phi=100 \text{ В}$; $R_d=10 \text{ Ом}$; $L_d=$, $\alpha = 30^\circ$.

20. Нарисовать кривые $e_d = f(\omega_0 t)$, $U_{vs1} = f(\omega_0 t)$ для однофазной схемы выпрямления со средней точкой при работе на R_d ($L_d=0$) при $\alpha = 60^\circ$, $X_T=0$; $R_T=0$; $E_2\phi=100 \text{ В}$. Определить E_d , $U_{в.мах}$.

21. Нарисовать кривые $e_d = f(\omega_0 t)$, $U_{vs1} = f(\omega_0 t)$ для однофазной схемы выпрямления со средней точкой при работе на $R_d=10 \text{ Ом}$; $L_d=$ при $\alpha = 60^\circ$ с учетом коммутации $X_T=0,5 \text{ Ом}$; $E_2\phi=100 \text{ В}$. Определить E_d , U_d , I_d , $U_{в.мах}$

23. Нарисовать кривые $e_d = f(\omega_0 t)$, $U_{vs1} = f(\omega_0 t)$ для однофазной мостовой схемы выпрямления при работе на R_d ($L_d=0$) при $\alpha = 60^\circ$ $X_T=0$; $R_T=0$; $R_d=10 \text{ Ом}$; $E_2\phi=100 \text{ В}$. Определить E_d , I_d , $U_{в.мах}$

24. Нарисовать кривые $e_d = f(\omega_0 t)$, $U_{vs1} = f(\omega_0 t)$ для однофазной мостовой схемы выпрямления при работе на $R_d=10 \text{ Ом}$; $L_d=$ при $\alpha = 60^\circ$ с учетом коммутации $X_T=0,5 \text{ Ом}$; $E_2\phi=100 \text{ В}$. Определить E_d , U_d , I_d , $U_{в.мах}$

25. Нарисовать кривые $e_d = f(\omega_0 t)$, $U_{vs1} = f(\omega_0 t)$, $i_d = f(\omega_0 t)$, $i_a, i_b, i_c = f(\omega_0 t)$ для трехфазной нулевой схемы выпрямления при работе на R_d ($L_d=0$) при $\alpha = 0^\circ$, $R_d=10 \text{ Ом}$; $E_2\phi=100 \text{ В}$. Схема соединения обмоток трансформатора Y/Y . Определить E_{d0} , I_d , $U_{в.мах}$, средний ток вентиля $I_{в.ср.}$.

26. Нарисовать кривые $e_d = f(\omega_0 t)$, $U_{vs1} = f(\omega_0 t)$, $i_d = f(\omega_0 t)$, $i_a = f(\omega_0 t)$ для трехфазной нулевой схемы выпрямления при работе на $R_d=10 \text{ Ом}$; $L_d=$ при $\alpha = 30^\circ$ с учетом коммутации $X_T=0,5 \text{ Ом}$; $E_2\phi=100 \text{ В}$. Схема соединения обмоток трансформатора Y/Y . Определить E_d , I_d , $U_{в.мах}$, средний ток вентиля $I_{в.ср.}$, U_d

27. Нарисовать кривые $e_d = f(\omega_0 t)$, $U_{vs1} = f(\omega_0 t)$, $i_d = f(\omega_0 t)$, $i_a = f(\omega_0 t)$ для трехфазной мостовой схемы выпрямления при работе на R_d ($L_d=0$) при $\alpha = 30^\circ$, $R_d=10 \text{ Ом}$; $E_2\phi=205 \text{ В}$. Схема соединения обмоток трансформатора Y/Y . Определить E_{d0} , I_d , $U_{в.мах}$, средний ток вентиля $I_{в.ср.}$

2.1.4 Перечень рекомендуемой литературы для подготовки к государственному экзамену

1. Никитенко, Г. В. Электропривод производственных механизмов : учебное пособие / Г. В. Никитенко. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-1468-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168515> (дата обращения: 18.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Встовский, А. Л. Электрические машины [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Л. Встовский. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. - 464 с. - ISBN 978-5-7638-2518-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/492153> (дата обращения: 18.04.2025). — Режим доступа: по подписке.

3. Электропривод : учебное пособие / Н. П. Кондратьева, И. Р. Владыкин, В. А. Баженов [и др.]. — 2-е изд., перераб. и доп. — Ижевск : УдГАУ, 2020. — 36 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/158597> (дата обращения: 28.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Епифанов, А. П. Электропривод : учебник / А. П. Епифанов, Л. М. Малайчук, А. Г. Гущинский. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 400 с. — ISBN 978-5-8114-1234-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210941> (дата обращения: 28.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Автоматизированный электропривод : учебное пособие. — Омск : ОмГТУ, 2022. — 124 с. — ISBN 978-5-8149-3515-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/343829> (дата обращения: 28.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Сысенко, В. Т. Автоматизированный электропривод : учебно-методическое пособие / В. Т. Сысенко. — Новосибирск : НГТУ, 2022. — 64 с. — ISBN 978-5-7782-4651-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/306482> (дата обращения: 28.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7. Дементьев, Ю. Н. Электропривод переменного тока : учебное пособие / Ю. Н. Дементьев, А. Ю. Чернышев, И. А. Чернышев. — 2-е изд. — Томск : ТПУ, 2015. — 210 с. — ISBN 978-5-4387-0556-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/82865> (дата обращения: 28.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8. Моргунов, К. П. Гидравлика : учебник / К. П. Моргунов. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 288 с. — ISBN 978-5-8114-1735-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211682> (дата обращения: 28.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2.1.5 Рекомендации обучающимся по подготовке к государственному экзамену

Подготовка к тестированию

При подготовке к тестированию обучающемуся рекомендуется внимательно изучить структуру теста, оценить объем времени, выделяемого на данный тест, увидеть, какого типа задания в нем содержатся. Следует начинать отвечать на те вопросы, в правильности решения которых нет сомнений, пока не останавливаясь на тех, которые могут вызвать долгие раздумья. Необходимо внимательно читать задания до конца, не пытаясь понять условия «по первым словам» или выполнив подобные задания в предыдущих тестированиях - это приводит к ошибкам в самых легких вопросах. Рекомендуется пропустить вопрос, если обучающийся не знает ответа или не уверен в его

правильности, чтобы потом к нему вернуться. Нужно думать только о текущем задании. Как правило, задания в тестах не связаны друг с другом непосредственно, поэтому необходимо концентрироваться на данном вопросе и находить решения, подходящие именно к нему. Обучающийся может не искать сразу правильный вариант ответа, а последовательно исключать те, которые явно не подходят. Метод исключения позволяет в итоге сконцентрировать внимание на одном-двух вероятных вариантах. Следует рассчитывать выполнение заданий так, чтобы осталось время на проверку и доработку. Необходимо свести к минимуму процесс угадывания правильных ответов.

При подготовке к тестированию обучающемуся следует не просто заучивать, необходимо понять логику изложенного материала. Этому способствует составление развернутого плана, таблиц, схем. Большую помощь оказывают опубликованные сборники тестов, Интернет-тренажеры, позволяющие закрепить знания и приобрести соответствующие психологические навыки саморегуляции и самоконтроля.

Подготовка к письменному ответу

Во время подготовки обучающемуся следует правильно составить письменный ответ. Хорошо структурированный ответ должен содержать в себе следующие пункты: определение главных теоретических положений и терминов; примеры по теме вопроса; разные взгляды ученых на заданный вопрос. Обучающемуся рекомендуется подкреплять ответ ссылками на учебные пособия и цитатами ученых, изучающих тему вопроса. Рекомендуется оценить ответ с разных сторон. Если в ответе обучающийся использует сокращения, нужно пояснить, как они расшифровываются. Следует строго отвечать на поставленный вопрос и не пытаться написать лишнюю информацию, при этом ответ на вопрос должен быть максимально полным. Перед написанием ответа на бумаге необходимо составить примерный план ответа на экзаменационный вопрос, чтобы внести в билет всю нужную информацию. Каждый ответ должен иметь логическое завершение и содержать выводы.

Работа с учебной литературой (конспектом)

При работе с литературой (конспектом) при подготовке к экзамену обучающемуся рекомендуется:

1. Подготовить необходимую информационно-справочную (словари, справочники) и рекомендованную научно-методическую литературу (учебники, учебные пособия) для получения исчерпывающих сведений по каждому экзаменационному вопросу.

2. Уточнить наличие содержания и объем материала в лекциях и учебной литературе для раскрытия вопроса.

3. Дополнить конспекты недостающей информацией по отдельным аспектам, без которых невозможен полный ответ.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

– аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения;

– планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала;

– тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала;

– цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора;

– конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

4. Распределить весь материал на части с учетом их сложности, составить график подготовки к экзамену.

5. Внимательно прочитать материал конспекта, учебника или другого источника информации, с целью уточнений отдельных положений, структурирования информации, дополнения рабочих записей.

8. Повторно прочитать содержание вопроса, пропуская или бегло просматривая те части материала, которые были усвоены на предыдущем этапе.

9. Прочитать еще раз материал с установкой на запоминание. Запоминать следует не текст, а его смысл и его логику. В первую очередь необходимо запомнить термины, основные определения, понятия, законы, принципы, аксиомы, свойства изучаемых процессов и явлений, основные влияющие факторы, их взаимосвязи. Полезно составлять опорные конспекты.

10. Многократное повторение материала с постепенным «сжиманием» его в объеме способствует хорошему усвоению и запоминанию.

11. В последний день подготовки к экзамену следует проговорить краткие ответы на все вопросы, а на тех, которые вызывают сомнения, остановиться более подробно.

3. Порядок подготовки и защиты выпускной квалификационной работы

Выполнение и защита выпускной квалификационной работы является одной из форм государственной итоговой аттестации.

При выполнении выпускной квалификационной работы, обучающиеся должны показать свои знания, умения и навыки самостоятельно решать на современном уровне задачи своей профессиональной деятельности, профессионально излагать специальную информацию, научно аргументировать и защищать свою точку зрения.

Обучающий, выполняющий выпускную квалификационную работу должен показать свою способность и умение:

- определять и формулировать проблему исследования с учетом ее актуальности;
- ставить цели исследования и определять задачи, необходимые для их достижения;
- анализировать и обобщать теоретический и эмпирический материал по теме исследования, выявлять противоречия, делать выводы;
- применять теоретические знания при решении практических задач;
- делать заключение по теме исследования, обозначать перспективы дальнейшего изучения исследуемого вопроса;
- оформлять работу в соответствии с установленными требованиями;

3.1 Подготовительный этап выполнения выпускной квалификационной работы

3.1.1 Выбор темы выпускной квалификационной работы

Обучающийся самостоятельно выбирает тему из рекомендуемого перечня тем ВКР, представленного в приложении 1. Обучающийся (несколько обучающихся, выполняющих ВКР совместно), по письменному заявлению, имеет право предложить свою тему для выпускной квалификационной работы, в случае ее обоснованности и

целесообразности ее разработки для практического применения в соответствующей области профессиональной деятельности или на конкретном объекте профессиональной деятельности. Утверждение тем ВКР и назначение руководителя утверждается приказом по университету.

3.1.2 Функции руководителя выпускной квалификационной работы

Для подготовки выпускной квалификационной работы обучающемуся назначается руководитель и, при необходимости, консультанты.

Руководитель ВКР помогает обучающемуся сформулировать объект, предмет исследования, выявить его актуальность, научную новизну, разработать план исследования; в процессе работы проводит систематические консультации.

Подготовка ВКР обучающимся и отчет перед руководителем реализуется согласно календарному графику работы. Календарный график работы обучающегося составляется на весь период выполнения ВКР с указанием очередности выполнения отдельных этапов и сроков отчетности по выполнению работы перед руководителем.

3.2 Требования к выпускной квалификационной работе

При подготовке выпускной квалификационной работы обучающийся руководствуется методическими указаниями и локальным нормативным актом университета СМК-О-СМГТУ-36-20 - Выпускная квалификационная работа: структура, содержание, общие правила выполнения и оформления.

3.3 Порядок защиты выпускной квалификационной работы

Законченная выпускная квалификационная работа должна пройти процедуру нормоконтроля, включая проверку на объем заимствований, а затем представлена руководителю для оформления письменного отзыва. Рецензент оценивает значимость полученных результатов, анализирует имеющиеся в работе недостатки, характеризует качество ее оформления и изложения, дает заключение (рецензию) о соответствии работы предъявляемым требованиям в письменном виде.

Выпускная квалификационная работа, подписанная заведующим кафедрой, имеющая рецензию и отзыв руководителя работы, допускается к защите и передается в государственную экзаменационную комиссию не позднее, чем за 2 календарных дня до даты защиты, также работа размещается в электронно-библиотечной системе университета.

Объявление о защите выпускных работ вывешивается на кафедре за несколько дней до защиты.

Защита выпускной квалификационной работы проводится на заседании государственной экзаменационной комиссии и является публичной. Защита одной выпускной работы **не должна превышать 30 минут**.

Для сообщения обучающемуся предоставляется **не более 10 минут**. Сообщение по содержанию ВКР сопровождается необходимыми графическими материалами и/или презентацией с раздаточным материалом для членов ГЭК. В ГЭК могут быть представлены также другие материалы, характеризующие научную и практическую ценность выполненной ВКР – печатные статьи с участием выпускника по теме ВКР, документы, указывающие на практическое применение ВКР, макеты, образцы материалов, изделий и т.п.

В своем выступлении обучающийся должен отразить:

- содержание проблемы и актуальность исследования;
- цель и задачи исследования;
- объект и предмет исследования;
- методику своего исследования;
- полученные теоретические и практические результаты исследования;
- выводы и заключение.

В выступлении должны быть четко обозначены результаты, полученные в ходе исследования, отмечена теоретическая и практическая ценность полученных результатов.

По окончании выступления выпускнику задаются вопросы по теме его работы. Вопросы могут задавать все присутствующие. Все вопросы протоколируются.

Затем слово предоставляется научному руководителю, который дает характеристику работы. При отсутствии руководителя отзыв зачитывается одним из членов ГЭК.

После этого выступает рецензент или рецензия зачитывается одним из членов ГЭК.

Заслушав официальную рецензию своей работы, студент должен ответить на вопросы и замечания рецензента.

Затем председатель ГЭК просит присутствующих выступить по существу выпускной квалификационной работы. Выступления членов комиссии и присутствующих на защите (до 2-3 мин. на одного выступающего) в порядке свободной дискуссии и обмена мнениями не являются обязательным элементом процедуры, поэтому, в случае отсутствия желающих выступить, он может быть опущен.

После дискуссии по теме работы студент выступает с заключительным словом. Этика защиты предписывает при этом выразить благодарность руководителю и рецензенту за проделанную работу, а также членам ГЭК и всем присутствующим за внимание.

3.4 Критерии оценки выпускной квалификационной работы

Результаты защиты ВКР определяются оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и объявляются **в день защиты**.

Решение об оценке принимается на закрытом заседании ГЭК по окончании процедуры защиты всех работ, намеченных на данное заседание. Для оценки ВКР государственная экзаменационная комиссия руководствуется следующими критериями:

- актуальность темы;
- научно-практическое значение темы;
- качество выполнения работы, включая демонстрационные и презентационные материалы;
- содержательность доклада и ответов на вопросы;
- умение представлять работу на защите, уровень речевой культуры.

Оценка **«отлично»** (5 баллов) выставляется за глубокое раскрытие темы, полное выполнение поставленных задач, логично изложенное содержание, качественное оформление работы, соответствующее требованиям локальных актов, высокую содержательность доклада и демонстрационного материала, за развернутые и полные ответы на вопросы членов ГЭК;

Оценка **«хорошо»** (4 балла) выставляется за полное раскрытие темы, хорошо проработанное содержание без значительных противоречий, в оформлении работы имеются незначительные отклонения от требований, высокую содержательность доклада и демонстрационного материала, за небольшие неточности при ответах на вопросы членов ГЭК.

Оценка **«удовлетворительно»** (3 балла) выставляется за неполное раскрытие темы, выводов и предложений, носящих общий характер, в оформлении работы имеются незначительные отклонения от требований, отсутствие наглядного представления работы и затруднения при ответах на вопросы членов ГЭК.

Оценка **«неудовлетворительно»** (2 балла) выставляется за частичное раскрытие темы, необоснованные выводы, за значительные отклонения от требований в оформлении и представлении работы, когда обучающийся допускает существенные ошибки при ответе на вопросы членов ГЭК.

Оценка **«неудовлетворительно»** (1 балл) выставляется за необоснованные выводы, за значительные отклонения от требований в оформлении и представлении работы, отсутствие наглядного представления работы, когда обучающийся не может ответить на вопросы членов ГЭК.

Оценки **«отлично»**, **«хорошо»**, **«удовлетворительно»** означают успешное прохождение государственного аттестационного испытания, что является основанием для выдачи обучающемуся документа о высшем образовании и о квалификации образца, установленного Министерством образования и науки Российской Федерации.

Примерный перечень тем выпускных квалификационных работ

1. Мехатронная система управления роботом на базе гидроприводов.
2. Мехатронная система вальцешлифовального станка для обработки опорных валков стана 2000 ЛПЦ № 11 ОАО «ММК».
3. Мехатронная система центрирующей станции полосы АНГЦ ЛПЦ № 11 ОАО «ММК».
4. Мехатронная система передаточной тележки подъема рулонов АНГЦ ЛПЦ № 11 ОАО «ММК».
5. Мехатронная система руновязальной машины АНГЦ ЛПЦ № 11 ОАО «ММК».
6. Мехатронная система робота-маркировщика стана 2000 ЛПЦ № 11 ОАО «ММК».
7. Мехатронная система разматывателя АНГЦ ЛПЦ № 11 ОАО «ММК».
8. Мехатронная система подъема платформы ванны агрегата непрерывного горячего цинкования цеха покрытий ОАО «ММК».
9. Мехатронная система намоточного аппарата линии изготовления порошковой проволоки СПЦ ОАО «ММК».
10. Мехатронная система гидравлического механизма качания кристаллизатора.
11. Мехатронная система гидравлической настройки клетки стана 2000 ЛПЦ № 11 ОАО «ММК».