Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 05.06.2026 14:21:57
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский политехнический университет»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Кафедра «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики»

Г.Г. Надарейшвили, Р.Х. Курмаев, Д.В. Апелинский

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Методические указания по подготовке выпускной квалификационной работы для студентов, обучающихся по направлению 13.03.03, профиль «Поршневые двигатели и турбомашины»

Одобрено учебно-методической комиссией транспортного факультета

Москва 2025 г.

УДК 621.43
ББК 39.33-08
Н15

Методические указания содержат полный перечень требований к выполнению и защите выпускной квалификационной работы по направлению «Энергетическое машиностроение». В пособии изложены этапы подготовки ВКР: выбор темы, сбор исходных данных, структура пояснительной записки, состав графической части, требования к оформлению по ЕСКД и порядок защиты. Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профиль «Поршневые двигатели и турбомашины».

УДК 621.43
ББК 39.33-08

Системные требования: PC-совместимый процессор 1,3 ГГц и выше. Оперативная память (RAM): 256 Мб. Необходимо на винчестере: 350 Мб. Операционные системы: Windows, Mac OS. Видеосистема: разрешение экрана 1024x768. Дополнительные программные средства: Adobe Acrobat Reader 9 и выше.

ISBN 978-5-2760-2675-6

© Г.Г. Надарейшвили, Р.Х. Курмаев, Д.В. Апелинский, составление, 2025
© Московский Политех, 2025

Оглавление

1. Место государственной итоговой аттестации в структуре образовательной программы 6
2. Структура государственной итоговой аттестации (ГИА). 8
3. Характеристика профессиональной деятельности выпускников 10
3.1 Область профессиональной деятельности выпускников 10
3.2 Объекты профессиональной деятельности выпускников 10
3.3. Виды профессиональной деятельности выпускников 11
3.4. Профессиональные задачи выпускников 11
4. Планируемые результаты освоения образовательной программы, контролируемые в ходе ГИА 16
4.1. Универсальные компетенции (УК) 16
4.2. Общепрофессиональные компетенции (ОПК)..... 20
4.3. Профессиональные компетенции (ПК)..... 23
5. Требования к выпускной квалификационной работе..... 27
5.1. Общие требования к содержанию, объёму и структуре выпускной квалификационной работы 27
5.2. Состав выпускной квалификационной работы..... 28
5.3. Структура пояснительной записки выпускной квалификационной работы 29
5.4. Требования к оформлению выпускной квалификационной работы 33
6. Организация выполнения и защиты выпускной квалификационной работы 35
6.1. Порядок выполнения выпускной квалификационной работы 35
6.2. Процедура допуска к защите выпускной квалификационной работы 37
6.3. Процедура защиты выпускной квалификационной работы 40

7. Шкалы и критерии оценивания освоения образовательной программы в процессе выполнения и защиты ВКР 43
7.1. Оценка «отлично» 43
7.2. Оценка «хорошо» 46
7.3. Оценка «удовлетворительно» 48
7.4. Оценка «неудовлетворительно» 50
7.5. Итоговое оценивание 52
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение ГИА 54
8.1. Основная литература 54
8.2. Дополнительная литература 55
8.3. Интернет-ресурсы 56
8.4. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 56
8.5. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы 57
9. Материально-техническое обеспечение ГИА 59
9.1. Требования к аудитории для защиты выпускной квалификационной работы 59
9.2. Требования к компьютерной технике и мультимедийному оборудованию 59
9.3. Требования к печатной технике и расходным материалам 60
9.4. Требования к программному обеспечению на рабочих местах 61
9.5. Обеспечение доступа к электронным ресурсам 61
9.6. Дополнительные требования для демонстрации 3D-моделей и результатов расчётов 62
9.7. Обеспечение доступа для лиц с ограниченными возможностями здоровья 62
10. Особенности проведения ГИА для лиц с ограниченными возможностями здоровья 64
10.1. Особенности проведения ГИА для слепых и слабовидящих обучающихся 65

10.2. Особенности проведения ГИА для глухих и слабослышащих обучающихся, а также обучающихся с тяжелыми нарушениями речи 66
10.3. Особенности проведения ГИА для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата 67
10.4. Особенности проведения ГИА для лиц с ментальными нарушениями и расстройствами аутистического спектра 68
10.5. Общий порядок организации ГИА для лиц с ограниченными возможностями здоровья 68
Приложение 1. Паспорт фонда оценочных средств 70
Приложение 2. Примерная тематика выпускных квалификационных работ 107
Приложение 3. Рекомендуемая структура выпускной квалификационной работы 113
Приложение 4. Образец титульного листа пояснительной записки выпускной квалификационной работы 123
Приложение 5. Образец задания на выпускную квалификационную работу 128
Приложение 6. Образец отзыва руководителя выпускной квалификационной работы 135
Приложение 7. Образец рецензии на выпускную квалификационную работу 142
Приложение 8. Образец аннотации выпускной квалификационной работы 150
Приложение 9. Критерии оценки выпускной квалификационной работы членами государственной экзаменационной комиссии 156

1. Место государственной итоговой аттестации в структуре образовательной программы

Государственная итоговая аттестация относится к блоку Б3 «Государственная итоговая аттестация» учебного плана по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профиль «Поршневые двигатели и турбомашины». Данный блок завершает освоение образовательной программы и является обязательным для всех обучающихся.

Государственная итоговая аттестация проводится после полного выполнения обучающимся учебного плана, включая успешное освоение всех дисциплин (модулей) блока Б1, прохождение всех видов практик блока Б2 (учебных и производственных) и успешную сдачу всех промежуточных аттестаций, предусмотренных учебным планом. Допуск к государственной итоговой аттестации осуществляется при условии отсутствия у обучающегося академической задолженности и выполнения учебного плана в полном объёме.

Успешное прохождение государственной итоговой аттестации является обязательным условием для присвоения выпускнику квалификации «бакалавр» по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение» и выдачи диплома государственного образца о высшем образовании. Лицам, не прошедшим государственную итоговую аттестацию по уважительной причине, предоставляется возможность пройти её повторно без отчисления из университета. Лицам, не прошедшим государственную итоговую аттестацию по неуважительной причине или получившим на государственной итоговой аттестации неудовлетворительные результаты, отчисляется из университета с выдачей справки об обучении установленного образца. Они могут быть восстановлены для повторного прохождения государственной итоговой аттестации не ранее чем через десять месяцев и не позднее чем через пять лет после отчисления.

Государственная итоговая аттестация по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профиль

«Поршневые двигатели и турбомашины» проводится государственными экзаменационными комиссиями, которые создаются в порядке, установленном локальными нормативными актами Московского политехнического университета. Состав государственной экзаменационной комиссии утверждается приказом ректора университета и включает председателя комиссии (как правило, из числа представителей работодателей или ведущих специалистов профильных предприятий), заместителя председателя, членов комиссии и секретаря. Государственная экзаменационная комиссия действует в течение календарного года.

2. Структура государственной итоговой аттестации (ГИА)

Государственная итоговая аттестация обучающихся по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профиль «Поршневые двигатели и турбомашины» проводится в форме защиты выпускной квалификационной работы (бакалаврской работы). Государственный экзамен не предусмотрен федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по данному направлению подготовки и учебным планом.

Трудоёмкость государственной итоговой аттестации составляет 6 зачётных единиц. В соответствии с учебным планом на подготовку к процедуре защиты и защиту выпускной квалификационной работы отводится 324 академических часа. Государственная итоговая аттестация проводится в 8 семестре (последнем семестре обучения) в сроки, установленные календарным учебным графиком.

Структура государственной итоговой аттестации включает два последовательных этапа:

Первый этап — подготовка к процедуре защиты выпускной квалификационной работы. Данный этап включает выбор темы выпускной квалификационной работы, назначение руководителя, получение индивидуального задания, сбор и анализ исходных данных, выполнение теоретических и экспериментальных исследований, разработку конструкторской и технологической документации, оформление пояснительной записки и графической части работы, подготовку презентационных материалов, а также прохождение предварительной защиты (предзащиты) на кафедре «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики». В рамках этого этапа обучающийся также проходит нормоконтроль оформления выпускной квалификационной работы на соответствие требованиям Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и Единой системы технологической документации (ЕСТД), а также проверку текста работы на объём заимствований с использованием системы «Антиплагиат».

Второй этап — процедура защиты выпускной квалификационной работы. Данный этап представляет собой публичную защиту выпускной квалификационной работы перед государственной экзаменационной комиссией. В ходе защиты обучающийся представляет доклад (до 10 минут) с демонстрацией презентации (12–16 слайдов), графического материала и, при возможности, 3D-моделей и результатов расчётов. После доклада обучающийся отвечает на вопросы членов государственной экзаменационной комиссии. Секретарь комиссии зачитывает отзыв руководителя выпускной квалификационной работы и рецензию (при наличии). По результатам защиты комиссия на закрытом заседании выносит решение об оценке выпускной квалификационной работы (по четырёхбалльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно») и о присвоении выпускнику квалификации «бакалавр». Результаты защиты объявляются в день её проведения после оформления протокола заседания государственной экзаменационной комиссии.

Вся процедура государственной итоговой аттестации регламентируется федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», порядком проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования (приказ Минобрнауки России № 636 от 29.06.2015) и локальными нормативными актами Московского политехнического университета.

3. Характеристика профессиональной деятельности выпускников

3.1 Область профессиональной деятельности выпускников

Областями профессиональной деятельности и сферами профессиональной деятельности, в которых выпускники, освоившие программу бакалавриата по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профиль «Поршневые двигатели и турбомашины», могут осуществлять профессиональную деятельность, являются: 01 Образование и наука (в сфере научных исследований); 19 Добыча, переработка, транспортировка нефти и газа (в сфере разработки и эксплуатации энергетического оборудования для газотранспортных систем); 20 Электроэнергетика (в сфере энергетического машиностроения); 24 Атомная промышленность (в сфере разработки и эксплуатации двигателей внутреннего сгорания, тепломеханического и теплообменного основного и вспомогательного оборудования); 28 Производство машин и оборудования (в сфере проектирования энергетического оборудования). Программа бакалавриата ориентирована на область профессиональной деятельности 31 «Автомобилестроение». Выпускники могут осуществлять профессиональную деятельность в других областях профессиональной деятельности и (или) сферах профессиональной деятельности при условии соответствия уровня их образования и полученных компетенций требованиям к квалификации работника.

3.2 Объекты профессиональной деятельности выпускников

Объектами профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу бакалавриата, являются: газотурбинные,

паротурбинные, комбинированные установки и двигатели различного назначения, а также их компоненты на всех этапах жизненного цикла; энергетические комплексы для газоперекачивающих станций; энергетические установки на основе возобновляемых видов энергии; системы автоматического регулирования и управления работой энергетических машин, турбоустановок, двигателей и комплексов с различными формами преобразования энергии; вспомогательное оборудование, обеспечивающее функционирование энергетических объектов; двигатели внутреннего сгорания средств наземного, водного и воздушного транспорта, двигатели внутреннего сгорания средств малой механизации, комбинированные энергетические установки с двигателями внутреннего сгорания; исполнительные устройства, системы и устройства управления работой энергетических машин, установок, двигателей, аппаратов и комплексов с различными формами преобразования энергии; теплообменные аппараты; средства автоматики энергетических установок и комплексов; технологии и оборудование для энергетического машиностроения; конструктивные элементы двигателей внутреннего сгорания, определяющие надежность и экономичность энергетических установок.

3.3. Виды профессиональной деятельности выпускников

Выпускники, освоившие программу бакалавриата по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профиль «Поршневые двигатели и турбомашины», готовятся к решению задач профессиональной деятельности следующих типов: проектно-конструкторский; научно-исследовательский; производственно-технологический; эксплуатационный.

3.4. Профессиональные задачи выпускников

Выпускник, освоивший программу бакалавриата, в соответствии с видами профессиональной деятельности, на которые ориентирована программа, должен быть готов решать следующие профессиональные задачи.

В рамках проектно-конструкторского вида деятельности: разработка проектной и рабочей конструкторской документации на поршневые двигатели, турбомашины и их компоненты с использованием современных CAD-систем; создание параметрических 3D-моделей деталей со всеми конструктивными элементами; формирование сборочных единиц с заданными геометрическими сопряжениями; генерирование ассоциативных чертежей общего вида из 3D-моделей по стандартам ЕСКД; оформление сборочных чертежей узлов двигателей с разрезами и спецификациями; выпуск рабочих чертежей оригинальных деталей с полем допусков и шероховатостью; формирование электронного архива конструкторской документации; назначение обоснованных полей допусков и посадок для типовых сопряжений; простановка на чертежах допусков формы и расположения поверхностей; расчёт размерных цепей для обеспечения сборки узлов.

В рамках научно-исследовательского вида деятельности: проведение расчётно-теоретических исследований узлов и систем поршневых двигателей и турбомашин с применением методов математического и компьютерного моделирования (CAE); проведение комбинированного термомеханического анализа деталей, работающих в условиях высоких температур и механических нагрузок; выполнение анализа усталостной долговечности деталей при циклическом нагружении с учётом реального спектра нагрузок; осуществление параметрической и топологической оптимизации деталей для минимизации массы при соблюдении заданных ограничений по прочности, жёсткости и частоте собственных колебаний; построение расчётных сеток для моделирования течения во впускных трактах; получение распределения давления и скорости потока, оценка гидравлических потерь; верификация CFD-моделей по результатам термодинамического расчёта; выполнение верифицированных прочностных расчётов ответственных деталей кривошипно-шатунного механизма в CAE-среде на основе ранее

рассчитанных динамических нагрузок; проведение расчёта и анализа теплового состояния теплонапряжённых узлов с применением методов сопряжённого теплообмена; расчёт и анализ контактных давлений и зазоров в узлах трения для оценки потерь на трение и износ; планирование и проведение экспериментальных исследований (испытаний) поршневых двигателей, турбомашин и их компонентов; разработка программ и методик стендовых испытаний двигателей по заданным параметрам; подбор средств измерений для конкретных испытаний; обработка статистических данных испытаний, оценка погрешности измерений; проведение испытаний автомобилей на беговых барабанах по утверждённым циклам для определения соответствия нормам выбросов токсичных веществ; обработка данных газоанализаторов, отбор проб, расчёт массовых выбросов вредных веществ; планирование и выполнение сравнительных экспериментов по оценке эффективности компонентов систем нейтрализации отработавших газов; разработка планов виброакустических испытаний силовых агрегатов на стендах; обработка данных с акселерометров и микрофонов, построение спектров виброускорения и шума; сравнение результатов с нормативными уровнями, формулирование выводов о соответствии.

В рамках производственно-технологического вида деятельности: оценка технологичности конструкций, разработка и сопровождение технологических процессов изготовления деталей и сборки узлов поршневых двигателей и турбомашин; проведение анализа технологичности деталей, выявление сложных для изготовления элементов; разработка маршрутных технологических процессов изготовления деталей; составление операционных карт на операции механической обработки с эскизами, режимами резания и оснасткой; обоснование выбора материалов для деталей исходя из условий работы, технологии изготовления и стоимости; определение необходимых видов и параметров термообработки для достижения заданных свойств; оценка влияния материала на выбор метода получения заготовки; внесение изменений в конструкцию деталей для повышения их технологичности без ущерба для функции; выбор рациональных конструктивных форм, ориентированных на конкретные методы

обработки; разработка технологических процессов сборки узлов; контроль соблюдения технологической дисциплины при изготовлении изделий; организация рабочих мест и их технологическое оснащение с размещением технологического оборудования; организация метрологического обеспечения технологических процессов, использование типовых методов контроля качества выпускаемой продукции; обслуживание технологического оборудования для реализации технологических процессов; участие в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции; подготовка технической документации по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках; контроль соблюдения экологической безопасности проведения работ; наладка, настройка, регулирование и сдача в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции.

В рамках эксплуатационного вида деятельности: выполнение диагностики, анализ причин неисправностей и дефектов поршневых двигателей и турбомашин в процессе их эксплуатации и испытаний, разработка мероприятий по их устранению; построение «дерева отказов» для типовых неисправностей двигателей; разработка алгоритмов пошаговой диагностики неисправностей электронных систем управления; составление технологических карт на ремонт конкретных дефектов; расшифровка кодов неисправностей (OBD-II), считанных со штатного диагностического разъёма; анализ параметров двигателя в реальном времени с помощью диагностических сканеров, выявление аномалий; определение неисправных элементов систем управления по косвенным признакам и данным сканирования; проведение диагностики герметичности газовых магистралей с помощью течеискателей; выполнение регулировки и диагностики газовых редукторов по давлению на выходе; разработка рекомендаций по замене и обслуживанию элементов газобаллонного оборудования на основе пробега и выявленных дефектов; диагностика технологического оборудования, средств измерения, контроля и управления технологическими процессами; проверка технического состояния и остаточного ресурса технологического оборудования, организация профилактических

осмотров и текущего ремонта; приёмка и освоение вводимого оборудования; составление инструкций по эксплуатации оборудования и программ испытаний; составление заявок на оборудование и запасные части, подготовка технической документации на его ремонт; анализ результатов производственной деятельности, подготовка и ведение технической, технологической и эксплуатационной документации.

4. Планируемые результаты освоения образовательной программы, контролируемые в ходе ГИА

В процессе подготовки и проведения государственной итоговой аттестации (в ходе подготовки к защите выпускной квалификационной работы и в ходе процедуры защиты выпускной квалификационной работы) у выпускника проверяется сформированность следующих универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций.

4.1. Универсальные компетенции (УК)

УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач. Индикаторы достижения: ИУК-1.1 (анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие); ИУК-1.2 (осуществляет поиск, критически оценивает, обобщает, систематизирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи); ИУК-1.3 (рассматривает и предлагает рациональные варианты решения поставленной задачи, используя системный подход, критически оценивает их достоинства и недостатки). Данная компетенция проверяется в ходе подготовки к защите выпускной квалификационной работы (при выполнении аналитического обзора, формулировании цели и задач работы) и в ходе процедуры защиты (при обосновании принятых решений и ответах на вопросы).

УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений. Индикаторы достижения: ИУК-2.1 (формулирует совокупность задач в рамках поставленной цели проекта, решение которых обеспечивает ее достижение); ИУК-2.2 (определяет связи между поставленными задачами, основными компонентами проекта и ожидаемыми результатами его реализации); ИУК-2.3

(выбирает оптимальные способы планирования, распределения зон ответственности, решения задач, анализа результатов с учетом действующих правовых норм, имеющихся условий, ресурсов и ограничений, возможностей использования). Данная компетенция проверяется в ходе подготовки к защите выпускной квалификационной работы (при разработке структуры работы и планировании этапов выполнения) и в ходе процедуры защиты (при обосновании выбранных методов и решений).

УК-3. Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде. Индикаторы достижения: ИУК-3.1 (определяет свою роль в команде, исходя из стратегии сотрудничества для достижения поставленной цели, учитывая особенности поведения и интересы других участников команды); ИУК-3.2 (планирует и анализирует последствия личных действий, адекватно оценивает идеи и предложения других участников для достижения поставленной цели в командной работе); ИУК-3.3 (осуществляет обмен информацией, знаниями и опытом с членами команды, соблюдая установленные нормы и правила социального взаимодействия, несет личную ответственность за свой вклад в результат командной работы). Данная компетенция проверяется в ходе подготовки к защите выпускной квалификационной работы (при взаимодействии с руководителем, консультантами, рецензентом) и в ходе процедуры защиты (при общении с членами государственной экзаменационной комиссии).

УК-4. Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном (ых) языке (ах). Индикаторы достижения: ИУК-4.1 (учитывает особенности деловой коммуникации на государственном и иностранном языках в зависимости от особенностей вербальных и невербальных средств общения); ИУК-4.2 (умеет вести обмен деловой информацией в устной и письменной формах на государственном и иностранном языках с учетом своеобразия стилистики официальных и неофициальных писем, а также социокультурных различий в формате корреспонденции); ИУК-4.3 (выполняет перевод профессиональных текстов с иностранного языка на государственный язык РФ и с государственного языка РФ на иностранный). Данная компетенция проверяется в ходе

подготовки к защите выпускной квалификационной работы (при оформлении пояснительной записки, аннотации, списка литературы) и в ходе процедуры защиты (при подготовке и произнесении доклада, ответах на вопросы).

УК-5. Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах. Индикаторы достижения: ИУК-5.1 (анализирует и интерпретирует события, современное состояние общества, проявления его межкультурного разнообразия в социально-историческом, этическом и философском контекстах); ИУК-5.2 (осознает систему общечеловеческих ценностей, понимает значение для развития цивилизаций исторического наследия и социокультурных традиций различных социальных групп, этносов и конфессий, а также мировых религий, философских и этических учений); ИУК-5.3 (взаимодействует с людьми с учетом социокультурных особенностей в целях успешного выполнения профессиональных задач и социальной интеграции). Данная компетенция проверяется в ходе подготовки к защите выпускной квалификационной работы (при анализе отечественного и зарубежного опыта в области двигателестроения) и в ходе процедуры защиты (при обсуждении результатов работы).

УК-6. Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни. Индикаторы достижения: ИУК-6.1 (использует инструменты и методы управления временем при выполнении конкретных задач, проектов, при достижении поставленных целей); ИУК-6.2 (определяет приоритеты собственной деятельности, личностного развития и профессионального роста); ИУК-6.3 (демонстрирует готовность к построению профессиональной карьеры и определению стратегии профессионального развития на основе оценки требований рынка труда, предложений рынка образовательных услуг и с учетом личностных возможностей и предпочтений). Данная компетенция проверяется в ходе подготовки к защите выпускной квалификационной работы (при соблюдении календарного плана выполнения работы) и в ходе процедуры защиты (при оценке готовности выпускника к профессиональной деятельности).

УК-7. Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности. Индикаторы достижения: ИУК-7.1 (грамотно выбирает методы здоровьесбережения для поддержания здорового образа жизни с учетом физиологических особенностей организма и условий реализации профессиональной деятельности); ИУК-7.2 (поддерживает оптимальный уровень физической нагрузки для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности); ИУК-7.3 (соблюдает нормы здорового образа жизни в различных жизненных ситуациях и в профессиональной деятельности). Данная компетенция проверяется в ходе подготовки к защите выпускной квалификационной работы (при организации режима труда и отдыха в период выполнения работы) и в ходе процедуры защиты (оценивается опосредованно).

УК-8. 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. Индикаторы достижения: ИУК-8.1 (анализирует и идентифицирует факторы вредного влияния на жизнедеятельность элементов среды обитания, а также опасные и вредные факторы в рамках осуществляемой деятельности); ИУК-8.2 (понимает важность поддержания безопасных условий труда и жизнедеятельности, сохранения природной среды для обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе возникновения опасных или чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов); ИУК-8.3 (разъясняет правила поведения при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного происхождения и военных конфликтов, описывает способы участия в восстановительных мероприятиях). Данная компетенция проверяется в ходе подготовки к защите выпускной квалификационной работы (при разработке раздела по безопасности и экологичности проектных решений) и в ходе процедуры защиты (при ответах на вопросы по данной тематике).

УК-9. Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности. Индикаторы

достижения: ИУК-9.1 (понимает базовые принципы функционирования макроэкономики и экономического развития, цели и виды участия государства в экономике); ИУК-9.2 (представляет основные закономерности функционирования микроэкономики и факторы, обеспечивающие рациональное использование ресурсов и достижение эффективных результатов деятельности); ИУК-9.3 (применяет методы экономического и финансового планирования для достижения личных финансовых целей, использует адекватные поставленным целям финансовые инструменты управления личным бюджетом, оптимизирует собственные финансовые риски). Данная компетенция проверяется в ходе подготовки к защите выпускной квалификационной работы (при выполнении экономического обоснования проектных решений) и в ходе процедуры защиты (при ответах на вопросы по экономической части работы).

УК-10. Способен формировать нетерпимое отношение к проявлениям экстремизма, терроризма, коррупционному поведению и противодействовать им в профессиональной деятельности. Индикаторы достижения: ИУК-10.1 (понимает сущность экстремизма, терроризма, коррупции, опасность их разрушительного влияния на социальные, экономические и иные отношения в гражданском обществе); ИУК-10.2 (умеет применять правовые нормы, обеспечивающие противодействие экстремизму, терроризму, коррупции и профилактику их проявлений в сфере профессиональной деятельности); ИУК-10.3 (владеет средствами формирования нетерпимого отношения к проявлениям экстремизма, терроризма и коррупционного поведения, и противодействия им в профессиональной деятельности). Данная компетенция проверяется в ходе подготовки к защите выпускной квалификационной работы (при соблюдении требований академической честности и авторского права) и в ходе процедуры защиты (оценивается опосредованно).

4.2. Общепрофессиональные компетенции (ОПК)

ОПК-1. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности. Индикаторы достижения: ИОПК-1.1 (знает основы информационных технологий); ИОПК-1.2 (умеет выполнять практические работы по настройке компьютерной техники); ИОПК-1.3 (владеет навыками работы с прикладным программным обеспечением); ИОПК-1.4 (понимает принципы работы современных информационных технологий и может использовать их для решения задач по разработке, проектированию и испытаниям энергетических установок). Данная компетенция проверяется в ходе подготовки к защите выпускной квалификационной работы (при использовании CAD/CAE/CFD-систем, офисных приложений) и в ходе процедуры защиты (при демонстрации результатов моделирования и расчётов).

ОПК-2. Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения при разработке, проектировании и испытаниях энергетических установок. Индикаторы достижения: ИОПК-2.1 (умеет разрабатывать алгоритмы и создавать компьютерные программы, пригодные для практического применения при разработке, проектировании и испытаниях энергетических установок). Данная компетенция проверяется в ходе подготовки к защите выпускной квалификационной работы (при разработке алгоритмов расчётов, обработки данных, программировании в средах Mathcad, MATLAB, при создании пользовательских скриптов в CAD/CAE-системах) и в ходе процедуры защиты (при обосновании разработанных алгоритмов).

ОПК-3. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач. Индикаторы достижения: ИОПК-3.1 (умеет применять соответствующий физико-математический аппарат при решении профессиональных задач); ИОПК-3.2 (умеет применять методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач). Данная компетенция проверяется в ходе подготовки к защите выпускной квалификационной работы

(при выполнении расчётов, моделировании, анализе результатов) и в ходе процедуры защиты (при обосновании корректности применённых методов).

ОПК-4. Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин. Индикаторы достижения: ИОПК-4.1 (умеет использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин). Данная компетенция проверяется в ходе подготовки к защите выпускной квалификационной работы (при проектировании систем электрооборудования и автоматики энергетических установок) и в ходе процедуры защиты (при ответах на вопросы по электротехнической части работы).

ОПК-5. Способен использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчётах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности. Индикаторы достижения: ИОПК-5.1 (умеет использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчётах параметров и режимов при разработке, проектировании и испытаниях энергетических установок); ИОПК-5.1 (умеет рассчитывать элементы и параметры энергетических машин и установок с учётом свойств конструкционных материалов). Данная компетенция проверяется в ходе подготовки к защите выпускной квалификационной работы (при выборе материалов для деталей, при прочностных и тепловых расчётах) и в ходе процедуры защиты (при обосновании выбора материалов).

ОПК-6. Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности. Индикаторы достижения: ИОПК-6.1 (умеет проводить измерения электрических и неэлектрических величин при разработке, проектировании и испытаниях энергетических установок). Данная компетенция проверяется в ходе подготовки к защите выпускной квалификационной работы (при разработке программ и методик испытаний, подборе средств измерений) и в ходе процедуры защиты (при ответах на вопросы по метрологическому обеспечению).

4.3. Профессиональные компетенции (ПК)

ПК-1. Способен разрабатывать проектную и рабочую конструкторскую документацию на поршневые двигатели, турбомашины и их компоненты с использованием современных CAD-систем. Индикаторы достижения: ИПК-1.1 (способен создавать параметрическую 3D-модель детали со всеми конструктивными элементами); ИПК-1.2 (способен сформировывать сборочную единицу с заданными геометрическими сопряжениями); ИПК-1.3 (способен генерировать ассоциативный чертёж общего вида из 3D-модели по стандартам ЕСКД); ИПК-1.4 (способен оформлять сборочный чертёж узла двигателя с разрезами и спецификацией); ИПК-1.5 (способен выпускать рабочие чертежи оригинальных деталей с полем допусков и шероховатостью); ИПК-1.6 (способен формировать электронный архив КД, структуру изделия); ИПК-1.7 (способен назначать обоснованные поля допусков и посадки для типовых сопряжений); ИПК-1.8 (способен проставлять на чертежах допуски формы и расположения поверхностей); ИПК-1.9 (способен рассчитывать размерную цепь для обеспечения сборки узла). Данная компетенция проверяется в ходе подготовки к защите выпускной квалификационной работы (при разработке конструкторской документации, создании 3D-моделей и чертежей) и в ходе процедуры защиты (при демонстрации разработанной документации и обосновании конструкторских решений).

ПК-2. Способен проводить расчетно-теоретические исследования узлов и систем поршневых двигателей и турбомашин с применением методов математического и компьютерного моделирования (CAE). Индикаторы достижения: ИПК-2.1 (способен проводить комбинированный термомеханический анализ детали, работающей в условиях высоких температур и механических нагрузок); ИПК-2.2 (способен выполнять анализ усталостной долговечности детали при циклическом нагружении, учитывая реальный спектр нагрузок); ИПК-2.3 (способен осуществлять параметрическую и топологическую оптимизацию детали для минимизации массы

при соблюдении заданных ограничений по прочности, жёсткости и частоте собственных колебаний); ИПК-2.4 (способен строить расчётную сетку для моделирования течения во впускном тракте); ИПК-2.5 (способен получать распределение давления и скорости потока, оценивать гидравлические потери); ИПК-2.6 (способен верифицировать CFD-модель по результатам термодинамического расчёта); ИПК-2.7 (способен выполнять верифицированный прочностной расчёт ответственной детали кривошипно-шатунного механизма в CAE-среде на основе ранее рассчитанных динамических нагрузок); ИПК-2.8 (способен проводить расчёт и анализ теплового состояния теплонапряжённого узла с применением методов сопряжённого теплообмена); ИПК-2.9 (способен рассчитывать и анализировать контактные давления и зазоры в узле трения «гильза цилиндра – поршневое кольцо» для оценки потерь на трение и износ). Данная компетенция проверяется в ходе подготовки к защите выпускной квалификационной работы (при выполнении расчётно-теоретической части работы) и в ходе процедуры защиты (при обосновании корректности расчётов и анализе полученных результатов).

ПК-3. Способен планировать и проводить экспериментальные исследования (испытания) поршневых двигателей, турбомашин и их компонентов, обрабатывать и анализировать полученные данные, формулировать выводы и технические рекомендации. Индикаторы достижения: ИПК-3.1 (способен разрабатывать программу и методику стендовых испытаний двигателя по заданным параметрам); ИПК-3.2 (способен подбирать средства измерений для конкретных испытаний); ИПК-3.3 (способен обрабатывать статистические данные испытаний, оценивать погрешность измерений); ИПК-3.4 (способен разрабатывать программу и проводить испытания автомобиля на беговых барабанах по утверждённому циклу для определения соответствия нормам выбросов токсичных веществ); ИПК-3.5 (способен обработать данные газоанализатора, выполнять отбор проб, рассчитывать массовые выбросы вредных веществ); ИПК-3.6 (способен планировать и выполнять сравнительные эксперименты по оценке эффективности компонентов системы нейтрализации отработавших газов); ИПК-3.7 (способен разработать план

виброакустических испытаний силового агрегата на стенде); ИПК-3.8 (способен обработать данные с акселерометров и микрофонов, строить спектры виброускорения и шума); ИПК-3.9 (способен сравнивать результаты с нормативными уровнями, делать вывод о соответствии). Данная компетенция проверяется в ходе подготовки к защите выпускной квалификационной работы (при разработке программ испытаний, обработке экспериментальных данных) и в ходе процедуры защиты (при обосновании результатов экспериментальных исследований).

ПК-4. Способен оценивать технологичность конструкций, разрабатывать и сопровождать технологические процессы изготовления деталей и сборки узлов поршневых двигателей и турбомашин. Индикаторы достижения: ИПК-4.1 (способен проводить анализ технологичности детали, выявить сложные для изготовления элементы); ИПК-4.2 (способен разрабатывать маршрутный технологический процесс изготовления детали); ИПК-4.3 (способен составлять операционную карту на одну операцию механической обработки с эскизом, режимами резания и оснасткой); ИПК-4.4 (способен обосновать выбор материала для детали, исходя из условий работы, технологии изготовления и стоимости); ИПК-4.5 (способен определять необходимый вид и параметры термообработки для достижения заданных свойств); ИПК-4.6 (способен оценивать влияние материала на выбор метода получения заготовки); ИПК-4.7 (способен вносить изменения в конструкцию детали для повышения её технологичности без ущерба для функции); ИПК-4.8 (способен выбирать рациональные конструктивные формы, ориентированные на конкретный метод обработки); ИПК-4.9 (способен разрабатывать технологический процесс сборки узла). Данная компетенция проверяется в ходе подготовки к защите выпускной квалификационной работы (при разработке технологической части работы) и в ходе процедуры защиты (при обосновании принятых технологических решений).

ПК-5. Способен выполнять диагностику, анализировать причины неисправностей и дефектов поршневых двигателей и турбомашин в процессе их эксплуатации и испытаний, разрабатывать мероприятия по их устранению. Индикаторы достижения: ИПК-5.1 (способен строить «дерево отказов» для типовой неисправности двигателя); ИПК-5.2 (способен

разработать алгоритм пошаговой диагностики неисправности электронной системы управления); ИПК-5.3 (способен составлять технологическую карту на ремонт конкретного дефекта); ИПК-5.4 (способен расшифровывать коды неисправностей OBD-II, считанные со штатного диагностического разъёма); ИПК-5.5 (способен анализировать параметры двигателя в реальном времени с помощью диагностического сканера, выявлять аномалии); ИПК-5.6 (способен определять неисправный элемент системы управления по косвенным признакам и данным сканирования); ИПК-5.7 (способен проводить диагностику герметичности газовой магистрали с помощью течеискателя); ИПК-5.8 (способен выполнять регулировку и диагностику газового редуктора по давлению на выходе); ИПК-5.9 (способен разработать рекомендации по замене и обслуживанию элементов газобаллонного оборудования на основе пробега и выявленных дефектов). Данная компетенция проверяется в ходе подготовки к защите выпускной квалификационной работы (при разработке эксплуатационно-диагностической части работы) и в ходе процедуры защиты (при обосновании мероприятий по устранению неисправностей).

Таким образом, в ходе государственной итоговой аттестации оценивается сформированность всех десяти универсальных компетенций, шести общепрофессиональных компетенций и пяти профессиональных компетенций, установленных образовательной программой. При этом этап подготовки к защите выпускной квалификационной работы преимущественно проверяет способность обучающегося самостоятельно выполнять исследование, разрабатывать конструкторскую и технологическую документацию, проводить расчёты и анализ. Этап процедуры защиты проверяет способность публично представить результаты работы, аргументированно отвечать на вопросы, обосновывать принятые решения и выводы.

5. Требования к выпускной квалификационной работе

5.1. Общие требования к содержанию, объёму и структуре выпускной квалификационной работы

Выпускная квалификационная работа бакалавра представляет собой законченную самостоятельную учебно-исследовательскую работу, в которой решается конкретная задача, актуальная для двигателестроения и энергетического машиностроения. Работа должна соответствовать видам и задачам профессиональной деятельности выпускника, демонстрировать уровень подготовленности выпускника к самостоятельной профессиональной деятельности, способность применять полученные знания, умения и сформированные компетенции для решения конкретных инженерных задач в области проектирования, расчёта, технологической подготовки производства, испытаний и эксплуатации поршневых двигателей и турбомашин.

По своему назначению, срокам подготовки и содержанию выпускная квалификационная работа является учебно-квалификационной. Она предназначена для выявления подготовленности выпускника к выполнению профессиональных задач на уровне требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования в части, касающейся минимума содержания и качества подготовки, а также к продолжению образования по образовательно-профессиональной программе следующей ступени (магистратура).

Выпускная квалификационная работа должна быть связана с разработкой конкретных теоретических, расчётных, конструкторских или экспериментальных вопросов, являющихся частью научно-исследовательских, учебно-методических или опытно-конструкторских работ, проводимых кафедрой «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики», либо выполняемых по заказу предприятий-партнёров

двигателестроительной отрасли. Работа должна являться результатом разработок, в которых выпускник принимал непосредственное участие, и отражать личный вклад автора в используемые в работе результаты.

Рекомендуемый объём пояснительной записки выпускной квалификационной работы составляет 60–80 страниц машинописного текста (без учёта приложений). Текст работы выполняется на русском языке. Допускается включение в работу отдельных фрагментов на иностранном языке (аннотация, термины, названия программных продуктов, единицы измерения в иностранных источниках) с обязательным переводом или пояснением.

К тексту выпускной квалификационной работы предъявляются требования по уникальности. Доля оригинального текста (исключая корректные цитирования и общеупотребительные термины) должна составлять не менее 75 процентов от общего объёма работы. Проверка на объём заимствований осуществляется с использованием системы «Антиплагиат» в порядке, установленном локальными нормативными актами Московского политехнического университета.

5.2. Состав выпускной квалификационной работы

Выпускная квалификационная работа включает следующие составные части:

Пояснительная записка представляет собой основной документ, содержащий систематизированное изложение результатов теоретических, расчётных, конструкторских и экспериментальных исследований. Пояснительная записка оформляется в виде сброшюрованного (прошитого) документа на листах формата А4. К пояснительной записке прилагается электронная копия на внешнем носителе.

Графическая часть выпускной квалификационной работы представляет собой комплект чертежей и схем, иллюстрирующих основные результаты работы. Объём графической части

составляет 6–8 листов формата А1. Допускается замена части чертежей (до 50 процентов объёма) презентационными слайдами высокого качества, содержащими результаты 3D-моделирования, CAE-анализа, графики зависимостей и схемы. Графическая часть должна быть выполнена в соответствии с требованиями Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и Единой системы технологической документации (ЕСТД).

Презентация для защиты выпускной квалификационной работы представляет собой электронный документ, выполненный в программной среде PowerPoint (или совместимой с ней). Презентация содержит 12–16 слайдов, наглядно отражающих актуальность работы, цель и задачи, основные результаты по каждому этапу сквозного проекта, выводы и рекомендации. В презентацию обязательно включаются: 3D-модели проектируемых узлов и деталей, результаты CAE-анализа (поля напряжений, температур, давлений, скоростей), чертежи, технологические схемы, результаты экономического обоснования.

5.3. Структура пояснительной записки выпускной квалификационной работы

Структура пояснительной записки выпускной квалификационной работы формируется в строгом соответствии с этапами сквозного проекта, реализуемого обучающимся на протяжении всего периода обучения. Это обеспечивает логическую непрерывность между курсовыми работами, практиками и итоговой аттестацией, а также позволяет представить результаты сквозного проектирования как единое целое.

Титульный лист оформляется в соответствии с установленным образцом и содержит полное наименование министерства, университета, факультета, кафедры, направление подготовки, профиль, тему работы, сведения об авторе, руководителе, нормоконтролёре, заведующем кафедрой, город и год выполнения.

Задание на выпускную квалификационную работу выдаётся руководителем, утверждается заведующим кафедрой и содержит тему работы, исходные данные, перечень подлежащих разработке вопросов, календарный план выполнения работы, перечень графического и иллюстративного материала, сведения о консультантах.

Аннотация (реферат) представляет собой краткую характеристику работы объёмом до 2000 знаков. Аннотация включает: объём работы в страницах, количество рисунков, таблиц, источников информации; перечень ключевых слов (от 5 до 15); объект исследования; цель работы; краткое содержание работы по разделам; основные результаты и выводы.

Содержание включает наименования всех разделов, подразделов и приложений с указанием номеров страниц, с которых они начинаются.

Введение содержит обоснование актуальности выбранной темы, формулировку цели и задач выпускной квалификационной работы, описание объекта и предмета исследования, указание на методы исследования, а также краткую характеристику структуры работы. Объём введения составляет 2–3 страницы.

Аналитическая часть и техническое задание (соответствует этапу 1 сквозного проекта «Анализ и техническое предложение») содержит: обзор научно-технической и патентной литературы по теме работы; анализ существующих конструкций-прототипов поршневых двигателей и турбомашин; обоснование выбора прототипа; формулирование цели и задач проектирования; разработку технического задания на проектируемый узел или систему; определение исходных данных для проектирования; выбор критериев эффективности проектных решений. Объём данного раздела — 10–15 страниц.

Конструкторская часть (соответствует этапу 2 сквозного проекта «CAD. Освоение» и части этапа 4 «Разработка конструкторской документации») содержит: описание разработанной 3D-модели проектируемого узла; обоснование выбора CAD-системы; параметрическое описание моделей деталей; описание сборочной единицы с заданными геометрическими сопряжениями; анализ интерференций; описание разработанного комплекта конструкторской

документации (сборочный чертёж, спецификация, рабочие чертежи деталей); назначение полей допусков, посадок, шероховатости, допусков формы и расположения поверхностей; расчёт размерных цепей. Результаты 3D-моделирования и чертежи представляются в тексте пояснительной записки в виде скриншотов и выносок, а также в приложениях. Объём данного раздела — 15–20 страниц.

Расчётно-исследовательская часть (соответствует этапу 3 сквозного проекта «CAE. Расчёты») содержит: обоснование выбора CAE-системы и методов расчёта; описание расчётной модели (геометрия, конечно-элементная или конечно-объёмная сетка, граничные условия, нагрузки); результаты прочностного расчёта (поля напряжений, деформаций, коэффициенты запаса прочности); результаты теплового расчёта (поля температур, тепловые потоки); результаты газодинамического расчёта (поля давлений, скоростей, гидравлические потери); анализ усталостной долговечности при циклическом нагружении; параметрическую и топологическую оптимизацию деталей; верификацию расчётных моделей (сравнение с теоретическими данными или результатами испытаний); выводы по результатам расчётов и рекомендации по оптимизации конструкции. Результаты CAE-анализа представляются в виде цветовых карт, графиков и таблиц. Объём данного раздела — 15–20 страниц.

Технологическая часть (соответствует этапу 4 сквозного проекта «Разработка конструкторской документации» в части технологической подготовки) содержит: анализ технологичности разработанных деталей; выявление сложных для изготовления элементов; обоснование выбора материала деталей с учётом условий работы, технологии изготовления и стоимости; определение метода получения заготовки; назначение вида и параметров термообработки; разработку маршрутного технологического процесса изготовления детали; разработку операционной карты на одну операцию механической обработки с эскизом, режимами резания и оснасткой; разработку технологического процесса сборки узла. Объём данного раздела — 10–15 страниц.

Эксплуатационная и диагностическая часть (соответствует этапу 5 сквозного проекта «Интеграция, защита ВКР») содержит:

анализ типовых неисправностей проектируемого узла или системы; построение «дерева отказов»; разработку алгоритмов пошаговой диагностики неисправностей; описание методов и средств диагностики; разработку технологических карт на ремонт конкретных дефектов; рекомендации по эксплуатации и техническому обслуживанию; вопросы безопасности при эксплуатации; при наличии тематики, связанной с газобаллонным оборудованием или электронными системами управления, — соответствующие разделы по диагностике и обслуживанию. Объём данного раздела — 10–12 страниц.

Экономическое обоснование и вопросы сертификации содержит: технико-экономическое обоснование проектных решений; расчёт затрат на разработку и (или) изготовление; оценку экономической эффективности внедрения разработанных решений; при необходимости — расчёт экономического эффекта от снижения расхода топлива, увеличения ресурса, снижения себестоимости; обоснование рыночной перспективности разработки; вопросы сертификации и подтверждения соответствия (при наличии соответствующих требований). Объём данного раздела — 8–10 страниц.

Заключение содержит краткое последовательное, логически стройное изложение полученных результатов и выводов по работе. Выводы должны соответствовать поставленным во введении задачам. В заключении также указываются основные научно-технические и практические результаты работы, возможности их внедрения, а также перспективы дальнейших исследований и разработок. Объём заключения — 2–3 страницы.

Список использованных источников и литературы включает все источники, на которые имеются ссылки в тексте работы. Список должен содержать не менее 30–40 наименований, включая учебную и научную литературу, нормативно-техническую документацию (ГОСТы, СНиПы, стандарты предприятия), патентные материалы, электронные ресурсы. Список оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1 и ГОСТ 7.82.

Приложения содержат вспомогательный материал, дополняющий основной текст: копии чертежей формата А1 в уменьшенном масштабе, распечатки 3D-моделей, подробные расчётные таблицы, листинги программ (при наличии), акты

внедрения (при наличии), иллюстрации вспомогательного характера.

5.4. Требования к оформлению выпускной квалификационной работы

Оформление выпускной квалификационной работы должно соответствовать требованиям государственных стандартов (ЕСКД, ЕСТД) и локальным нормативным актам Московского политехнического университета.

Текст пояснительной записки печатается на листах белой бумаги формата А4 (297×210 мм) с одной стороны листа. Поля страницы должны иметь следующие размеры: левое — 30 мм, правое — 10 мм, верхнее — 15 мм, нижнее — 20 мм. Текст печатается через полтора интервала шрифтом Times New Roman, 14 кегль (для сносок — 12 кегль). Основной цвет шрифта — чёрный.

Нумерация страниц — сквозная, начиная с титульного листа (номер на титульном листе не проставляется). Номера страниц размещаются в правом верхнем углу без дополнительных знаков. Каждый раздел (введение, главы, заключение, список литературы, каждое приложение) начинается с новой страницы. Заголовки разделов выделяются полужирным шрифтом и располагаются по центру строки.

Иллюстрации (рисунки, схемы, графики, диаграммы, скриншоты 3D-моделей и CAE-анализа) нумеруются арабскими цифрами сквозной нумерацией (рисунок 1, рисунок 2 и т.д.) или в пределах раздела (рисунок 1.1, рисунок 1.2). Каждая иллюстрация должна иметь подпись, расположенную под иллюстрацией по центру. На все иллюстрации в тексте должны быть даны ссылки.

Таблицы нумеруются аналогично иллюстрациям. Каждая таблица должна иметь заголовок, расположенный над таблицей слева. На все таблицы в тексте должны быть даны ссылки. Заголовки граф таблицы указываются в единственном числе, все слова даются без сокращений.

Формулы и уравнения выделяются из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы оставляется не менее одной свободной строки. Формулы нумеруются арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке. Пояснение значений символов и числовых коэффициентов приводится непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они даны в формуле.

Ссылки на использованные источники оформляются в квадратных скобках с указанием номера источника в списке литературы и, при необходимости, номера страницы (например, [15, с. 44]). Заимствования текста без ссылки на источник не допускаются.

Оформление чертежей и другой конструкторской документации должно выполняться в полном соответствии с требованиями Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) — ГОСТ 2.001–2.125. Оформление технологической документации должно выполняться в соответствии с требованиями Единой системы технологической документации (ЕСТД) — ГОСТ 3.1001–3.1130. При оформлении чертежей используются масштабы, установленные ГОСТ 2.302, типы линий — по ГОСТ 2.303, шрифты — по ГОСТ 2.304. На каждом чертеже должна быть заполнена основная надпись по ГОСТ 2.104.

Презентация для защиты выполняется в программной среде PowerPoint (или совместимой) в формате 16:9 или 4:3. На слайдах не допускается избыточного текста; предпочтительны визуальные формы представления информации: схемы, графики, диаграммы, скриншоты 3D-моделей и результатов расчётов. Слайды нумеруются. Презентация должна быть согласована с руководителем выпускной квалификационной работы.

Электронная копия выпускной квалификационной работы (пояснительная записка в формате PDF, графическая часть в формате PDF или в исходных форматах CAD-систем, презентация в формате PowerPoint) сдаётся на кафедру после успешной защиты. Электронная копия должна точно соответствовать печатному оригиналу.

6. Организация выполнения и защиты выпускной квалификационной работы

6.1. Порядок выполнения выпускной квалификационной работы

Выполнение выпускной квалификационной работы обучающимися организуют и контролируют декан транспортного факультета, заведующий кафедрой «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики», а также научный руководитель выпускной квалификационной работы. Руководитель выпускной квалификационной работы непосредственно организует и контролирует выполнение обучающимся выпускной квалификационной работы.

Выполнение выпускной квалификационной работы включает следующие основные этапы.

Выбор темы выпускной квалификационной работы. Темы выпускных квалификационных работ определяются кафедрой «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики» и утверждаются приказом ректора университета. Обучающемуся предоставляется право выбора темы выпускной квалификационной работы из утверждённого на кафедре перечня тем. По письменному заявлению обучающегося на имя заведующего кафедрой обучающийся может предложить тему самостоятельно, обосновав целесообразность её разработки для практического применения в соответствующей области профессиональной деятельности или на конкретном объекте профессиональной деятельности. Тематика выпускных квалификационных работ должна соответствовать этапам сквозного проекта и отражать актуальные задачи проектирования, расчёта, технологической подготовки, испытаний и эксплуатации поршневых двигателей и турбомашин.

Назначение руководителя выпускной квалификационной работы. Для подготовки выпускной квалификационной работы за обучающимся приказом ректора университета закрепляется руководитель выпускной квалификационной работы из числа педагогических работников кафедры «Энергоустановки для

транспорта и малой энергетики», имеющих учёную степень и (или) учёное звание, а также практический опыт работы в области двигателестроения. При необходимости (например, при выполнении работы на базе предприятия-партнёра) могут назначаться консультанты по отдельным разделам работы (по технологической части, экономическому обоснованию, вопросам сертификации и т.п.). Руководитель выпускной квалификационной работы, как правило, также является руководителем преддипломной практики обучающегося, что обеспечивает преемственность между практической подготовкой и итоговой аттестацией.

Получение индивидуального задания. В соответствии с темой выпускной квалификационной работы руководитель выдаёт обучающемуся задание, утверждённое заведующим кафедрой. Задание включает: наименование темы работы; исходные данные для выполнения работы (технические характеристики, параметры, условия эксплуатации, нормативно-техническую документацию); перечень подлежащих разработке вопросов (по этапам сквозного проекта); перечень графического и иллюстративного материала; календарный план выполнения работы с указанием сроков завершения этапов; сведения о руководителе и консультантах. Задание выдаётся не позднее, чем за один месяц до начала государственной итоговой аттестации.

Проведение регулярных консультаций. Руководитель выпускной квалификационной работы проводит регулярные консультации с обучающимся (как правило, не реже одного раза в неделю) в течение всего периода выполнения работы. На консультациях обсуждаются вопросы методики подготовки, написания и оформления выпускной квалификационной работы, уточняются структура и содержание отдельных разделов, корректируется направление работы при необходимости, проверяются промежуточные результаты. Обучающийся обязан систематически докладывать руководителю о результатах своей работы, информировать о возможных отклонениях от утверждённого графика выполнения работы.

Контроль хода выполнения работы. Ход выполнения выпускной квалификационной работы контролируется заведующим кафедрой и руководителем работы. Студент в период

работы над выпускной квалификационной работой может быть вызван на кафедру для отчёта о выполнении календарного плана. В случае систематического невыполнения календарного плана без уважительных причин руководитель выпускной квалификационной работы информирует заведующего кафедрой для принятия соответствующих мер.

6.2. Процедура допуска к защите выпускной квалификационной работы

Допуск обучающегося к защите выпускной квалификационной работы осуществляется при условии успешного завершения в полном объёме освоения образовательной программы (отсутствие академической задолженности, выполнение учебного плана по всем блокам) и после прохождения установленных процедур, описанных ниже.

Предзащита выпускной квалификационной работы. После завершения оформления пояснительной записки и графической части выпускной квалификационной работы обучающийся проходит предварительную защиту (предзащиту) на кафедре «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики». Предзащита проводится в сроки, установленные кафедрой, как правило, не позднее чем за две недели до даты начала работы государственной экзаменационной комиссии. На предзащите обучающийся представляет доклад (до 7–10 минут) с демонстрацией презентации, основных результатов работы, 3D-моделей и результатов расчётов. В состав комиссии по предзащите входят заведующий кафедрой, руководитель выпускной квалификационной работы, преподаватели кафедры. При возможности и наличии договорённостей с предприятиями-партнёрами предзащита может проводиться на базе предприятия с участием куратора от предприятия. По результатам предзащиты комиссия даёт рекомендации по доработке работы (при необходимости) и принимает решение о готовности работы к представлению на нормоконтроль и проверку на антиплагиат.

Нормоконтроль. Выпускная квалификационная работа в обязательном порядке проходит процедуру нормоконтроля на соответствие требованиям Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), Единой системы технологической документации (ЕСТД) и локальным нормативным актам университета по оформлению текстовых и графических документов. Нормоконтроль осуществляется нормоконтролёром, назначенным заведующим кафедрой. Обучающийся представляет на нормоконтроль полностью оформленную пояснительную записку в сброшюрованном виде и комплект графической документации. Изменения и исправления, указанные нормоконтролёром и связанные с нарушением действующих стандартов и других нормативных документов, являются обязательными для внесения в работу. После устранения всех замечаний нормоконтролёр ставит свою подпись на титульном листе пояснительной записки и на графических документах.

Проверка на антиплагиат. Текст пояснительной записки выпускной квалификационной работы проверяется на объём заимствований с использованием системы «Антиплагиат.ВУЗ» в порядке, установленном локальным нормативным актом университета. Доля оригинального текста (исключая корректные цитирования и общеупотребительные термины) должна составлять не менее 75 процентов от общего объёма работы. При несоответствии установленному требованию работа возвращается обучающемуся для доработки (переработки текста, корректного оформления цитирований). Повторная проверка осуществляется после устранения замечаний. Результаты проверки фиксируются в протоколе, который прилагается к отзыву руководителя.

Получение письменного отзыва руководителя. После завершения подготовки выпускной квалификационной работы и устранения замечаний нормоконтроля руководитель составляет письменный отзыв о работе обучающегося в период подготовки выпускной квалификационной работы. В отзыве руководитель отражает: соответствие содержания выпускной квалификационной работы теме (заданию); полноту раскрытия темы; личный вклад автора в разработку темы, степень его самостоятельности; инициативность, умение проводить исследование, анализировать и обобщать научные данные и

материалы практики, делать правильные выводы; положения, особо выделяющие работу; недостатки работы; рекомендации, предложения; возможность практического использования работы или её отдельных положений; вывод об уровне теоретической и практической подготовленности выпускника. В отзыве руководитель в обязательном порядке делает вывод о допуске или недопуске выпускной квалификационной работы к защите. Отзыв предоставляется в письменном виде не позднее чем за 7 календарных дней до даты начала проведения защиты выпускной квалификационной работы.

Получение рецензии на выпускную квалификационную работу. Выпускная квалификационная работа направляется на рецензию внешнему рецензенту — специалисту в области двигателестроения, не работающему на кафедре «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики». Рецензентами могут выступать представители предприятий-партнёров (главные конструкторы, ведущие инженеры, начальники отделов, технологи), а также преподаватели других кафедр или вузов. Рецензия должна содержать оценку актуальности темы, корректности постановки задач и полноты их решения, используемых методов, качества проделанной работы, достоверности результатов проведённых исследований, практической ценности работы, основных достоинств и недостатков, а также правильности оформления. В заключении рецензент указывает, соответствует ли работа предъявленным требованиям и какой оценки она заслуживает. Рецензия подписывается рецензентом с указанием его учёной степени, учёного звания, должности и места работы. Подпись должна быть заверена печатью организации. Рецензия предоставляется на кафедру не позднее чем за 5 календарных дней до даты защиты.

Оформление допуска заведующим кафедрой. На основании положительных результатов предзащиты, нормоконтроля, проверки на антиплагиат, отзыва руководителя и рецензии заведующий кафедрой «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики» принимает решение о допуске выпускной квалификационной работы к защите. Решение оформляется подписью заведующего кафедрой на титульном листе пояснительной записки. При наличии отрицательного заключения

в отзыве руководителя или рецензии, а также при несоответствии работы установленным требованиям заведующий кафедрой имеет право не допустить работу к защите, о чём уведомляет обучающегося и руководителя с указанием причин и сроков доработки.

6.3. Процедура защиты выпускной квалификационной работы

Защита выпускной квалификационной работы проводится на открытом заседании государственной экзаменационной комиссии в сроки, установленные календарным учебным графиком и расписанием государственной итоговой аттестации. Заседание государственной экзаменационной комиссии считается правомочным, если в нём присутствует не менее половины членов комиссии. Председатель государственной экзаменационной комиссии обеспечивает соблюдение установленной процедуры защиты.

Регламент работы государственной экзаменационной комиссии. Защита каждой выпускной квалификационной работы осуществляется в индивидуальном порядке. Общая продолжительность защиты одного обучающегося не должна превышать 30 минут. Временные рамки распределяются следующим образом: доклад обучающегося — до 10 минут; оглашение отзыва руководителя и рецензии (секретарём комиссии или председателем) — до 3 минут; ответы на вопросы членов государственной экзаменационной комиссии — 5–7 минут; обсуждение и выставление оценки (на закрытом заседании) — до 10 минут.

Порядок доклада. Обучающемуся предоставляется слово для доклада основных положений выпускной квалификационной работы. Доклад должен быть построен таким образом, чтобы в сжатой форме (до 10 минут) отразить: актуальность выбранной темы; цель и задачи работы; объект и предмет исследования; основные результаты по каждому этапу сквозного проекта (техническое задание, разработанная конструкция с 3D-моделями,

результаты CAE-анализа, технологические решения, эксплуатационно-диагностические мероприятия, экономическое обоснование); основные выводы и рекомендации. Доклад следует начинать с обоснования актуальности выбранной темы и её цели. Обучающийся должен сделать свой доклад свободно, не читая письменного текста. Доклад может сопровождаться демонстрацией презентации, а также, при технической возможности, показом 3D-моделей в CAD-системах и результатов расчётов в CAE-среде в реальном времени.

Требования к презентации. Презентация для защиты выпускной квалификационной работы должна содержать 12–16 слайдов. Слайды должны быть пронумерованы. Содержание презентации должно соответствовать содержанию доклада и включать: титульный слайд (тема работы, автор, руководитель); актуальность и цель работы; обзор прототипов и обоснование выбора; техническое задание; 3D-модели разработанных деталей и сборочной единицы; чертежи (основные виды, разрезы); результаты CAE-анализа (поля напряжений, температур, давлений, скоростей, графики); технологические решения (маршрутный и операционный процессы); эксплуатационно-диагностические мероприятия; экономическое обоснование; основные выводы и рекомендации; заключительный слайд. При защите работ, содержащих значительный объём графического материала (чертежи формата А1), допускается использование дополнительных плакатов (бумажных или электронных). При возможности демонстрируются 3D-модели и результаты расчётов в интерактивном режиме.

Порядок ответов на вопросы членов комиссии. После завершения доклада председатель государственной экзаменационной комиссии предоставляет слово членам комиссии для задания вопросов обучающемуся. Вопросы могут касаться содержания выпускной квалификационной работы, использованных методов и подходов, обоснованности выводов, практической значимости результатов, а также смежных вопросов в области двигателестроения, энергетического машиностроения, конструирования, технологий, материаловедения, диагностики и эксплуатации. Обучающийся должен дать полные, аргументированные и убедительные ответы на вопросы. При

затруднении с ответом обучающийся может ссылаться на соответствующие разделы пояснительной записки. Качество и полнота ответов на вопросы учитываются при выставлении итоговой оценки.

Процедура объявления оценки. По окончании ответов на вопросы председатель государственной экзаменационной комиссии объявляет об окончании защиты. Комиссия удаляется на закрытое заседание для обсуждения результатов защиты и выставления оценок. На закрытом заседании члены комиссии обсуждают качество выполненной работы, уровень доклада, полноту ответов на вопросы, учитывают отзыв руководителя и рецензию. Оценка выставляется простым большинством голосов членов комиссии, участвующих в голосовании. При равном числе голосов решающим является голос председателя. Результаты защиты (оценка по четырёхбалльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно») объявляются в день защиты после оформления в установленном порядке протокола заседания государственной экзаменационной комиссии. Обучающиеся, не прошедшие государственную итоговую аттестацию по уважительной причине, допускаются к повторной защите в установленном порядке. Обучающиеся, не прошедшие государственную итоговую аттестацию по неуважительной причине или получившие на защите неудовлетворительную оценку, отчисляются из университета с выдачей справки об обучении установленного образца и могут быть восстановлены для повторной защиты не ранее чем через десять месяцев и не позднее чем через пять лет после отчисления.

7. Шкалы и критерии оценивания освоения образовательной программы в процессе выполнения и защиты ВКР

Оценка результатов освоения образовательной программы в процессе выполнения и защиты выпускной квалификационной работы осуществляется государственной экзаменационной комиссией по четырёхбалльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценки «отлично», «хорошо» и «удовлетворительно» означают успешное прохождение государственного аттестационного испытания и являются основанием для присвоения выпускнику квалификации «бакалавр» и выдачи диплома государственного образца о высшем образовании. Оценка «неудовлетворительно» означает, что выпускник не подтвердил соответствие подготовки требованиям федерального государственного образовательного стандарта высшего образования.

Оценка складывается из комплексного анализа следующих составляющих: качество содержания выпускной квалификационной работы (пояснительной записки и графической части), качество доклада и презентации на защите, полнота и аргументированность ответов на вопросы членов государственной экзаменационной комиссии, а также учёт отзыва руководителя и рецензии (при наличии). Ниже приведены детальные критерии для каждой оценки.

7.1. Оценка «отлично»

Выпускная квалификационная работа оценивается на «отлично» при соответствии следующим критериям.

Актуальность и обоснование выбора темы. Тема работы является актуальной, соответствует современному состоянию и перспективам развития двигателестроения и энергетического машиностроения. Обучающийся глубоко и всесторонне обосновал

актуальность темы, привёл убедительные аргументы, основанные на анализе отечественного и зарубежного опыта, патентных исследований, потребностей реального производства. Выбор темы логически связан с этапами сквозного проекта, выполненного обучающимся в течение всего периода обучения.

Степень завершённости работы. Работа полностью завершена, все поставленные во введении задачи решены в полном объёме. Цель работы достигнута. Структура работы логична, разделы сбалансированы по объёму и содержанию. Отсутствуют незавершённые разделы, необоснованные утверждения, противоречия между разделами.

Объём и глубина знаний по теме. Обучающийся демонстрирует глубокие и прочные знания по теме работы, свободно ориентируется в теоретических и практических аспектах двигателестроения. В работе отражён всесторонний анализ литературных источников (не менее 40–50 наименований, включая иностранные и патентные). Обучающийся показывает понимание взаимосвязей между конструкцией, расчётами, технологией и эксплуатацией поршневых двигателей и турбомашин.

Достоверность и обоснованность полученных результатов и выводов. Все полученные результаты достоверны, обоснованы теоретически и (или) подтверждены расчётами, моделированием, экспериментальными данными. Выводы логически вытекают из содержания работы, аргументированы и не содержат противоречий. При наличии экспериментальной части обеспечивается воспроизводимость результатов. При выполнении расчётов использованы верифицированные методики и программные комплексы.

Наличие материала, подготовленного к практическому использованию. Работа содержит конкретные результаты, имеющие практическую ценность. Разработанная конструкторская документация (3D-модели, чертежи, спецификации) соответствует требованиям ЕСКД и может быть передана в производство. Разработанные технологические процессы соответствуют требованиям ЕСТД. Предложенные рекомендации по диагностике и эксплуатации могут быть внедрены на предприятии. Экономическое обоснование

подтверждает целесообразность внедрения разработанных решений.

Применение современных технологий (включая CAD/CAE/CFD). В работе широко и эффективно использованы современные информационные технологии и программные комплексы. CAD-моделирование выполнено с применением параметризации и ассоциативности. CAE-анализ проведён с использованием лицензионных программных комплексов (ANSYS, Simcenter, OpenFOAM или аналоги), корректно построены расчётные сетки, заданы граничные условия, проведена верификация результатов. CFD-моделирование течений выполнено с анализом полей давлений и скоростей. Применены методы оптимизации (параметрическая, топологическая). Презентация и демонстрационные материалы выполнены с использованием современных средств визуализации.

Качество доклада (композиция, полнота представления работы, убеждённость автора). Доклад построен логично, последовательно и чётко. Обучающийся в отведённое время (до 10 минут) полно и убедительно представляет основные результаты работы, акцентируя внимание на наиболее значимых и новых решениях. Доклад свободный (не чтение с листа), сопровождается демонстрацией презентации, 3D-моделей и результатов расчётов. Обучающийся проявляет убеждённость в правильности принятых решений и обоснованности выводов.

Эрудиция и использование междисциплинарных связей. Обучающийся демонстрирует широкий кругозор, свободно использует знания из смежных дисциплин: сопротивления материалов, термодинамики, гидрогазодинамики, материаловедения, метрологии, экономики, экологии. В работе прослеживаются междисциплинарные связи, решения принимаются с учётом комплекса факторов (прочностных, тепловых, технологических, экономических, экологических).

Качество оформления выпускной квалификационной работы и демонстрационных материалов. Пояснительная записка и графическая часть оформлены в полном соответствии с требованиями ЕСКД, ЕСТД и локальных нормативных актов университета. Отсутствуют орфографические, пунктуационные, стилистические и технические ошибки. Чертежи выполнены

аккуратно, с соблюдением масштабов, типов линий, условных обозначений. 3D-модели и результаты расчётов визуализированы наглядно. Презентация выполнена качественно, содержит необходимое количество слайдов (12–16), визуальные материалы хорошо читаемы.

Культура речи, манера общения, умение использовать наглядные пособия, способность заинтересовать аудиторию. Обучающийся демонстрирует высокую культуру речи: грамотное произношение, правильное ударение в профессиональных терминах, чёткую дикцию, умеренный темп речи. Манера общения уверенная, доброжелательная, уважительная по отношению к членам комиссии. Обучающийся умело использует наглядные пособия (презентацию, 3D-модели, чертежи) для иллюстрации ключевых положений доклада. Выступление построено так, чтобы заинтересовать аудиторию, привлечь внимание к наиболее значимым результатам.

Полнота, аргументированность и убеждённость ответов на вопросы. Обучающийся даёт полные, развёрнутые и аргументированные ответы на все вопросы членов государственной экзаменационной комиссии. Ответы демонстрируют глубокое понимание темы, свободное владение материалом, способность к анализу и синтезу. При возникновении сложных или нестандартных вопросов обучающийся не теряется, логично выстраивает ответ, при необходимости ссылается на соответствующие разделы работы. Возражения на замечания рецензента (при их наличии) аргументированы и убедительны.

Деловые и волевые качества докладчика. Обучающийся проявляет ответственное отношение к работе, стремление к достижению высоких результатов, готовность к дискуссии, контактность, умение держаться перед аудиторией. Докладчик демонстрирует уверенность, спокойствие, выдержку при ответах на вопросы, в том числе при возникновении критических замечаний.

7.2. Оценка «хорошо»

Выпускная квалификационная работа оценивается на «хорошо» при соответствии следующим критериям.

Актуальность и обоснование выбора темы. Тема работы является актуальной. Обучающийся обосновал актуальность темы, привёл основные аргументы. Выбор темы связан с этапами сквозного проекта. Имеются незначительные замечания по полноте и глубине обоснования.

Степень завершённости работы. Работа завершена, все поставленные задачи решены, однако имеются незначительные недочёты (неполнота анализа отдельных вопросов, недостаточная детализация некоторых разделов). Цель работы в целом достигнута.

Объём и глубина знаний по теме. Обучающийся демонстрирует твёрдые и достаточно полные знания по теме работы. Анализ литературных источников проведён (не менее 30–40 наименований). Обучающийся ориентируется в основных вопросах двигателестроения, но допускает незначительные неточности.

Достоверность и обоснованность полученных результатов и выводов. Результаты в целом достоверны и обоснованы. Выводы соответствуют содержанию работы. Имеются незначительные замечания по обоснованности отдельных положений.

Наличие материала, подготовленного к практическому использованию. Работа содержит результаты, имеющие практическую ценность. Конструкторская и технологическая документация в основном соответствует требованиям ЕСКД и ЕСТД, но имеются незначительные нарушения оформления. Экономическое обоснование выполнено, однако имеются несущественные ошибки или неполнота расчётов.

Применение современных технологий (включая CAD/CAE/CFD). В работе использованы современные программные комплексы. CAD-моделирование и CAE-анализ выполнены корректно, но имеются незначительные замечания (неполная параметризация, недостаточное обоснование выбора граничных условий, неоптимальное построение сетки). CFD-моделирование выполнено с незначительными упрощениями.

Качество доклада (композиция, полнота представления работы, убеждённость автора). Доклад построен логично,

основные результаты работы представлены полно. Имеются незначительные нарушения композиции или превышение регламента. Доклад в основном свободный, но допускаются отдельные обращения к письменному тексту.

Эрудиция и использование междисциплинарных связей. Обучающийся демонстрирует достаточную эрудицию, использует знания из смежных дисциплин. Междисциплинарные связи прослеживаются, но не в полной мере.

Качество оформления выпускной квалификационной работы и демонстрационных материалов. Пояснительная записка и графическая часть оформлены в целом в соответствии с требованиями, но имеются незначительные нарушения (отдельные ошибки в оформлении списка литературы, незначительные отклонения от требований к полям и шрифтам, единичные ошибки в оформлении чертежей). Презентация выполнена качественно, но имеются замечания по наглядности или объёму.

Культура речи, манера общения, умение использовать наглядные пособия, способность заинтересовать аудиторию. Обучающийся демонстрирует хорошую культуру речи, но допускает отдельные речевые ошибки или неточности. Манера общения уверенная. Наглядные пособия используются умело. Аудитория в основном заинтересована выступлением.

Полнота, аргументированность и убеждённость ответов на вопросы. Обучающийся отвечает на большинство вопросов полно и аргументированно. При ответах на отдельные вопросы допускает незначительные неточности или неполноту. В целом ответы убедительны.

Деловые и волевые качества докладчика. Обучающийся проявляет ответственное отношение к работе, готовность к дискуссии. Демонстрирует уверенность, но в отдельных ситуациях может проявлять излишнее волнение.

7.3. Оценка «удовлетворительно»

Выпускная квалификационная работа оценивается на «удовлетворительно» при соответствии следующим критериям.

Актуальность и обоснование выбора темы. Тема работы в целом актуальна, но обоснование актуальности поверхностно, недостаточно аргументировано. Связь с этапами сквозного проекта прослеживается, но не в полной мере.

Степень завершённости работы. Работа завершена, но не в полном объёме: отдельные поставленные задачи решены поверхностно, имеются существенные недочёты. Цель работы достигнута, но с замечаниями.

Объём и глубина знаний по теме. Обучающийся демонстрирует знание только основного материала по теме, но не усвоил его деталей. Анализ литературных источников проведён в минимальном объёме (не менее 20–30 наименований). Обучающийся ориентируется в основных вопросах, но допускает существенные неточности.

Достоверность и обоснованность полученных результатов и выводов. Результаты в основном достоверны, но обоснованы недостаточно. Выводы сформулированы, но не в полной мере соответствуют содержанию работы или недостаточно аргументированы.

Наличие материала, подготовленного к практическому использованию. Работа содержит отдельные результаты, имеющие практическую ценность, но их практическое использование требует доработки. Конструкторская и технологическая документация оформлена с существенными нарушениями требований ЕСКД и ЕСТД. Экономическое обоснование выполнено с ошибками или неполно.

Применение современных технологий (включая CAD/CAE/CFD). В работе использованы современные программные комплексы, но имеются существенные замечания: CAD-модели созданы без параметризации, CAE-анализ выполнен с грубыми упрощениями или ошибками в задании граничных условий, верификация не проведена. CFD-моделирование отсутствует или выполнено некорректно.

Качество доклада (композиция, полнота представления работы, убеждённость автора). Доклад имеет нарушения композиции, отдельные важные результаты не представлены или

представлены недостаточно полно. Доклад в основном читается по письменному тексту. Убеждённость автора выражена слабо.

Эрудиция и использование междисциплинарных связей. Эрудиция обучающегося ограничена рамками непосредственно темы работы. Междисциплинарные связи практически не прослеживаются.

Качество оформления выпускной квалификационной работы и демонстрационных материалов. Пояснительная записка и графическая часть оформлены с существенными нарушениями требований (нарушены требования к полям, шрифтам, нумерации, оформлению списка литературы, чертежи выполнены с ошибками). Презентация выполнена на низком качественном уровне, слайды перегружены текстом или, наоборот, содержат недостаточно информации.

Культура речи, манера общения, умение использовать наглядные пособия, способность заинтересовать аудиторию. Обучающийся допускает речевые ошибки, в том числе в профессиональной терминологии. Манера общения неуверенная. Наглядные пособия используются недостаточно умело. Аудитория не заинтересована выступлением.

Полнота, аргументированность и убеждённость ответов на вопросы. Обучающийся отвечает только на часть вопросов, ответы неполные, недостаточно аргументированные. При ответах на сложные вопросы испытывает затруднения, допускает ошибки. Убеждённость ответов низкая.

Деловые и волевые качества докладчика. Обучающийся проявляет недостаточно ответственное отношение к работе, не стремится к дискуссии. Демонстрирует неуверенность, излишнее волнение, затруднения при общении с аудиторией.

7.4. Оценка «неудовлетворительно»

Выпускная квалификационная работа оценивается на «неудовлетворительно» при наличии одного или нескольких из следующих критериев.

Актуальность и обоснование выбора темы. Тема работы не является актуальной или обоснование актуальности отсутствует. Связь с этапами сквозного проекта не прослеживается. Тема не соответствует направлению подготовки.

Степень завершённости работы. Работа не завершена: поставленные задачи не решены, цель работы не достигнута. Структура работы нарушена, отсутствуют обязательные разделы.

Объём и глубина знаний по теме. Обучающийся демонстрирует отсутствие знаний по теме работы. Анализ литературных источников практически отсутствует (менее 20 наименований). Обучающийся не ориентируется в основных вопросах двигателестроения.

Достоверность и обоснованность полученных результатов и выводов. Результаты недостоверны, не обоснованы или противоречат известным научным и техническим данным. Выводы отсутствуют или не соответствуют содержанию работы.

Наличие материала, подготовленного к практическому использованию. Работа не содержит результатов, имеющих практическую ценность. Конструкторская и технологическая документация отсутствует или не соответствует элементарным требованиям. Экономическое обоснование отсутствует.

Применение современных технологий (включая CAD/CAE/CFD). Современные программные комплексы не использовались либо использованы неверно, результаты моделирования и расчётов отсутствуют или заведомо неверны.

Качество доклада (композиция, полнота представления работы, убеждённость автора). Доклад нелогичен, не отражает содержания работы. Обучающийся не может представить результаты работы. Убеждённость автора отсутствует.

Эрудиция и использование междисциплинарных связей. Эрудиция обучающегося крайне низкая, междисциплинарные связи не используются.

Качество оформления выпускной квалификационной работы и демонстрационных материалов. Пояснительная записка и графическая часть оформлены с грубыми нарушениями требований либо отсутствуют. Презентация отсутствует или не соответствует содержанию работы.

Культура речи, манера общения, умение использовать наглядные пособия, способность заинтересовать аудиторию. Обучающийся допускает грубые речевые ошибки, не владеет профессиональной терминологией. Манера общения недопустимая (агрессивная, пассивная, безразличная). Наглядные пособия не используются или используются не по назначению.

Полнота, аргументированность и убеждённость ответов на вопросы. Обучающийся не отвечает на вопросы или ответы неверные, не аргументированные. Демонстрирует полное непонимание темы работы.

Деловые и волевые качества докладчика. Обучающийся проявляет безответственное отношение к работе, не готов к дискуссии. Демонстрирует неуверенность, растерянность, неспособность держаться перед аудиторией.

В случае получения оценки «неудовлетворительно» выпускная квалификационная работа не засчитывается, обучающийся не допускается к присвоению квалификации «бакалавр» и отчисляется из университета с правом повторной защиты в установленном порядке (не ранее чем через десять месяцев и не позднее чем через пять лет после отчисления). При повторной защите тема выпускной квалификационной работы может быть изменена по решению кафедры.

7.5. Итоговое оценивание

Итоговая оценка за государственную итоговую аттестацию выставляется государственной экзаменационной комиссией на закрытом заседании простым большинством голосов членов комиссии, участвующих в голосовании. При равном числе голосов решающим является голос председателя комиссии. Оценка заносится в протокол заседания государственной экзаменационной комиссии, зачётную книжку обучающегося и приложение к диплому о высшем образовании.

Оценка «отлично» выставляется, если работа соответствует критериям отличной оценки по большинству аспектов, а по остальным аспектам — критериям хорошей оценки. Оценка

«хорошо» выставляется, если работа соответствует критериям хорошей оценки по большинству аспектов, а по отдельным аспектам допускаются удовлетворительные показатели. Оценка «удовлетворительно» выставляется, если работа в целом соответствует критериям удовлетворительной оценки и не имеет критериев неудовлетворительной оценки. Оценка «неудовлетворительно» выставляется при наличии хотя бы одного из критериев неудовлетворительной оценки.

При выставлении итоговой оценки также учитываются отзыв руководителя выпускной квалификационной работы и рецензия (при наличии). Отрицательный отзыв руководителя или отрицательная рецензия являются основанием для недопуска работы к защите либо для выставления оценки «неудовлетворительно» (при условии, что обучающийся не смог аргументированно опровергнуть замечания в ходе защиты).

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение ГИА

8.1. Основная литература

1. Двигатели внутреннего сгорания: теория рабочих процессов : учебник для вузов : в 3 кн. Кн. 1. Теория рабочих процессов / В. Н. Луканин, К. А. Морозов, А. С. Хачиян [и др.] ; под ред. В. Н. Луканина. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Высшая школа, 2022. — 479 с.
2. Двигатели внутреннего сгорания: теория рабочих процессов : учебник для вузов : в 3 кн. Кн. 2. Динамика и конструирование / В. Н. Луканин, И. В. Алексеев, М. Г. Шатров [и др.] ; под ред. В. Н. Луканина. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Высшая школа, 2022. — 415 с.
3. Турбомашины: теория, проектирование и расчет : учебное пособие для вузов / В. А. Григорьев, В. А. Кузьмичев, А. В. Сударев ; под ред. В. А. Григорьева. — Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2021. — 384 с.
4. Технология машиностроения : учебник для вузов : в 2 т. / В. М. Бурцев, А. С. Васильев, О. В. Захаров [и др.] ; под ред. А. М. Дальского. — 5-е изд., стереотип. — Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2022. — 512 с.
5. Сопротивление материалов : учебник для вузов / Н. М. Беляев. — 16-е изд., перераб. и доп. — Москва : Наука, 2021. — 608 с.
6. Термодинамика и теплопередача : учебник для вузов / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 464 с.
7. Основы технологии машиностроения : учебное пособие / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. — Старый Оскол : ТНТ, 2021. — 484 с.
8. Диагностика автомобильных двигателей : учебное пособие / В. В. Григорьев, А. Н. Кислов. — Москва : Академия, 2022. — 256 с.

9. Конструкторская документация: оформление по ЕСКД : учебно-практическое пособие / А. И. Никифоров, В. А. Федотов. — Москва : Инфра-Инженерия, 2022. — 336 с.
10. КОМПАС-3D V20. Полное руководство : учебное пособие / А. А. Зинченко, В. В. Герасимов. — Москва : ДМК Пресс, 2022. — 480 с.
11. Басов, К. А. ANSYS в примерах и задачах : учебное пособие / К. А. Басов. — Москва : ДМК Пресс, 2021. — 284 с.

8.2. Дополнительная литература

1. Маталин А. А. Технология машиностроения : учебник / А. А. Маталин. — 3-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 512 с.
2. Клепиков В. В. Технология машиностроения : учебник / В. В. Клепиков, А. Н. Бодров. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2004. — 860 с.
3. Кудишин Ю. И. Металлические конструкции : учебник / Ю. И. Кудишин. — Москва : Издательский центр «Академия», 2010. — 680 с.
4. Основы научных исследований: организация и методология : учебное пособие / С. В. Кузнецов. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 224 с.
5. Патентные исследования: основы и методика проведения : учебное пособие / А. Н. Козырев, В. Л. Макаров. — Москва : РГИИС, 2019. — 152 с.
6. Экономика и организация производства : учебное пособие / А. В. Сергеев, В. И. Кузнецов. — Москва : Инфра-М, 2022. — 272 с.
7. Сертификация продукции и систем качества : учебник / В. А. Швандар, В. П. Панов. — Москва : Юнити-Дана, 2021. — 384 с.
8. Интеллектуальная собственность и патентоведение : учебное пособие / И. А. Соколов, В. Л. Макаров. — Москва : РГИИС, 2022. — 224 с.

9. OBD-II: диагностика электронных систем управления двигателями / М. А. Данилов. — Москва : За рулем, 2021. — 192 с.
10. Основы работы с CAD-системами: методические указания к выполнению выпускной квалификационной работы / сост. Р. Х. Курмаев, Д. В. Апелинский. — Москва : Московский Политех, 2025. — 48 с.

8.3. Интернет-ресурсы

1. Электронно-библиотечная система «Лань» — URL: https://e.lanbook.com
2. Электронно-библиотечная система «Юрайт» — URL: https://urait.ru
3. Электронно-библиотечная система Московского политехнического университета «Политех» — URL: https://lib.mospolytech.ru
4. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU — URL: https://elibrary.ru
5. CyberLeninka — научная электронная библиотека открытого доступа. — URL: https://cyberleninka.ru
6. Google Академия (Google Scholar) — поисковая система по научным публикациям. — URL: https://scholar.google.ru
7. Образовательный портал АСКОН — учебные материалы по КОМПАС-3D. — URL: https://edu.ascon.ru
8. SolidWorks Tutorials — официальные учебные материалы. — URL: https://www.solidworks.com/sw/support/tutorials.htm
9. ANSYS Learning Resources — официальные учебные материалы. — URL: https://www.ansys.com/training-center
10. OpenFOAM Documentation — документация по открытому ПО для CFD. — URL: https://openfoam.org/documentation

8.4. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Для подготовки и защиты выпускной квалификационной работы используется следующее программное обеспечение:

CAD-системы (для 3D-моделирования и разработки конструкторской документации): КОМПАС-3D (лицензионное, университетская подписка); SolidWorks (лицензионное, университетская подписка); Siemens NX (лицензионное, университетская подписка); FreeCAD (свободно распространяемое, лицензия GPL).

CAE-пакеты (для прочностного, теплового и газодинамического анализа): ANSYS Workbench (Mechanical, Fluent, CFX) (лицензионное, университетская подписка); Siemens Simcenter (NX CAE, STAR-CCM+) (лицензионное, университетская подписка); OpenFOAM (свободно распространяемое, лицензия GPL); Salome Platform (построение расчётных сеток, препроцессинг) (свободно распространяемое, лицензия LGPL); ParaView (визуализация результатов) (свободно распространяемое, лицензия BSD).

Офисные приложения и средства для оформления документации: Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint) (лицензионное, университетская подписка); LibreOffice (свободно распространяемое); Adobe Acrobat Reader (свободно распространяемое).

Специализированное программное обеспечение: Mathcad (лицензионное, университетская подписка); MATLAB (лицензионное, университетская подписка); Антиплагиат.ВУЗ (лицензионное, университетская подписка); PDF Creator (свободно распространяемое).

8.5. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Техэксперт — информационно-справочная система по нормативно-технической документации. — URL: https://cntd.ru

Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов (Кодекс) — URL: https://docs.cntd.ru

Электронный каталог стандартов Росстандарта — URL: https://www.gost.ru

Роспатент. Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС) — база данных патентной информации. — URL: https://www.fips.ru

ScienceDirect — база данных научных публикаций издательства Elsevier. — URL: https://www.sciencedirect.com

Scopus — реферативная база данных научных публикаций. — URL: https://www.scopus.com Web of Science — платформа для доступа к научным публикациям и данным цитирования. — URL: https://www.webofscience.com

MatWeb — база данных свойств материалов (международная). — URL: https://www.matweb.com

Единая система конструкторской документации (ЕСКД) — справочная информация. — URL: https://www.escd.ru

Единая система технологической документации (ЕСТД) — справочная информация. — URL: https://www.estd.ru

9. Материально-техническое обеспечение ГИА

9.1. Требования к аудитории для защиты выпускной квалификационной работы

Для проведения защиты выпускных квалификационных работ используется специализированная аудитория, отвечающая следующим требованиям. Аудитория должна быть оборудована рабочими местами для председателя и членов государственной экзаменационной комиссии (не менее 6–8 мест). Каждое рабочее место члена комиссии должно быть оснащено столом и стулом, обеспечивающими комфортную работу в течение всего заседания. Аудитория должна иметь достаточное пространство для размещения комиссии, обучающегося-выпускника, приглашённых лиц (руководителя выпускной квалификационной работы, рецензента, представителей предприятия-партнёра, гостей). Освещение в аудитории должно быть достаточным для чтения документов и просмотра презентации.

9.2. Требования к компьютерной технике и мультимедийному оборудованию

Аудитория для защиты выпускных квалификационных работ должна быть оснащена следующим оборудованием:

Компьютерная техника: персональный компьютер (ноутбук) для демонстрации презентаций и работы с программным обеспечением. Характеристики компьютера должны обеспечивать быстрый запуск CAD-систем, CAE-пакетов и офисных приложений, плавное воспроизведение презентаций и демонстрацию 3D-моделей. Компьютер должен быть оснащён необходимым лицензионным программным обеспечением, включая операционную систему, офисный пакет, CAD-системы (КОМПАС-3D, SolidWorks, Siemens NX) и CAE-пакеты (ANSYS, Simcenter) в объёме, необходимом для демонстрации результатов

выпускных квалификационных работ. Компьютер должен иметь доступ к сети «Интернет» и электронной информационно-образовательной среде университета.

Мультимедийный проектор с разрешением не менее Full HD (1920×1080) и яркостью, достаточной для демонстрации презентации при обычном освещении аудитории. Проектор должен быть установлен стационарно или иметь возможность быстрого развёртывания перед началом защиты.

Проекционный экран (настенный или переносной) достаточного размера для комфортного просмотра презентации и демонстрации чертежей и результатов расчётов всеми членами комиссии и присутствующими.

Акустическая система (колонки) для воспроизведения звука при демонстрации мультимедийных материалов (при наличии). Качество звука должно обеспечивать разборчивость воспроизводимой информации.

9.3. Требования к печатной технике и расходным материалам

Для обеспечения процесса подготовки и защиты выпускных квалификационных работ в университете должны быть доступны следующие средства печати и копирования:

Принтеры для печати текстовых документов (формат А4, чёрно-белая и цветная печать) для распечатки пояснительных записок, отзывов, рецензий и других сопроводительных документов.

Плоттеры для печати чертежей графической части выпускных квалификационных работ форматов А1 и А0. Плоттеры должны обеспечивать качественную печать линий, условных обозначений и текста в соответствии с требованиями ЕСКД. Доступ к плоттерам должен быть обеспечен в период подготовки выпускных квалификационных работ (как правило, за 2–3 недели до защиты).

Копировальные аппараты (многофункциональные устройства) для тиражирования раздаточных материалов для

членов государственной экзаменационной комиссии (по 1–2 экземпляра на члена комиссии в зависимости от объёма графической части).

Расходные материалы (бумага, картриджи для принтеров и плоттеров) должны быть в наличии в необходимом количестве для обеспечения бесперебойной печати.

9.4. Требования к программному обеспечению на рабочих местах

На компьютере, используемом для защиты выпускных квалификационных работ, должно быть установлено следующее программное обеспечение:

Операционная система с графическим интерфейсом (Windows 10/11 или аналогичная).

Пакет офисных приложений для просмотра презентаций (Microsoft PowerPoint или LibreOffice Impress).

CAD-системы (КОМПАС-3D, SolidWorks, Siemens NX) для демонстрации 3D-моделей в интерактивном режиме (при наличии соответствующих файлов у обучающегося).

CAE-пакеты (ANSYS Workbench, Simcenter) для демонстрации результатов расчётов (полей напряжений, температур, давлений, скоростей) в интерактивном режиме (при наличии соответствующих файлов у обучающегося).

Программа для просмотра PDF-файлов (Adobe Acrobat Reader или аналогичная) для просмотра чертежей и документации в формате PDF.

9.5. Обеспечение доступа к электронным ресурсам

В аудитории для защиты выпускных квалификационных работ должен быть обеспечен доступ к сети «Интернет» (проводной или беспроводной) для оперативного доступа к электронным образовательным ресурсам, профессиональным

базам данных и информационным справочным системам при необходимости. Также должен быть обеспечен доступ к электронной информационно-образовательной среде Московского политехнического университета (платформа СДО Московского Политеха: https://online.mospolytech.ru) для демонстрации материалов, размещённых в системе.

9.6. Дополнительные требования для демонстрации 3D-моделей и результатов расчётов

Для обеспечения качественной демонстрации 3D-моделей и результатов CAE-анализа в интерактивном режиме (при желании обучающегося и наличии технической возможности) рекомендуется использовать компьютер с высокопроизводительным графическим адаптером (видеокартой), достаточным объёмом оперативной памяти (не менее 16 ГБ) и процессором с высокой тактовой частотой. При отсутствии такой возможности допускается демонстрация 3D-моделей и результатов расчётов в виде предварительно подготовленных скриншотов и видеороликов, включённых в презентацию.

9.7. Обеспечение доступа для лиц с ограниченными возможностями здоровья

При наличии обучающихся-инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья аудитория для защиты выпускных квалификационных работ должна быть оборудована с учётом их индивидуальных особенностей: обеспечена возможность беспрепятственного доступа в аудиторию (пандусы, расширенные дверные проёмы, лифты при необходимости), предусмотрены специальные рабочие места, обеспечена возможность использования необходимых технических средств (увеличивающие устройства, звукоусиливающая аппаратура, компьютеры со специализированным программным обеспечением

для слепых и слабовидящих). При необходимости может быть организована защита с применением дистанционных технологий.

10. Особенности проведения ГИА для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья государственная итоговая аттестация проводится Московским политехническим университетом с учётом особенностей их психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья (далее – индивидуальные особенности). Университет обеспечивает создание специальных условий для проведения государственной итоговой аттестации таким обучающимся на основании их письменного заявления, поданного не позднее чем за три месяца до начала государственной итоговой аттестации. К заявлению прилагаются документы, подтверждающие наличие у обучающегося индивидуальных особенностей (при отсутствии указанных документов в университете).

При проведении государственной итоговой аттестации для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечивается соблюдение следующих общих требований:

- проведение государственной итоговой аттестации для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в одной аудитории совместно с обучающимися, не имеющими ограниченных возможностей здоровья, если это не создаёт трудностей для обучающихся при прохождении государственной итоговой аттестации;
- присутствие в аудитории ассистента (ассистентов) по заявлению обучающегося, оказывающего обучающемуся необходимую техническую помощь с учётом его индивидуальных особенностей (занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, общаться с членами государственной экзаменационной комиссии);
- пользование необходимыми обучающемуся техническими средствами при прохождении государственной итоговой аттестации с учётом его индивидуальных особенностей;
- обеспечение возможности беспрепятственного доступа обучающихся-инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в аудитории, туалетные и другие помещения, а также их

пребывания в указанных помещениях (наличие пандусов, поручней, расширенных дверных проёмов, лифтов; при отсутствии лифтов аудитория должна располагаться на первом этаже; наличие специальных кресел и других приспособлений).

По письменному заявлению обучающегося-инвалида или лица с ограниченными возможностями здоровья продолжительность сдачи обучающимся государственного аттестационного испытания может быть увеличена по отношению к установленной продолжительности его сдачи. Продолжительность выступления обучающегося при представлении результатов выпускной квалификационной работы может быть увеличена не более чем на 15 минут.

10.1. Особенности проведения ГИА для слепых и слабовидящих обучающихся

Для слепых обучающихся при проведении государственной итоговой аттестации обеспечивается выполнение следующих требований:

- задания и иные материалы для сдачи государственного аттестационного испытания оформляются рельефно-точечным шрифтом Брайля или в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением для слепых, либо зачитываются ассистентом;
- письменные задания выполняются обучающимися на бумаге рельефно-точечным шрифтом Брайля или на компьютере со специализированным программным обеспечением для слепых, либо надиктовываются ассистенту;
- при необходимости обучающимся предоставляется комплект письменных принадлежностей и бумага для письма рельефно-точечным шрифтом Брайля, компьютер со специализированным программным обеспечением для слепых.

Для слабовидящих обучающихся при проведении государственной итоговой аттестации обеспечивается выполнение следующих требований:

- задания и иные материалы для сдачи государственного аттестационного испытания оформляются увеличенным шрифтом (размер шрифта не менее 18 пунктов);
- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
- при необходимости обучающимся предоставляется увеличивающее устройство (лупа, электронный увеличитель и т.п.);
- допускается использование увеличивающих устройств, имеющихся у обучающихся;
- презентационные материалы (слайды, чертежи, схемы) должны быть выполнены с использованием контрастных цветов и чётких, хорошо различимых линий и символов.

10.2. Особенности проведения ГИА для глухих и слабослышащих обучающихся, а также обучающихся с тяжелыми нарушениями речи

Для глухих и слабослышащих обучающихся, а также обучающихся с тяжелыми нарушениями речи при проведении государственной итоговой аттестации обеспечивается выполнение следующих требований:

- наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования (микрофоны, акустические системы);
- при необходимости обучающимся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования (слуховые аппараты, FM-системы);
- по желанию обучающегося государственные аттестационные испытания проводятся в письменной форме (обучающийся представляет письменный текст доклада и письменные ответы на вопросы членов государственной экзаменационной комиссии);
- при необходимости для обеспечения понимания устной речи может быть привлечён сурдопереводчик или использованы системы автоматического субтитрирования.

Для обучающихся с тяжелыми нарушениями речи (в том числе с отсутствием возможности устной речи) по их желанию

государственные аттестационные испытания проводятся в письменной форме. Обучающийся представляет письменный текст доклада, а ответы на вопросы членов комиссии даёт в письменной форме (на бумаге или на компьютере). Допускается использование специализированного программного обеспечения для синтеза речи (преобразования письменного текста в устную речь) при условии предварительного согласования с председателем государственной экзаменационной комиссии.

10.3. Особенности проведения ГИА для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата (в том числе с тяжелыми нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей) при проведении государственной итоговой аттестации обеспечивается выполнение следующих требований:

- письменные задания (включая текст доклада и ответы на вопросы) выполняются обучающимися на компьютере со специализированным программным обеспечением (в том числе с использованием систем распознавания речи, виртуальных клавиатур, систем управления взглядом) либо надиктовываются ассистенту;
- по желанию обучающегося государственные аттестационные испытания проводятся в устной форме (устный доклад, устные ответы на вопросы);
- рабочее место обучающегося должно быть оборудовано с учётом его индивидуальных особенностей (регулируемая высота стола и стула, наличие дополнительного пространства для инвалидной коляски, специальные манипуляторы для работы с компьютером);
- при необходимости обучающимся предоставляется дополнительное время для подготовки доклада и ответов на вопросы с учётом замедленного темпа письма или набора текста.

10.4. Особенности проведения ГИА для лиц с ментальными нарушениями и расстройствами аутистического спектра

Для обучающихся с ментальными нарушениями и расстройствами аутистического спектра при проведении государственной итоговой аттестации обеспечивается выполнение следующих требований:

- предоставление дополнительного времени для подготовки к ответу и адаптации к обстановке в аудитории;
- возможность проведения государственной итоговой аттестации в отдельной аудитории в присутствии только членов государственной экзаменационной комиссии и ассистента (без присутствия посторонних лиц);
- использование упрощённых, чётких и однозначных формулировок вопросов;
- предоставление письменной фиксации вопросов членов комиссии (при необходимости);
- возможность использования визуальных расписаний, карточек-подсказок и других вспомогательных средств.

10.5. Общий порядок организации ГИА для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучающийся-инвалид или лицо с ограниченными возможностями здоровья не позднее чем за три месяца до начала проведения государственной итоговой аттестации подаёт письменное заявление о необходимости создания для него специальных условий при проведении государственных аттестационных испытаний с указанием особенностей его психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья. В заявлении обучающийся указывает на необходимость (или отсутствие необходимости) присутствия ассистента на государственном аттестационном испытании, необходимость (или отсутствие необходимости) увеличения

продолжительности сдачи государственного аттестационного испытания по отношению к установленной продолжительности, а также иные необходимые специальные условия.

На основании поданного заявления университет обеспечивает создание специальных условий для проведения государственной итоговой аттестации в соответствии с настоящим разделом программы. При отсутствии заявления специальные условия не создаются, и государственная итоговая аттестация проводится на общих основаниях.

Все специальные условия, предоставляемые обучающемуся-инвалиду или лицу с ограниченными возможностями здоровья, фиксируются в протоколе заседания государственной экзаменационной комиссии. Отказ в предоставлении заявленных специальных условий допускается только в случае, если их реализация технически невозможна в условиях университета, о чём составляется соответствующий акт с указанием причин невозможности предоставления заявленных условий.

Обучающиеся-инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья имеют право на повторное прохождение государственной итоговой аттестации наравне с другими обучающимися, а также на обжалование результатов государственной итоговой аттестации в порядке, установленном локальными нормативными актами Московского политехнического университета.

Приложение 1. Паспорт фонда оценочных средств

1. Универсальные компетенции (УК)

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
			Базовый уровень	**Повышенный уровень**
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	**Знать:** методы поиска, сбора, обработки, критического анализа и систематизации информации по теме сквозного проекта. **Уметь:** анализировать задачу, выделяя её базовые составляющие;	Подготовка к защите ВКР	Способен выполнять поиск и анализ информации по теме работы с использованием основных источников (учебники, учебные пособия, стандарты).	Способен выполнять глубокий критический анализ информации с привлечением широкого круга источников (научные статьи, патенты, зарубежная литература); предлагает несколько вариантов

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
	осуществлять поиск и критически оценивать информацию; предлагать рациональные варианты решения задач. **Владеть:** навыками системного подхода к решению поставленных задач, методами синтеза информации.			решения задачи с оценкой их достоинств и недостатков.
УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставлен	**Знать:** методы формулирования цели и задач проекта, способы	Подготовка к защите ВКР	Способен формулировать цель и задачи работы в общем виде;	Способен чётко формулировать цель и детализированные задачи

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
ной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	планирования и распределения зон ответственности. **Уметь:** формулировать совокупность задач в рамках поставленной цели; определять связи между задачами и ожидаемыми результатами; выбирать оптимальные способы решения с учётом ресурсов и ограничений.		определяет основные этапы выполнения работы.	работы; оптимально планирует этапы выполнения; учитывает правовые нормы, ресурсные и временные ограничения.

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
	Владеть: навыками планирования проектной деятельности, анализа результатов с учётом правовых норм и имеющихся ограничений.			
УК-3. Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде	**Знать:** принципы эффективного взаимодействия в команде, методы распределения ролей и ответственности. **Уметь:** определять	Подготовка к защите ВКР	Способен взаимодействовать с руководителем ВКР, выполнять полученные задания.	Способен активно взаимодействовать с руководителем и консультантами; инициирует обсуждение промежуточных результато

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
	свою роль в команде; планировать последствия личных действий; осуществлять обмен информацией и опытом с членами команды. **Владеть:** навыками командной работы, соблюдения норм социального взаимодействия.			в; проявляет лидерские качества в решении проектных задач.
УК-4. Способен осуществлять деловую коммуник	**Знать:** особенности деловой коммуникации на государств	Процедура защиты ВКР	Способен грамотно излагать содержание работы на	Способен свободно и грамотно излагать содержание работы;

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
ацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах)	енном и иностранном языках; стилистику официальных и неофициальных писем. **Уметь:** вести обмен деловой информацией в устной и письменной формах; выполнять перевод профессиональных текстов. **Владеть:** навыками деловой коммуникации, перевода профессио		русском языке; использует отдельные профессиональные термины на иностранном языке.	использует профессиональную терминологию на русском и иностранном языках; выполняет перевод аннотации и ключевых терминов.

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
	нальных текстов.			
УК-5. Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах	**Знать:** систему общечеловеческих ценностей, историческое наследие и социокультурные традиции различных социальных групп. **Уметь:** анализировать и интерпретировать события, проявления межкультурного разнообразия; взаимодействовать с людьми с	Подготовка к защите ВКР	Способен учитывать социокультурные особенности при анализе отечественного и зарубежного опыта в области двигателестроения.	Способен глубоко анализировать и сопоставлять отечественный и зарубежный опыт; использовать результаты анализа для обоснования проектных решений.

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
	учётом социокультурных особенностей. **Владеть:** навыками межкультурного взаимодействия при выполнении профессиональных задач.			
УК-6. Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе	**Знать:** инструменты и методы управления временем; приоритеты собственной деятельности и профессионального	Подготовка к защите ВКР	Способен выполнять работу в соответствии с календарным планом; соблюдает установленные сроки.	Способен самостоятельно планировать свою работу; оптимизирует временные затраты; проявляет инициативу в освоении

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
принципов образования в течение всей жизни	роста. **Уметь:** использовать методы управления временем; определять приоритеты; демонстрировать готовность к построению профессиональной карьеры. **Владеть:** навыками планирования времени, самоорганизации, саморазвития.			новых знаний и методов.
УК-7. Способен поддержи	**Знать:** методы здоровьесб	Подготовка к	Способен соблюдать режим	Способен организовать режим

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
вать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности	ережения для поддержания здорового образа жизни с учётом физиологических особенностей и условий профессиональной деятельности. **Уметь:** выбирать методы здоровьесбережения; поддерживать оптимальный уровень физической нагрузки; соблюдать нормы	защите ВКР	труда и отдыха в период выполнения ВКР.	работы с учётом требований здоровьесбережения; поддерживает высокую работоспособность в период подготовки к защите.

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
	здорового образа жизни. **Владеть:** навыками здоровьесбережения в профессиональной деятельности.			
УК-8. Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранени	**Знать:** факторы вредного влияния на жизнедеятельность; правила поведения при чрезвычайных ситуациях и военных конфликтах. **Уметь:** анализировать и идентифиц	Подготовка к защите ВКР	Способен разработать раздел по безопасности и экологичности проектных решений в общем виде.	Способен глубоко проработать раздел по безопасности; предложить конкретные мероприятия по снижению вредных факторов; учесть требования охраны труда.

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
я природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов	ировать опасные и вредные факторы; разъяснять правила поведения при чрезвычайных ситуациях. **Владеть:** навыками поддержания безопасных условий труда и жизнедеятельности.			
УК-9. Способен принимать обоснованные экономические решения в различны	**Знать:** базовые принципы функционирования макроэкономики и микроэкономики; методы	Подготовка к защите ВКР	Способен выполнить экономическое обоснование проектных решений с	Способен выполнить углублённое экономическое обоснование; оценить экономическую

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
х областях жизнедеятельности	экономического и финансового планирования. **Уметь:** представлять основные закономерности функционирования микроэкономики; применять методы экономического и финансового планирования. **Владеть:** навыками экономического обоснования		использованием стандартных методик.	эффективность; предложить пути коммерциализации разработки.

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
	проектных решений.			
УК-10. Способен формировать нетерпимое отношение к проявлениям экстремизма, терроризма, коррупционному поведению и противодействовать им в профессиональной деятельности	**Знать:** сущность экстремизма, терроризма, коррупции; правовые нормы, обеспечивающие противодействие этим явлениям. **Уметь:** применять правовые нормы противодействия экстремизму, терроризму, коррупции в профессиональной	Подготовка к защите ВКР	Способен соблюдать требования академической честности; корректно оформлять ссылки на использованные источники.	Способен активно противодействовать нарушениям академической честности; демонстрирует нетерпимое отношение к плагиату и коррупционному поведению в научной среде.

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
	деятельности. **Владеть:** средствами формирования нетерпимого отношения к проявлениям экстремизма, терроризма, коррупции.			

2. Общепрофессиональные компетенции (ОПК)

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
			Базовый уровень	**Повышенный уровень**
ОПК-1. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	**Знать:** основы информационных технологий; принципы работы современных информационных технологий. **Уметь:** выполнять практические работы по настройке компьютерной техники; использовать информационные	Подготовка к защите ВКР	Способен использовать базовые функции CAD-систем и офисных приложений для выполнения ВКР.	Способен использовать широкий спектр CAD/CAE/CFD-систем; настраивает программное обеспечение под конкретные задачи; применяет современные ИТ для оптимизации проектных решений.

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
	технологии для решения задач разработки, проектирования и испытаний энергетических установок. **Владеть:** навыками работы с прикладным программным обеспечением.			
ОПК-2. Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программ	**Знать:** методы разработки алгоритмов и компьютерных программ для	Подготовка к защите ВКР	Способен разработать простые алгоритмы обработки	Способен разрабатывать сложные алгоритмы расчётов и обработки данных; создавать пользовател

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
ы, пригодные для практического применения при разработке, проектировании и испытаниях энергетических установок	решения задач профессиональной деятельности. **Уметь:** разрабатывать алгоритмы и создавать компьютерные программы, пригодные для практического применения. **Владеть:** навыками алгоритмизации и программирования в средах Mathcad, MATLAB или		данных; использовать встроенные функции CAE-пакетов.	ьские скрипты и макросы; программировать в средах Mathcad или MATLAB.

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
	специализированных CAE-пакетах.			
ОПК-3. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	**Знать:** физико-математический аппарат, необходимый для решения профессиональных задач; методы анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования. **Уметь:** применять физико-математиче	Процедура защиты ВКР	Способен применять стандартные методы расчёта и моделирования; обосновывает выбор методов.	Способен применять современные методы анализа и моделирования (МКЭ, МКО, численные методы); проводит верификацию расчётных моделей; сопоставляет результаты расчёта с экспериментальными данными.

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
	ский аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования. **Владеть:** навыками применения методов анализа, моделирования и исследования.			
ОПК-4. Способен использовать методы анализа и моделирования	**Знать:** методы анализа и моделирования электрических цепей и электричес	Подготовка к защите ВКР	Способен выполнять анализ простых электрических	Способен выполнять моделирование электрических цепей и систем автоматики

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
электрических цепей и электрических машин	ких машин. **Уметь:** использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин. **Владеть:** навыками анализа и моделирования электрических цепей и машин.		цепей; понимает принципы работы электрических машин.	энергетических установок; анализировать электромеханические характеристики.
ОПК-5. Способен использовать свойства конструкционных и электротехнических материало	**Знать:** свойства конструкционных и электротехнических материалов, применяемых в	Подготовка к защите ВКР	Способен выбирать материал для деталей на основе справоч	Способен обоснованно выбирать материалы с учётом условий работы, технологии и стоимости;

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
в в расчётах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности	энергетическом машиностроении. **Уметь:** использовать свойства материалов в расчётах параметров и режимов; рассчитывать элементы и параметры энергетических машин с учётом свойств материалов. **Владеть:** навыками выбора материалов и учёта их свойств в расчётах.		ных данных; учитывать его свойства в простых расчётах.	использовать базы данных свойств материалов; учитывать свойства в сложных CAE-расчётах.

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
ОПК-6. Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности	**Знать:** методы и средства измерений электрических и неэлектрических величин. **Уметь:** проводить измерения электрических и неэлектрических величин при разработке, проектировании и испытаниях энергетических установок. **Владеть:** навыками работы с измерительным	Подготовка к защите ВКР	Способен выбрать средства измерений для типовых параметров; обработать результаты измерений с оценкой погрешности.	Способен разработать программу и методику измерений; подобрать современное измерительное оборудование; выполнить статистическую обработку результатов с использованием специализированного ПО.

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
	оборудованием и обработки результатов измерений.			

3. Профессиональные компетенции (ПК)

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
			Базовый уровень	**Повышенный уровень**
ПК-1. Способен разрабатывать проектную и рабочую конструкторскую документа	**Знать:** требования ЕСКД к оформлению конструкторской документации; принципы	Процедура защиты ВКР	Способен создавать 3D-модели деталей и сборок; оформлять чертежи	Способен создавать сложные параметрические модели; применять методы оптимизации

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
цию на поршневые двигатели, турбомашины и их компоненты с использованием современных CAD-систем	работы CAD-систем. **Уметь:** создавать параметрические 3D-модели; формировать сборочные единицы; генерировать ассоциативные чертежи; оформлять сборочные чертежи и спецификации; выпускать рабочие чертежи; формировать электронный архив КД;		с соблюдением основных требований ЕСКД.	конструкции; использовать PDM/PLM-системы для управления КД; разрабатывать КД с учётом требований конкретного предприятия.

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
	назначать допуски и посадки; проставлять допуски формы и расположения; рассчитывать размерные цепи. **Владеть:** навыками работы в CAD-системах (КОМПАС-3D, SolidWorks, Siemens NX); навыками оформления КД по ЕСКД.			
ПК-2. Способен проводить	**Знать:** методы конечно-	Процедура защит	Способен выполнят	Способен выполнять сложные

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
расчетно-теоретические исследования узлов и систем поршневых двигателей и турбомашин с применением методов математического и компьютерного моделирования (CAE)	элементного анализа (FEA) и вычислительной гидрогазодинамики (CFD); принципы верификации расчётных моделей. **Уметь:** проводить термомеханический анализ; выполнять анализ усталостной долговечности; осуществлять параметрическую и топологическую	ы ВКР	ь стандартные прочностные и тепловые расчёты; строить расчётные сетки; анализировать результаты в базовом объёме.	многодисциплинарные расчёты (сопряжённый теплообмен, термомеханика, аэроупругость); проводить топологическую оптимизацию; верифицировать модели по экспериментальным данным.

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
	оптимизацию; строить расчётные сетки; получать распределения давления и скорости; верифицировать CFD-модели; выполнять прочностной расчёт ответственных деталей; проводить расчёт теплового состояния; рассчитывать контактные давления и зазоры. **Владеть:**			

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
	навыками работы в CAE-системах (ANSYS, Simcenter, OpenFOAM).			
ПК-3. Способен планировать и проводить экспериментальные исследования (испытания) поршневых двигателей, турбомашин и их компонентов, обрабатывать и	**Знать:** методы планирования эксперимента; методы обработки статистических данных; требования к проведению испытаний. **Уметь:** разрабатывать программу	Подготовка к защите ВКР	Способен разработать программу испытаний по типовой методике; обработать результаты с использованием стандартных статисти	Способен разработать оригинальную методику испытаний; использовать современное диагностическое оборудование; выполнить глубокий статистический анализ; сформулировать обоснованные технические

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
анализировать полученные данные, формулировать выводы и технические рекомендации	и методику испытаний; подбирать средства измерений; обрабатывать статистические данные; разрабатывать программу испытаний на беговых барабанах; обрабатывать данные газоанализатора; планировать сравнительные эксперименты; разрабаты		ческих методов.	рекомендации.

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
	вать план виброакустических испытаний; обрабатывать данные с акселерометров и микрофонов; сравнивать результаты с нормативами. **Владеть:** навыками проведения испытаний и обработки экспериментальных данных.			
ПК-4. Способен	**Знать:** методы	Подготовка	Способен	Способен выполнить

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
оценивать технологичность конструкций, разрабатывать и сопровождать технологические процессы изготовления деталей и сборки узлов поршневых двигателей и турбомашин	оценки технологичности; требования к разработке технологических процессов (ЕСТД). **Уметь:** проводить анализ технологичности; разрабатывать маршрутные и операционные технологические процессы; обосновывать выбор материала; определять параметры термообра	к защите ВКР	выполнить анализ технологичности детали; разработать маршрутный технологический процесс.	детальный анализ технологичности с выявлением всех сложных элементов; разработать полный комплект технологической документации (маршрутные и операционные карты); предложить конкретные изменения конструкции для повышения технологичности.

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
	ботки; оценивать влияние материала на выбор заготовки; вносить изменения в конструкцию для повышения технологичности; выбирать рациональные конструктивные формы; разрабатывать технологические процессы сборки. **Владеть:** навыками разработки			

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
	технологической документации.			
ПК-5. Способен выполнять диагностику, анализировать причины неисправностей и дефектов поршневых двигателей и турбомашин в процессе их эксплуатации и испытаний, разрабатывать	**Знать:** методы диагностики поршневых двигателей и турбомашин; типовые неисправности и методы их устранения. **Уметь:** строить «дерево отказов»; разрабатывать алгоритмы диагностики;	Процедура защиты ВКР	Способен выполнить диагностику типовых неисправностей с использованием стандартных методов; разработать мероприятия по устранению дефектов.	Способен выполнять комплексную диагностику с использованием современного оборудования (сканеры, газоанализаторы, течеискатели, виброметры); разрабатывать оригинальные алгоритмы диагностики; давать

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
мероприятия по их устранению	составлять технологические карты ремонта; расшифровывать коды неисправностей (OBD-II); анализировать параметры двигателя в реальном времени; определять неисправные элементы систем управления; проводить диагностику герметичности газовой			рекомендации по обслуживанию с учётом пробега и выявленных дефектов.

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Этап ГИА	Уровни освоения компетенции	
	магистрали; выполнять регулировку газового редуктора; разрабатывать рекомендации по обслуживанию ГБО. **Владеть:** навыками работы с диагностическим оборудованием.			

Примечание к приложению:

1. Уровни освоения компетенций оцениваются в ходе государственной итоговой аттестации следующим образом:

- **Базовый уровень** соответствует оценке «удовлетворительно» при условии выполнения всех базовых критериев.
- **Повышенный уровень** соответствует оценкам «хорошо» и «отлично» при условии выполнения как базовых, так и повышенных критериев.

2. Оценка уровня освоения каждой компетенции осуществляется государственной экзаменационной комиссией на основе анализа содержания выпускной квалификационной работы (подготовка к защите) и качества доклада и ответов на вопросы (процедура защиты).

3. Для получения положительной оценки по государственной итоговой аттестации обучающийся должен продемонстрировать освоение всех компетенций не ниже базового уровня. Освоение компетенций на повышенном уровне является основанием для выставления оценки «хорошо» или «отлично» в зависимости от количества и качества освоенных компетенций.

Приложение 2. Примерная тематика выпускных квалификационных работ

Темы выпускных квалификационных работ формируются в строгом соответствии с этапами сквозного проекта, выполняемого обучающимся на протяжении всего периода обучения. Каждая тема должна отражать реальную задачу в области проектирования, расчёта, технологической подготовки, испытаний или эксплуатации поршневых двигателей и турбомашин, а также предусматривать использование современных CAD/CAE/CFD-систем и методов компьютерного моделирования.

Ниже приведён перечень типовых тем, сгруппированных по этапам сквозного проекта. Обучающемуся предоставляется право выбора темы из утверждённого на кафедре перечня, а также право предложения собственной темы с обоснованием её актуальности и практической значимости. По письменному заявлению обучающегося тема выпускной квалификационной работы может быть рекомендована предприятием-партнёром, на котором обучающийся проходил производственную практику.

Этап 1. Анализ и техническое предложение (сквозное проектирование)

Темы, связанные с обоснованием выбора прототипа, анализом существующих конструкций поршневых двигателей и турбомашин, разработкой технического задания на проектирование.

1. Анализ существующих конструкций поршневых двигателей для легковых автомобилей и обоснование выбора прототипа для проектирования.
2. Сравнительный анализ турбокомпрессоров для дизельных двигателей и выбор оптимальной конструкции для заданных эксплуатационных параметров.
3. Анализ конструкций газораспределительных механизмов современных двигателей внутреннего сгорания и обоснование выбора прототипа.

4. Обзор и анализ систем охлаждения поршневых двигателей транспортных средств и разработка технического задания на проектирование.

5. Сравнительный анализ конструкций лопаточных машин газотурбинных двигателей и обоснование выбора прототипа для расчётно-экспериментального исследования.

6. Анализ систем смазки поршневых двигателей и разработка технических требований к модернизации масляного насоса.

7. Обзор и анализ кривошипно-шатунных механизмов двигателей внутреннего сгорания различного назначения и обоснование выбора прототипа.

8. Анализ конструкций камер сгорания газотурбинных двигателей и разработка технического задания на проектирование.

Этап 2. CAD. Освоение (3D-моделирование узлов и агрегатов)

Темы, посвящённые 3D-моделированию узлов и агрегатов поршневых двигателей и турбомашин с использованием современных CAD-систем.

1. 3D-моделирование кривошипно-шатунного механизма рядного четырёхцилиндрового двигателя внутреннего сгорания.

2. Разработка параметрических 3D-моделей деталей газораспределительного механизма двигателя внутреннего сгорания.

3. 3D-моделирование турбокомпрессора и его компонентов с использованием CAD-системы Siemens NX.

4. Создание сборочной 3D-модели поршневой группы двигателя внутреннего сгорания с параметризацией основных геометрических параметров.

5. 3D-моделирование рабочего колеса осевого компрессора газотурбинного двигателя.

6. Разработка 3D-модели системы впуска двигателя внутреннего сгорания с учётом газодинамических требований.

7. 3D-моделирование корпусных деталей поршневого двигателя (блок цилиндров, головка блока цилиндров).

8. Создание 3D-модели камеры сгорания газотурбинного двигателя с параметризацией геометрических характеристик.

Этап 3. CAE. Расчёты (прочностной, тепловой и газодинамический анализ)

Темы, связанные с прочностным, тепловым и газодинамическим анализом деталей и узлов поршневых двигателей и турбомашин с применением CAE-систем.

1. Прочностной анализ шатуна двигателя внутреннего сгорания методом конечных элементов в ANSYS Workbench.
2. Термомеханический анализ поршня двигателя внутреннего сгорания при циклическом нагружении.
3. Газодинамический анализ впускного тракта двигателя внутреннего сгорания с использованием CFD-моделирования.
4. Топологическая оптимизация кронштейна навесного оборудования двигателя внутреннего сгорания.
5. Анализ усталостной долговечности коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания при циклическом нагружении.
6. Тепловой анализ рабочего колеса турбины газотурбинного двигателя с использованием сопряжённого теплообмена.
7. Газодинамический анализ течения в камере сгорания газотурбинного двигателя с оценкой гидравлических потерь.
8. Прочностной анализ лопатки компрессора газотурбинного двигателя с учётом центробежных и газодинамических нагрузок.

Этап 4. Разработка конструкторской документации (полный комплект чертежей и спецификаций)

Темы по оформлению полного комплекта конструкторской документации на узлы и агрегаты поршневых двигателей и турбомашин в соответствии с требованиями ЕСКД.

1. Разработка полного комплекта конструкторской документации на кривошипно-шатунный механизм двигателя внутреннего сгорания.

2. Оформление рабочей конструкторской документации на газораспределительный механизм двигателя внутреннего сгорания с расчётом размерных цепей.

3. Разработка сборочных чертежей и спецификаций на турбокомпрессор двигателя внутреннего сгорания.

4. Оформление конструкторской документации на поршневую группу двигателя внутреннего сгорания с простановкой допусков и посадок.

5. Разработка чертежей общего вида и рабочих чертежей деталей системы охлаждения поршневого двигателя.

6. Оформление комплекта конструкторской документации на впускной коллектор двигателя внутреннего сгорания с учётом технологических требований.

7. Разработка сборочных чертежей и спецификаций на масляный насос двигателя внутреннего сгорания.

8. Оформление конструкторской документации на узел подвески двигателя внутреннего сгорания с расчётом размерных цепей.

Этап 5. Интеграция, технологическая подготовка, диагностика (полный цикл)

Темы, объединяющие технологические процессы, диагностику, эксплуатацию и экономическое обоснование проектных решений (полный цикл сквозного проекта).

1. Проектирование, расчёт и технологическая подготовка производства поршня двигателя внутреннего сгорания с разработкой комплекта КД.

2. Разработка технологии изготовления коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания с проектированием маршрутного и операционного технологических процессов.

3. Проектирование, CAE-анализ и технология изготовления шатуна двигателя внутреннего сгорания.

4. Разработка технологии сборки газораспределительного механизма двигателя внутреннего сгорания с проектированием сборочного процесса.

5. Диагностика неисправностей системы питания дизельного двигателя и разработка мероприятий по повышению эксплуатационной надёжности.

6. Проектирование, расчёт и технология восстановления коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания с экономическим обоснованием.

7. Разработка системы диагностики электронных систем управления двигателем внутреннего сгорания с использованием OBD-II.

8. Проектирование и технологическая подготовка производства лопатки турбины газотурбинного двигателя с разработкой комплекта КД.

9. Разработка технологии диагностики и обслуживания системы газобаллонного оборудования двигателя внутреннего сгорания.

10. Проектирование, расчёт и технология изготовления выпускного коллектора двигателя внутреннего сгорания с экономическим обоснованием.

11. Разработка мероприятий по снижению выбросов токсичных веществ двигателем внутреннего сгорания с проектированием системы нейтрализации.

12. Проектирование, CAE-анализ и технология изготовления гильзы цилиндра двигателя внутреннего сгорания.

Примечания к приложению:

1. Приведённый перечень тем является примерным и не исчерпывающим. Конкретные темы выпускных квалификационных работ ежегодно утверждаются кафедрой «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики» на основе актуальных задач двигателестроения, запросов предприятий-партнёров и научных интересов руководителей.

2. Обучающийся может предложить собственную тему выпускной квалификационной работы, не входящую в приведённый перечень, при условии обоснования её актуальности и практической значимости. Такая тема утверждается заведующим кафедрой по согласованию с руководителем выпускной квалификационной работы.

3. Темы выпускных квалификационных работ могут быть сквозными, объединяющими несколько этапов сквозного проекта (например, от анализа прототипов до разработки конструкторской документации и технологической подготовки производства). В этом случае работа охватывает полный цикл проектирования и является наиболее предпочтительной.

4. При формулировании темы выпускной квалификационной работы рекомендуется указывать конкретный тип двигателя (поршневой, газотурбинный, комбинированный), его назначение (автомобильный, тракторный, судовой, стационарный) и конкретный объект проектирования или исследования (деталь, узел, система, технологический процесс).

5. Для обучающихся, проходивших производственную практику на предприятиях-партнёрах, рекомендуется выбирать темы, связанные с реальными задачами этих предприятий. В этом случае выпускная квалификационная работа может выполняться на основе материалов, собранных в период практики, а её результаты могут быть внедрены в производство.

Приложение 3. Рекомендуемая структура выпускной квалификационной работы

Пояснительная записка выпускной квалификационной работы должна иметь чёткую, логически выстроенную структуру, отражающую этапы сквозного проектирования, выполняемого обучающимся на протяжении всего периода обучения. Ниже приведено типовое содержание пояснительной записки с указанием разделов, подразделов и рекомендуемых объёмов в страницах. Приведённые объёмы являются ориентировочными и могут корректироваться по согласованию с руководителем выпускной квалификационной работы в зависимости от специфики темы и характера исследования.

Общий рекомендуемый объём пояснительной записки составляет 60–80 страниц машинописного текста (без учёта приложений). В указанный объём не включаются титульный лист, задание на выпускную квалификационную работу, аннотация, содержание, список использованных источников и литературы, а также приложения.

Структура пояснительной записки

Титульный лист (1 страница)

Титульный лист оформляется в соответствии с установленным образцом и содержит полное наименование министерства, университета, факультета, кафедры, направление подготовки, профиль, тему работы, сведения об авторе, руководителе, нормоконтролёре, заведующем кафедрой, город и год выполнения.

Задание на выпускную квалификационную работу (1–2 страницы)

Задание содержит тему работы, исходные данные для выполнения работы, перечень подлежащих разработке вопросов, календарный план выполнения работы с указанием сроков завершения этапов, перечень графического и иллюстративного материала, сведения о руководителе и консультантах. Задание

подписывается обучающимся, руководителем и утверждается заведующим кафедрой.

Аннотация (1 страница)

Аннотация содержит: объём работы в страницах; количество рисунков, таблиц, источников информации; перечень ключевых слов (от 5 до 15); объект исследования; цель работы; краткое содержание работы по разделам; основные результаты и выводы. Рекомендуемый объём текста аннотации — не более 2000 знаков.

Содержание (1–2 страницы)

Содержание включает наименования всех разделов, подразделов и приложений с указанием номеров страниц, с которых они начинаются. Наименования разделов и подразделов должны точно соответствовать их наименованиям в тексте пояснительной записки.

Введение (2–3 страницы)

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, формулируются цель и задачи выпускной квалификационной работы, определяются объект и предмет исследования, указываются методы исследования, даётся краткая характеристика структуры работы. При необходимости во введении также указывается практическая значимость работы и область возможного внедрения результатов.

Глава 1. Аналитическая часть и техническое задание (10–15 страниц)

Глава соответствует этапу 1 сквозного проекта «Анализ и техническое предложение».

1.1. Обзор существующих конструкций-прототипов

В подразделе проводится анализ отечественных и зарубежных конструкций-прототипов поршневых двигателей или турбомашин, аналогичных объекту проектирования. Анализ включает описание устройства, принципа работы, технических характеристик, достоинств и недостатков. Приводятся схемы, иллюстрации, сравнительные таблицы.

1.2. Патентный обзор

В подразделе анализируются патентные материалы по теме работы. Выявляются известные технические решения, их преимущества и недостатки. Определяется область, в которой предлагаемое решение является новым или усовершенствованным.

1.3. Обоснование выбора прототипа

На основе проведённого анализа обосновывается выбор прототипа для проектирования. Приводятся критерии сравнения, количественные и качественные показатели, на основании которых сделан выбор.

1.4. Техническое задание на проектирование

Формулируется техническое задание на проектируемый узел или систему. Техническое задание включает: наименование и назначение изделия; технические требования (показатели назначения, требования к надёжности, условиям эксплуатации, массогабаритные характеристики); требования к конструкторской документации; требования к технологичности; требования к безопасности; этапы разработки и сроки.

Глава 2. Конструкторская часть (15–20 страниц)

Глава соответствует этапу 2 сквозного проекта «CAD. Освоение» и части этапа 4 «Разработка конструкторской документации».

2.1. Описание CAD-системы и методов моделирования

В подразделе обосновывается выбор CAD-системы для выполнения 3D-моделирования. Описываются основные принципы параметрического моделирования, используемые в работе.

2.2. 3D-моделирование деталей

В подразделе описывается процесс создания параметрических 3D-моделей деталей, входящих в проектируемый узел. Приводятся скриншоты моделей, описываются конструктивные особенности, параметрические связи. Объём подраздела зависит от количества и сложности деталей.

2.3. Формирование сборочной единицы

В подразделе описывается процесс создания сборочной единицы из разработанных 3D-моделей деталей. Описываются заданные геометрические сопряжения (соосность, совпадение,

касание и др.). Проводится анализ сборки на интерференции. Приводятся скриншоты сборки в сборе и в разрезе.

2.4. Разработка конструкторской документации

В подразделе описывается процесс оформления конструкторской документации в соответствии с требованиями ЕСКД. Описываются: сборочный чертёж (формат А1), спецификация, рабочие чертежи деталей (форматы А3–А4). Приводятся примеры оформленных чертежей (в уменьшенном масштабе или в виде выносок).

2.5. Назначение допусков и посадок

В подразделе обосновывается назначение полей допусков и посадок для типовых сопряжений. Приводятся таблицы допусков, квалитетов, посадок. Описываются допуски формы и расположения поверхностей, проставленные на рабочих чертежах.

2.6. Расчёт размерных цепей

В подразделе выполняется расчёт размерных цепей для обеспечения сборки проектируемого узла. Приводится схема размерной цепи, уравнения расчёта, результаты расчёта. Делается вывод о собираемости узла.

Глава 3. Расчётно-исследовательская часть (15–20 страниц)

Глава соответствует этапу 3 сквозного проекта «CAE. Расчёты».

3.1. Описание CAE-системы и методов расчёта

В подразделе обосновывается выбор CAE-системы для выполнения расчётов (ANSYS Workbench, Simcenter, OpenFOAM и др.). Описываются методы конечно-элементного анализа или вычислительной гидрогазодинамики, применяемые в работе.

3.2. Подготовка расчётной модели

В подразделе описывается процесс подготовки геометрии к расчёту (импорт из CAD-системы, упрощение, устранение мелких элементов). Описывается построение конечно-элементной или конечно-объёмной сетки: тип элементов, размер, контроль качества сетки. Приводятся скриншоты сетки.

3.3. Задание граничных условий и нагрузок

В подразделе описываются физические свойства материалов, заданные граничные условия (закрепления, начальные и

граничные условия теплообмена), нагрузки (силы, давления, температуры). Приводятся расчётные схемы, таблицы параметров.

3.4. Результаты прочностного анализа (FEA)

В подразделе приводятся результаты прочностного расчёта: поля напряжений (эквивалентные напряжения по Мизесу), поля деформаций, коэффициенты запаса прочности. Анализируются наиболее нагруженные зоны. Приводятся цветовые карты, графики, таблицы.

3.5. Результаты теплового анализа

В подразделе приводятся результаты теплового расчёта: поля температур, тепловые потоки. Анализируется тепловое состояние детали или узла. Приводятся цветовые карты, графики распределения температур.

3.6. Результаты газодинамического анализа (CFD)

В подразделе приводятся результаты газодинамического расчёта: поля давлений, поля скоростей, линии тока, гидравлические потери. Анализируются особенности течения рабочего тела. Приводятся цветовые карты, векторные поля, графики.

3.7. Анализ усталостной долговечности

В подразделе выполняется анализ усталостной долговечности детали при циклическом нагружении с учётом реального спектра нагрузок. Приводятся кривые усталости, коэффициенты запаса по усталости, результаты расчёта ресурса.

3.8. Оптимизация конструкции

В подразделе описываются проведённые оптимизационные расчёты: параметрическая оптимизация (изменение геометрических параметров для улучшения характеристик) и (или) топологическая оптимизация (перераспределение материала для минимизации массы при сохранении прочности). Приводятся результаты оптимизации, сравнение исходного и оптимизированного вариантов.

3.9. Верификация расчётных моделей

В подразделе описывается верификация расчётных моделей (сравнение с теоретическими данными, аналитическими расчётами, результатами испытаний или данными из литературных источников). Делается вывод о достоверности полученных результатов.

Глава 4. Технологическая часть (10–15 страниц)

Глава соответствует этапу 4 сквозного проекта «Разработка конструкторской документации» в части технологической подготовки.

4.1. Анализ технологичности конструкции

В подразделе проводится анализ технологичности деталей, входящих в проектируемый узел. Выявляются сложные для изготовления элементы. Даются рекомендации по изменению конструкции для повышения технологичности.

4.2. Обоснование выбора материала

В подразделе обосновывается выбор материала для деталей с учётом условий работы, технологии изготовления и стоимости. Приводятся сравнительные характеристики материалов, таблицы свойств.

4.3. Выбор метода получения заготовки и термообработки

В подразделе определяется метод получения заготовки (литьё, штамповка, прокат и др.). Назначаются вид и параметры термообработки для достижения заданных свойств. Обосновывается влияние материала на выбор метода получения заготовки.

4.4. Разработка маршрутного технологического процесса

В подразделе разрабатывается маршрутный технологический процесс изготовления детали. Определяется последовательность операций. Выбираются оборудование, оснастка, средства контроля. Приводится маршрутная карта (в тексте или в приложении).

4.5. Разработка операционной карты

В подразделе составляется операционная карта на одну операцию механической обработки. Приводятся эскиз наладки, режимы резания (скорость, подача, глубина резания), расчёт норм времени. Операционная карта оформляется в соответствии с требованиями ЕСТД.

4.6. Разработка технологического процесса сборки

В подразделе разрабатывается технологический процесс сборки проектируемого узла. Определяется последовательность сборки, методы обеспечения точности, средства контроля. Приводится схема сборки.

Глава 5. Эксплуатационная и диагностическая часть (10–12 страниц)

Глава соответствует этапу 5 сквозного проекта «Интеграция, защита ВКР» в части эксплуатации и диагностики.

5.1. Анализ типовых неисправностей

В подразделе анализируются типовые неисправности проектируемого узла или системы. Приводятся причины возникновения, внешние проявления, последствия.

5.2. Построение «дерева отказов»

В подразделе строится «дерево отказов» для типовой неисправности двигателя или узла. Приводится схема дерева отказов, анализ причинно-следственных связей.

5.3. Разработка алгоритмов диагностики

В подразделе разрабатывается алгоритм пошаговой диагностики неисправностей. Приводится блок-схема алгоритма, описание этапов диагностирования, методы и средства диагностики.

5.4. Разработка технологических карт ремонта

В подразделе составляются технологические карты на ремонт конкретных дефектов. Приводится перечень работ, оборудование, инструмент, материалы, нормы времени.

5.5. Рекомендации по эксплуатации и обслуживанию

В подразделе формулируются рекомендации по эксплуатации и техническому обслуживанию проектируемого узла или системы. Указываются периодичность обслуживания, контролируемые параметры, предельные состояния.

5.6. Диагностика электронных систем управления (при наличии тематики)

В подразделе описывается работа с диагностическим оборудованием: расшифровка кодов неисправностей OBD-II, анализ параметров двигателя в реальном времени, определение неисправных элементов системы управления.

5.7. Диагностика газобаллонного оборудования (при наличии тематики)

В подразделе описывается диагностика герметичности газовой магистрали с помощью течеискателя, регулировка и

диагностика газового редуктора, разработка рекомендаций по обслуживанию элементов газобаллонного оборудования.

Глава 6. Экономическое обоснование и вопросы сертификации (8–10 страниц)

Глава соответствует этапу 5 сквозного проекта «Интеграция, защита ВКР» в части экономики и сертификации.

6.1. Технико-экономическое обоснование проектных решений

В подразделе приводится технико-экономическое обоснование принятых проектных решений. Оцениваются затраты на разработку и (или) изготовление проектируемого изделия.

6.2. Расчёт экономической эффективности

В подразделе выполняется расчёт экономической эффективности внедрения разработанных решений. При наличии тематики рассчитывается экономический эффект от снижения расхода топлива, увеличения ресурса, снижения себестоимости и т.п. Приводятся таблицы исходных данных, формулы расчёта, результаты.

6.3. Оценка рыночной перспективности

В подразделе оценивается рыночная перспективность разработки. Анализируются потенциальные потребители, конкуренты, цены. Приводится прогноз спроса.

6.4. Вопросы сертификации и подтверждения соответствия

В подразделе рассматриваются вопросы сертификации проектируемого изделия. Указываются требования нормативно-технической документации, подлежащие подтверждению. Описывается порядок сертификации, перечень необходимых испытаний и документов.

Заключение (2–3 страницы)

В заключении приводятся краткие выводы по результатам выполненной работы в соответствии с поставленными во введении задачами. Указываются основные научно-технические и практические результаты работы: разработанная конструкция, полученные расчётные характеристики, принятые технологические решения, диагностические мероприятия,

экономические показатели. Отмечаются возможности внедрения результатов работы в производство. Указываются перспективы дальнейших исследований и разработок по теме.

Список использованных источников и литературы (2–4 страницы)

Список содержит все источники, на которые имеются ссылки в тексте работы. Рекомендуемое количество источников — не менее 30–40 наименований. Список включает: учебную и научную литературу, нормативно-техническую документацию (ГОСТы, стандарты предприятия, технические условия), патентные материалы, электронные ресурсы. Список оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1 и ГОСТ 7.82.

Приложения (без ограничения объёма)

Приложения содержат вспомогательный материал, дополняющий основной текст. В приложения могут включаться:

- копии чертежей формата А1 в уменьшенном масштабе (для удобства размещения в пояснительной записке);
- распечатки 3D-моделей (скриншоты) в увеличенном формате;
- подробные расчётные таблицы (если они не помещаются в основном тексте);
- листинги программ (при наличии разработки программного обеспечения);
- копии патентов, проспектов, каталогов;
- акты внедрения результатов работы на предприятии (при наличии);
- иллюстрации вспомогательного характера, не включённые в основной текст.

Каждое приложение должно иметь заголовок и обозначение (Приложение А, Приложение Б и т.д.). На все приложения в основном тексте должны быть даны ссылки.

Примечания к приложению:

1. Приведённая структура является типовой и рекомендуется для большинства выпускных квалификационных работ по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое

машиностроение», профиль «Поршневые двигатели и турбомашины». В зависимости от конкретной темы работы и специфики исследования структура может быть изменена по согласованию с руководителем выпускной квалификационной работы.

2. При выполнении работы, посвящённой преимущественно одному из этапов сквозного проекта (например, только CAE-анализу или только технологической подготовке), объём соответствующих глав может быть увеличен за счёт других глав. При этом работа должна сохранять целостность и полноту представления результатов.

3. Графическая часть выпускной квалификационной работы (чертежи, плакаты, презентация) выполняется отдельно от пояснительной записки. В тексте пояснительной записки размещаются ссылки на чертежи и скриншоты (уменьшенные копии) для иллюстрации основных положений.

4. Рекомендуемое количество чертежей в графической части — 6–8 листов формата А1. Минимальный состав чертежей: сборочный чертёж узла (формат А1), рабочие чертежи оригинальных деталей (2–4 листа формата А3–А4), чертежи, иллюстрирующие результаты CAE-анализа (поля напряжений, температур, давлений), технологические схемы и карты (при необходимости), схема сборки (при необходимости). Допускается замена части чертежей (до 50 процентов объёма) презентационными слайдами высокого качества.

Приложение 4. Образец титульного листа пояснительной записки выпускной квалификационной работы

Титульный лист является первой страницей пояснительной записки выпускной квалификационной работы. Он оформляется в соответствии с требованиями Московского политехнического университета и содержит все необходимые реквизиты. Ниже приведён шаблон титульного листа, который должен быть заполнен и подписан соответствующими лицами перед брошюровкой пояснительной записки.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Транспортный факультет

Кафедра «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики»

Направление подготовки: 13.03.03 Энергетическое машиностроение

Профиль: «Поршневые двигатели и турбомашины»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(тип работы – бакалаврская работа)

Тема:
_____
____
(указывается полное наименование темы работы в именительном падеже
в соответствии с приказом ректора)
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Выполнил(а):
студент(ка) группы _____ _____
_____
(номер группы) (подпись) (инициалы, фамилия)

Руководитель:
_____ _____
_____
(должность, учёная степень, учёное звание) (подпись) (инициалы, фамилия)

Консультанты (при наличии):
_____ _____
_____
(должность, учёная степень, учёное звание) (подпись) (инициалы, фамилия)

_____ _____
_____
(должность, учёная степень, учёное звание) (подпись) (инициалы, фамилия)

Нормоконтролёр:

_____ _____ _____

(должность, учёная степень, учёное звание) (подпись) (инициалы, фамилия)

ДОПУСКАЕТСЯ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
«Энергоустановки для транспорта и малой энергетики»

_____ _____ _____

(учёная степень, учёное звание) (подпись) (инициалы, фамилия)

Москва – 20___ г.

Пояснения по заполнению титульного листа:

1. **Министерство и университет** – указывается полное наименование министерства и университета без сокращений.
2. **Факультет и кафедра** – указывается полное наименование транспортного факультета и кафедры «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики».
3. **Направление подготовки и профиль** – указывается код и полное наименование направления подготовки (13.03.03 Энергетическое машиностроение) и профиля («Поршневые двигатели и турбомашины»).
4. **Тип работы** – указывается «Выпускная квалификационная работа» и в скобках – «бакалаврская работа».
5. **Тема работы** – указывается полное наименование темы в именительном падеже, в точном соответствии с приказом ректора университета об утверждении тем выпускных квалификационных работ. Тема печатается прописными (заглавными) буквами.
6. **Выполнил** – указывается номер учебной группы, ставится подпись обучающегося и его инициалы с фамилией.
7. **Руководитель** – указывается должность, учёная степень, учёное звание руководителя (например, «профессор

кафедры, д.т.н., профессор» или «доцент кафедры, к.т.н., доцент»), ставится подпись и инициалы с фамилией.

8. **Консультанты** – заполняется при наличии консультантов по отдельным разделам работы (например, по экономической части, по вопросам сертификации, по безопасности жизнедеятельности). Если консультанты отсутствуют, строки удаляются.

9. **Нормоконтролёр** – указывается должность, учёная степень, учёное звание нормоконтролёра, ставится его подпись и инициалы с фамилией. Подпись нормоконтролёра ставится после проверки работы на соответствие требованиям ЕСКД, ЕСТД и локальным нормативным актам университета.

10. **Допуск к защите** – заведующий кафедрой ставит свою подпись, указывает учёную степень и учёное звание, инициалы и фамилию после принятия решения о допуске выпускной квалификационной работы к защите.

11. **Город и год** – указывается «Москва» и год выполнения работы (без слова «год»).

Требования к оформлению титульного листа:

- Титульный лист выполняется на листе белой бумаги формата А4 (297×210 мм).
- Текст на титульном листе располагается без рамки.
- Наименование министерства, университета, факультета и кафедры печатается шрифтом Times New Roman, 14 кегль.
- Словосочетание «ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА» печатается прописными (заглавными) буквами, шрифтом Times New Roman, 16–18 кегль, полужирный.
- Тема работы печатается прописными (заглавными) буквами, шрифтом Times New Roman, 14–16 кегль, полужирный.
- Остальной текст печатается шрифтом Times New Roman, 14 кегль.
- Поля страницы: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее – 15 мм, нижнее – 20 мм.
- Номер страницы на титульном листе не проставляется, но титульный лист учитывается в общей нумерации страниц (как страница 1).

Примечание:

При оформлении титульного листа в текстовом редакторе Microsoft Word рекомендуется использовать стили для выравнивания: все строки с реквизитами министерства, университета, факультета, кафедры выравниваются по центру. Строка с темой работы также выравнивается по центру. Реквизиты «Выполнил», «Руководитель», «Консультанты», «Нормоконтролёр», «ДОПУСКАЕТСЯ К ЗАЩИТЕ» и соответствующие им подписи и фамилии выравниваются по правому краю или с использованием табуляции для выравнивания по правому краю. Допускается использование таблицы с невидимыми границами для удобного выравнивания реквизитов в правой части листа.

Приложение 5. Образец задания на выпускную квалификационную работу

Задание на выпускную квалификационную работу является основным документом, определяющим содержание, объём, сроки и порядок выполнения выпускной квалификационной работы. Задание разрабатывается руководителем выпускной квалификационной работы, утверждается заведующим кафедрой и выдаётся обучающемуся не позднее, чем за один месяц до начала государственной итоговой аттестации.

Ниже приведён шаблон задания на выпускную квалификационную работу, который должен быть заполнен, подписан обучающимся, руководителем и утверждён заведующим кафедрой.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Транспортный факультет

Кафедра «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики»

Направление подготовки: 13.03.03 Энергетическое машиностроение

Профиль: «Поршневые двигатели и турбомашины»

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

Студент(ка):
_____
(фамилия, имя, отчество полностью, номер учебной группы)

1. Тема выпускной квалификационной работы:
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Утверждена приказом ректора от «___» _____ 20___ г. № _____

2. Исходные данные и исходная документация к работе:
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

3. Перечень подлежащих разработке вопросов (основное содержание работы):

3.1. Аналитическая часть и техническое задание:
_____
_____
_____
_____

3.2. Конструкторская часть (3D-моделирование и чертежи):

_____
_____
_____
_____

3.3. Расчётно-исследовательская часть (CAE-анализ):

_____
_____
_____
_____

3.4. Технологическая часть:

_____
_____
_____
_____

3.5. Эксплуатационная и диагностическая часть:

_____
_____
_____
_____

3.6. Экономическое обоснование и вопросы сертификации:

_____
_____
_____
_____

4. Перечень графического и иллюстративного материала:

4.1. Пояснительная записка объёмом _____ страниц.
4.2. Графическая часть – _____ листов формата А1.
4.3. Презентация – _____ слайдов.
4.4. Дополнительный иллюстративный материал (при наличии):

_____
_____

_____
_____

5. Календарный план выполнения работы:

№ п/п	Наименование этапа работы	Срок выполнения	Отметка о выполнении
1	Выбор темы, получение задания, подбор литературы		
2	Аналитическая часть и техническое задание		
3	Конструкторская часть (3D-моделирование)		
4	Разработка конструкторской документации (чертежи)		
5	Расчётно-исследовательская часть (CAE-анализ)		
6	Технологическая часть		
7	Эксплуатационная и диагностическая часть		
8	Экономическое обоснование и сертификация		
9	Оформление пояснительной записки		
10	Предзащита на кафедре		
11	Устранение замечаний, подготовка к защите		

6. Сведения о руководителе и консультантах (при наличии):

Должность	Учёная степень, учёное звание	Фамилия, инициалы
Руководитель		
Консультант по технологической части		
Консультант по экономической части		
Консультант по вопросам безопасности		
Консультант по вопросам сертификации		

7. Срок сдачи законченной работы на кафедру: «___» _____ 20___ г.

8. Дата выдачи задания: «___» _____ 20___ г.

Задание принял(а) к исполнению: Руководитель выпускной

квалификационной работы:

_____ _____ _____
_____

(подпись) (инициалы, фамилия) (подпись) (инициалы, фамилия)

«___» _____ 20___ г.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
«Энергоустановки для транспорта и малой энергетики»

_____ _____
(подпись) (инициалы, фамилия)

«___» _____ 20___ г.

Пояснения по заполнению задания на выпускную квалификационную работу:

1. **Студент** – указываются фамилия, имя, отчество обучающегося полностью и номер учебной группы.
2. **Тема работы** – указывается полное наименование темы в именительном падеже, в точном соответствии с приказом ректора университета об утверждении тем выпускных квалификационных работ. Ниже указывается номер и дата приказа.
3. **Исходные данные и исходная документация** – перечисляются исходные данные, необходимые для выполнения работы: технические характеристики проектируемого изделия, параметры режима работы, условия эксплуатации, нормативно-техническая документация (ГОСТы, ОСТы, ТУ), результаты предшествующих исследований, материалы, собранные в период прохождения преддипломной практики, и т.п.
4. **Перечень подлежащих разработке вопросов** – детально описывается содержание каждого раздела работы в соответствии с этапами сквозного проекта:

- аналитическая часть (обзор прототипов, патентный обзор, обоснование выбора прототипа);
- техническое задание;
- конструкторская часть (3D-моделирование, чертежи, спецификации);
- расчётно-исследовательская часть (прочностной, тепловой, газодинамический анализ, оптимизация, верификация);
- технологическая часть (анализ технологичности, выбор материалов, разработка технологических процессов);
- эксплуатационная и диагностическая часть (анализ неисправностей, алгоритмы диагностики, ремонт, обслуживание);
- экономическое обоснование и вопросы сертификации.

5. **Перечень графического и иллюстративного материала** – указывается объём пояснительной записки (в страницах), количество листов графической части формата А1, количество слайдов презентации, а также при необходимости – дополнительный иллюстративный материал (плакаты, макеты, видео-презентации и т.п.).

6. **Календарный план выполнения работы** – заполняется в виде таблицы, в которой указываются наименование этапов работы, сроки выполнения (с разбивкой по неделям или месяцам) и отметки о выполнении (проставляются руководителем после завершения каждого этапа). Конкретный перечень этапов и сроки могут корректироваться в зависимости от темы работы и специфики исследования.

7. **Сведения о руководителе и консультантах** – указываются должность, учёная степень, учёное звание, фамилия и инициалы руководителя. При наличии консультантов по отдельным разделам работы (технологическая часть, экономическое обоснование, вопросы безопасности, сертификация и т.п.) заполняются соответствующие строки.

8. **Срок сдачи законченной работы на кафедру** – указывается дата, не позднее которой работа должна быть представлена на кафедру для прохождения предзащиты, нормоконтроля и допуска к защите.

9. **Дата выдачи задания** – указывается дата выдачи задания обучающемуся (как правило, не позднее чем за один месяц до начала государственной итоговой аттестации).

10. **Подписи** – задание подписывается обучающимся (означает принятие задания к исполнению) и руководителем. Затем задание утверждается заведующим кафедрой. Подписи заверяются указанием даты подписания.

Примечания к приложению:

1. Задание на выпускную квалификационную работу оформляется на листах белой бумаги формата А4. Шрифт – Times New Roman, 14 кегль. Поля страницы: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее – 15 мм, нижнее – 20 мм.
2. Задание подшивается в пояснительную записку после титульного листа. Номер страницы на задании проставляется (как правило, страница 2).
3. При изменении темы или содержания работы в процессе выполнения оформляется новое задание с соответствующей корректировкой. Старое задание аннулируется.
4. В случае выполнения выпускной квалификационной работы несколькими обучающимися совместно (над общей темой) задание оформляется на каждого обучающегося отдельно с указанием индивидуальной части работы.

Приложение 6. Образец отзыва руководителя выпускной квалификационной работы

Отзыв руководителя является обязательным документом, который составляется научным руководителем по завершении выполнения выпускной квалификационной работы. Отзыв должен отражать степень самостоятельности обучающегося, качество выполненной работы, её соответствие заданию, а также содержать вывод о допуске или недопуске работы к защите. Отзыв предоставляется на кафедру не позднее чем за 7 календарных дней до даты начала проведения защиты выпускной квалификационной работы.

Ниже приведён шаблон отзыва руководителя выпускной квалификационной работы.

text

ОТЗЫВ

на выпускную квалификационную работу

Студент(ка):

_____

(фамилия, имя, отчество полностью)

Тема выпускной квалификационной работы:

_____

_____

_____

_____

Направление подготовки: 13.03.03 Энергетическое машиностроение

Профиль: «Поршневые двигатели и турбомашины»

Научный руководитель:

_____

(должность, учёная степень, учёное звание,

_____

фамилия, инициалы)

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. Соответствие содержания выпускной квалификационной работы заданной теме

_____

_____

_____

_____

_____

_____

2. Полнота раскрытия темы

_____

_____

_____

_____

_____

_____

3. Личный вклад автора в разработку темы, степень его самостоятельности

_____

_____

_____

_____

_____

_____

4. Инициативность, умение проводить исследование, анализировать и обобщать научные данные и материалы практики, делать правильные выводы

_____
_____
_____
_____
_____
_____

5. Положения, особо выделяющие работу (достоинства)

_____
_____
_____
_____
_____
_____

6. Недостатки работы

_____
_____
_____
_____
_____
_____

7. Возможность практического использования работы или её отдельных положений

_____
_____
_____
_____
_____
_____

ВЫВОДЫ

Оценка уровня теоретической и практической подготовленности

выпускника:
_____
_
_____
_____

Оценка выпускной квалификационной работы по четырёхбалльной шкале:
_____
_____

(рекомендуемая оценка: отлично, хорошо, удовлетворительно,
неудовлетворительно)

Вывод о допуске выпускной квалификационной работы к защите:
_____
_____

(допускается / не допускается)

Научный руководитель:

_____ _____ «___» _____ 20___ г.
(подпись) (инициалы, фамилия)

С отзывом ознакомлен(а):

_____ _____ «___» _____ 20___ г.
(подпись студента) (инициалы, фамилия)

Методические рекомендации по заполнению отзыва руководителя:

1. Соответствие содержания работы заданной теме

В данном разделе руководитель оценивает, насколько содержание выпускной квалификационной работы соответствует теме, утверждённой приказом ректора, и заданию на выполнение работы. Указывается, все ли разделы задания раскрыты, нет ли отклонений от темы. Пример формулировки: «Содержание работы полностью соответствует утверждённой теме и заданию. Все поставленные задачи решены в полном объёме» или «Содержание работы в основном соответствует теме, однако имеются незначительные отклонения от задания в части...».

2. Полнота раскрытия темы

Руководитель оценивает глубину и полноту раскрытия темы: насколько всесторонне проанализированы литературные источники, обоснованы проектные решения, выполнены расчёты, разработаны технологические процессы, рассмотрены вопросы диагностики и эксплуатации. Пример формулировки: «Тема раскрыта полно и всесторонне. Автором выполнен глубокий анализ существующих конструкций, проведены детальные прочностные и газодинамические расчёты, разработана полная конструкторская и технологическая документация».

3. Личный вклад автора и степень самостоятельности

Руководитель оценивает, какие элементы работы выполнены обучающимся самостоятельно, а какие – с помощью руководителя или консультантов. Отмечается способность обучающегося самостоятельно ставить задачи, выбирать методы их решения, анализировать результаты. Пример формулировки: «Автор проявил высокую степень самостоятельности. Личный вклад заключается в разработке оригинальной 3D-модели проектируемого узла, проведении CAE-анализа и разработке технологического процесса. Консультации руководителя носили рекомендательный характер».

4. Инициативность, умение проводить исследование, анализировать и обобщать данные, делать выводы

Руководитель оценивает проявленные обучающимся инициативу, творческий подход, умение работать с научной и технической литературой, патентными материалами, анализировать и обобщать полученные данные, формулировать обоснованные выводы. Пример формулировки: «Автор проявил

высокую инициативу при выборе методов расчёта и оптимизации. Самостоятельно освоил CAE-пакет ANSYS Workbench. Выводы по работе обоснованы и соответствуют полученным результатам».

5. Положения, особо выделяющие работу (достоинства)

Руководитель перечисляет наиболее значимые достоинства работы: новизна предложенных решений, практическая ценность, оригинальность подхода, качество выполнения расчётов и чертежей, полнота документации, использование современных программных комплексов и т.п. Пример формулировки: «Особо следует отметить: применение топологической оптимизации для снижения массы детали на 15 процентов при сохранении прочности; разработку оригинальной технологии изготовления; высокое качество оформления конструкторской документации».

6. Недостатки работы

Руководитель указывает выявленные недостатки работы: неполноту анализа, недостаточную обоснованность отдельных решений, ошибки в расчётах, нарушения требований оформления, небрежность в формулировках и т.п. При отсутствии существенных недостатков указывается «Существенных недостатков не выявлено» или перечисляются незначительные замечания. Пример формулировки: «В качестве недостатков следует отметить: недостаточно полный анализ патентных источников; отсутствие сравнения результатов расчёта с экспериментальными данными; отдельные нарушения требований ЕСКД при оформлении чертежей».

7. Возможность практического использования работы или её отдельных положений

Руководитель оценивает, могут ли результаты работы быть использованы в реальном производстве, в учебном процессе, в научно-исследовательских работах кафедры. При наличии актов внедрения или рекомендательных писем от предприятий это указывается. Пример формулировки: «Разработанная конструкторская документация и технологический процесс могут быть рекомендованы к внедрению на предприятии ООО «...». Результаты CAE-анализа могут быть использованы в учебном процессе при изучении дисциплин «Расчёт и оптимизация деталей двигателя» и «Методы испытаний».

8. Выводы

Руководитель даёт общую оценку теоретической и практической подготовленности выпускника, рекомендует оценку по четырёхбалльной шкале (отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно) и делает вывод о допуске или недопуске работы к защите. Пример формулировки: «Уровень теоретической и практической подготовленности выпускника соответствует требованиям ФГОС ВО. Выпускная квалификационная работа заслуживает оценки «отлично» и рекомендуется к защите в государственной экзаменационной комиссии».

Примечания к приложению:

1. Отзыв руководителя оформляется на листах белой бумаги формата А4. Шрифт – Times New Roman, 14 кегль. Поля страницы: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее – 15 мм, нижнее – 20 мм.
2. Отзыв подписывается руководителем и обучающимся (ознакомление с отзывом). Подпись руководителя заверяется указанием даты подписания.
3. Отзыв не подшивается в пояснительную записку, а прикладывается к ней отдельно. На защите отзыв оглашается секретарём государственной экзаменационной комиссии или председателем комиссии.
4. При отрицательном отзыве (вывод о недопуске к защите) работа на защиту не допускается. Обучающийся имеет право ознакомиться с отзывом и представить свои объяснения заведующему кафедрой.
5. При выполнении выпускной квалификационной работы несколькими обучающимися совместно (над общей темой) отзыв составляется на каждого обучающегося отдельно с указанием его индивидуального вклада в общую работу.

Приложение 7. Образец рецензии на выпускную квалификационную работу

Рецензия на выпускную квалификационную работу составляется внешним рецензентом – специалистом в области двигателестроения и энергетического машиностроения, не работающим на кафедре «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики». Рецензентами могут выступать представители предприятий-партнёров (главные конструкторы, ведущие инженеры, начальники отделов, технологи), а также преподаватели других кафедр или вузов. Рецензия предоставляется на кафедру не позднее чем за 5 календарных дней до даты защиты.

Ниже приведён шаблон рецензии на выпускную квалификационную работу.

РЕЦЕНЗИЯ
на выпускную квалификационную работу

Студент(ка):
_____
(фамилия, имя, отчество полностью)

Тема выпускной квалификационной работы:
_____
_____
_____
_____

Направление подготовки: 13.03.03 Энергетическое машиностроение

Профиль: «Поршневые двигатели и турбомашины»

Рецензент:
_____
_
(должность, место работы, учёная степень,

_____

учёное звание, фамилия, инициалы)

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. Актуальность темы

_____

_____

_____

_____

_____

_____

2. Корректность постановки задач и полнота их решения

_____

_____

_____

_____

_____

_____

3. Используемые методы исследования (расчётные, экспериментальные,
методы моделирования)

_____

_____

_____

_____

_____

_____

4. Качество проделанной работы и достоверность полученных результатов

_____

_____

_____
_____
_____
_____

5. Практическая ценность работы и возможность использования
результатов

_____
_____
_____
_____
_____
_____

6. Достоинства работы

_____
_____
_____
_____
_____
_____

7. Недостатки работы и замечания

_____
_____
_____
_____
_____
_____

8. Правильность оформления работы (соответствие требованиям
ЕСКД, ЕСТД и локальным нормативным актам)

_____
_____
_____
_____

_____
_____

ВЫВОДЫ

Соответствие выпускной квалификационной работы предъявленным
требованиям:
_____
_____

Оценка выпускной квалификационной работы по четырёхбалльной шкале:
_____
_____

(рекомендуемая оценка: отлично, хорошо, удовлетворительно,
неудовлетворительно)

Рецензент:

_____ _____ «___» _____ 20___ г.
(подпись) (инициалы, фамилия)

Место работы и должность:
_____
_____
_____

Подпись рецензента заверяю:

_____ _____ «___» _____ 20___ г.
(подпись) (инициалы, фамилия)

(печать организации)

Методические рекомендации по заполнению рецензии:

1. Актуальность темы

Рецензент оценивает, насколько выбранная тема является актуальной для современного состояния двигателестроения и энергетического машиностроения. Указывается, соответствует ли тема реальным потребностям производства, научно-техническим задачам отрасли. Пример формулировки: «Тема работы является актуальной, так как направлена на решение задачи повышения надёжности и ресурса кривошипно-шатунного механизма двигателя внутреннего сгорания, что имеет важное значение для автомобильной промышленности».

2. Корректность постановки задач и полнота их решения

Рецензент оценивает, насколько правильно и чётко сформулированы цель и задачи работы, соответствуют ли они заявленной теме. Анализируется полнота решения поставленных задач: все ли задачи решены, достигнута ли поставленная цель. Пример формулировки: «Цель и задачи работы сформулированы корректно. Поставленные задачи решены в полном объёме, что подтверждается представленными расчётами, чертежами и технологической документацией».

3. Используемые методы исследования

Рецензент оценивает обоснованность выбора методов исследования (расчётных, экспериментальных, методов компьютерного моделирования), их соответствие современному уровню развития науки и техники. Пример формулировки: «В работе использованы современные методы конечно-элементного анализа (ANSYS Workbench) и вычислительной гидрогазодинамики (CFD). Выбор методов обоснован и соответствует поставленным задачам».

4. Качество проделанной работы и достоверность полученных результатов

Рецензент оценивает глубину проработки материала, качество выполнения расчётов, обоснованность принятых решений, достоверность полученных результатов (наличие верификации, сравнение с известными данными). Пример формулировки:

«Работа выполнена на высоком техническом уровне. Результаты прочностного расчёта верифицированы путём сравнения с аналитическими решениями. Достоверность результатов не вызывает сомнений».

5. Практическая ценность работы и возможность использования результатов

Рецензент оценивает, могут ли результаты работы быть использованы в реальном производстве, в конструкторских бюро, в учебном процессе. При наличии актов внедрения или рекомендательных писем от предприятий это указывается. Пример формулировки: «Разработанная конструкторская документация может быть передана в производство. Технологический процесс изготовления детали может быть внедрён в механосборочном цехе предприятия».

6. Достоинства работы

Рецензент перечисляет наиболее значимые достоинства работы: новизна предложенных решений, оригинальность подхода, высокое качество расчётов и чертежей, полнота документации, использование современных программных комплексов, практическая значимость. Пример формулировки: «К достоинствам работы следует отнести: применение топологической оптимизации для снижения массы детали; высокое качество 3D-моделирования; полный комплект конструкторской документации, выполненный в соответствии с ЕСКД».

7. Недостатки работы и замечания

Рецензент указывает выявленные недостатки работы: неполноту анализа, недостаточную обоснованность отдельных решений, ошибки в расчётах, нарушения требований оформления, небрежность в формулировках и т.п. Замечания должны быть конкретными, с указанием страниц или разделов работы. При отсутствии существенных недостатков указывается «Существенных недостатков не выявлено» или перечисляются незначительные замечания. Пример формулировки: «В качестве замечаний следует отметить: на странице 25 не указаны источники заимствованных данных; на чертеже «Сборочный чертёж» отсутствует позиция 12; в списке литературы отсутствуют ссылки на патенты за последние 3 года».

8. Правильность оформления работы

Рецензент оценивает соответствие оформления работы требованиям Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), Единой системы технологической документации (ЕСТД) и локальным нормативным актам университета. Отмечается качество чертежей, наличие всех необходимых видов, разрезов, сечений, правильность заполнения спецификаций, качество оформления пояснительной записки. Пример формулировки: «Пояснительная записка оформлена в соответствии с требованиями. Чертежи выполнены с соблюдением ЕСКД. Имеются отдельные замечания по оформлению списка литературы».

9. Выводы

В заключительной части рецензент делает общий вывод о соответствии выпускной квалификационной работы предъявленным требованиям (соответствует / не соответствует) и рекомендует оценку по четырёхбалльной шкале (отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно). Пример формулировки: «Выпускная квалификационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к бакалаврским работам по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», и заслуживает оценки «отлично»».

Примечания к приложению:

1. Рецензия оформляется на листах белой бумаги формата А4. Шрифт – Times New Roman, 14 кегль. Поля страницы: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее – 15 мм, нижнее – 20 мм.
2. Рецензия подписывается рецензентом с указанием его должности, места работы, учёной степени и учёного звания (при наличии). Подпись рецензента должна быть заверена печатью организации.
3. Рецензия не подшивается в пояснительную записку, а прикладывается к ней отдельно. На защите рецензия оглашается секретарём государственной экзаменационной комиссии или председателем комиссии.
4. Обучающийся имеет право ознакомиться с рецензией до защиты и подготовить аргументированные ответы на замечания рецензента.

5. При отрицательной рецензии (рекомендация оценки «неудовлетворительно» или вывод о несоответствии работы требованиям) работа может быть не допущена к защите или направлена на доработку по решению заведующего кафедрой.

6. Для выпускных квалификационных работ, выполненных по тематике предприятия-партнёра, рекомендуется назначать рецензента именно от этого предприятия. В этом случае в рецензии особо отмечается практическая значимость работы и возможность её внедрения.

Приложение 8. Образец аннотации выпускной квалификационной работы

Аннотация (реферат) является краткой характеристикой выпускной квалификационной работы. Она размещается в пояснительной записке после задания на выпускную квалификационную работу и перед содержанием. Аннотация должна давать чёткое представление о содержании, цели, методах и результатах работы. Рекомендуемый объём текста аннотации – не более 2000 знаков (примерно одна треть страницы машинописного текста).

Ниже приведён шаблон аннотации выпускной квалификационной работы.

АННОТАЦИЯ

Объём работы: _____ страниц, _____ рисунков, _____ таблиц,

_____ источников информации.

Перечень ключевых слов: _____

_____

_____

_____

(от 5 до 15 ключевых слов, характеризующих содержание работы)

Объект исследования (разработки): _____

_____

_____

_____

Цель выпускной квалификационной работы: _____

_____

_____

В работе отражены:

- аналитический обзор существующих конструкций-прототипов и патентных источников по теме работы, обоснование выбора прототипа;
- техническое задание на проектирование;
- 3D-моделирование деталей и сборочной единицы в CAD-системе, разработка конструкторской документации (чертежи, спецификации);
- расчётно-исследовательская часть: прочностной, тепловой и (или) газодинамический анализ в CAE-системе, оптимизация конструкции, верификация результатов;
- технологическая часть: анализ технологичности, выбор материалов, разработка маршрутного и операционного технологических процессов, технологического процесса сборки;
- эксплуатационная и диагностическая часть: анализ типовых неисправностей, разработка алгоритмов диагностики, рекомендации по ремонту и обслуживанию;
- экономическое обоснование проектных решений, вопросы сертификации.

Представлены:

- результаты 3D-моделирования и CAE-анализа (поля напряжений,
температур, давлений, скоростей);
- комплект конструкторской документации (сборочный чертёж,
спецификация, рабочие чертежи деталей);
- технологические карты (маршрутные, операционные);
- алгоритмы диагностики и рекомендации по эксплуатации;
- расчёт экономической эффективности внедрения разработки.

Результаты работы могут быть использованы: _____
_____
_____

Пример заполненной аннотации (для справки):

АННОТАЦИЯ

Объём работы: 72 страницы, 24 рисунка, 12 таблиц, 45 источников
информации.

Перечень ключевых слов: поршневой двигатель, кривошипно-шатунный
механизм, шатун, 3D-моделирование, CAD, прочностной анализ, CAE,
конечно-элементный анализ, технологический процесс, механическая
обработка, допуски, посадки, диагностика, экономическая
эффективность.

Объект исследования (разработки): шатун двигателя внутреннего
сгорания автомобиля.

Цель выпускной квалификационной работы: проектирование, расчётное обоснование и разработка технологического процесса изготовления шатуна двигателя внутреннего сгорания.

В работе отражены:

- аналитический обзор существующих конструкций шатунов и патентных источников, обоснование выбора прототипа;
- техническое задание на проектирование;
- 3D-моделирование шатуна в CAD-системе КОМПАС-3D, разработка конструкторской документации (сборочный чертёж, спецификация, рабочие чертежи);
- расчётно-исследовательская часть: прочностной анализ шатуна методом конечных элементов в ANSYS Workbench, оптимизация конструкции, верификация результатов;
- технологическая часть: анализ технологичности, выбор материала (сталь 40Х), разработка маршрутного и операционного технологических процессов механической обработки, технологического процесса сборки;
- эксплуатационная и диагностическая часть: анализ типовых неисправностей шатуна, разработка алгоритмов диагностики, рекомендации по ремонту и обслуживанию;
- экономическое обоснование проектных решений.

Представлены:

- результаты 3D-моделирования и CAE-анализа (поля напряжений, деформаций, коэффициенты запаса прочности);
- комплект конструкторской документации (сборочный чертёж, спецификация, рабочие чертежи деталей);

- технологические карты (маршрутная, операционная);
- алгоритмы диагностики и рекомендации по эксплуатации;
- расчёт экономической эффективности внедрения разработки.

Результаты работы могут быть использованы: в производственных
условиях предприятия ООО «...» при изготовлении шатунов двигателей,
а также в учебном процессе при изучении дисциплин по конструированию
и расчёту деталей двигателей.

Методические рекомендации по составлению аннотации:

1. **Объём работы** – указывается общее количество страниц пояснительной записки (без учёта приложений), количество рисунков, таблиц и источников информации.
2. **Перечень ключевых слов** – включает от 5 до 15 ключевых слов (словосочетаний), которые в наибольшей степени характеризуют содержание работы. Ключевые слова приводятся в именительном падеже, печатаются в строку через запятые. Пример: «поршневой двигатель, турбокомпрессор, 3D-моделирование, CAE-анализ, технологический процесс, диагностика».
3. **Объект исследования (разработки)** – указывается конкретный объект, который исследуется или разрабатывается в работе (например, «шатун двигателя внутреннего сгорания», «рабочее колесо турбины газотурбинного двигателя», «система охлаждения поршневого двигателя»).
4. **Цель работы** – кратко формулируется основная цель выпускной квалификационной работы. Цель должна соответствовать цели, указанной во введении к пояснительной записке.
5. **Содержание работы по разделам** – кратко, тезисно (обычно одним-двумя предложениями на раздел) описывается содержание каждого основного раздела работы: аналитическая часть, конструкторская часть, расчётно-исследовательская часть, технологическая часть, эксплуатационная и диагностическая часть, экономическое обоснование.

6. **Представленные результаты** – перечисляются основные результаты работы: результаты моделирования и расчётов, комплекты документации, технологические карты, алгоритмы, расчёты эффективности.

7. **Возможность использования результатов** – указывается, где и как могут быть использованы результаты работы (в производстве, в учебном процессе, в научно-исследовательских работах и т.п.). При наличии актов внедрения или рекомендательных писем это также указывается.

Примечания к приложению:

1. Аннотация оформляется на отдельном листе после задания на выпускную квалификационную работу. Номер страницы проставляется (как правило, страница 3).
2. Аннотация выполняется на русском языке. При необходимости (по требованию образовательной программы или по решению кафедры) аннотация также составляется на иностранном языке (английском) и размещается после русскоязычной версии.
3. Аннотация не должна содержать формул, рисунков, таблиц, ссылок на литературные источники.
4. Текст аннотации должен быть лаконичным, информативным, написанным научно-деловым стилем. Не допускается использование субъективных оценок («хорошо», «отлично», «важно» и т.п.) без конкретного содержания.
5. Рекомендуемый объём текста аннотации – не более 2000 знаков (с пробелами), что соответствует примерно 0,3–0,4 страницы машинописного текста. При необходимости объём может быть увеличен до 2500 знаков.

Приложение 9. Критерии оценки выпускной квалификационной работы членами государственной экзаменационной комиссии

Данная форма предназначена для заполнения каждым членом государственной экзаменационной комиссии в процессе защиты выпускной квалификационной работы. Форма позволяет систематизировать оценку работы по основным критериям и выставить итоговую оценку. Заполненная форма учитывается при вынесении окончательного решения комиссии.

Ниже приведена форма для заполнения членами государственной экзаменационной комиссии.

ФОРМА ОЦЕНКИ
выпускной квалификационной работы членами ГЭК

ФИО обучающегося: _____

Группа: _____

Тема выпускной квалификационной работы: _____
_____
_____
_____

ФИО члена ГЭК: _____

Дата защиты: «___» _____ 20___ г.

№	Критерий оценки	Оценка
1	Актуальность и обоснование выбора темы	отлично / хорошо / удовлетворительно / неудовлетворительно

| 2 | Степень завершённости работы | отлично / хорошо / удовлетворительно / неудовлетворительно |

| 3 | Объём и глубина знаний по теме | отлично / хорошо / удовлетворительно / неудовлетворительно |

| 4 | Достоверность и обоснованность полученных результатов и выводов | отлично / хорошо / удовлетворительно / неудовлетворительно |

| 5 | Наличие материала, подготовленного к практическому использованию | отлично / хорошо / удовлетворительно / неудовлетворительно |

| 6 | Применение современных технологий (CAD/CAE/CFD) | отлично / хорошо / удовлетворительно / неудовлетворительно |

| 7 | Качество доклада (композиция, полнота представления работы, убеждённость автора) | отлично / хорошо / удовлетворительно / неудовлетворительно |

| 8 | Эрудиция и использование междисциплинарных связей | отлично / хорошо / удовлетворительно / неудовлетворительно |

| 9 | Качество оформления выпускной квалификационной работы и демонстрационных материалов | отлично / хорошо / удовлетворительно / неудовлетворительно |

| 10 | Культура речи, манера общения, умение использовать наглядные пособия, способность заинтересовать аудиторию | отлично / хорошо / удовлетворительно / неудовлетворительно |

| 11 | Полнота, аргументированность и убеждённость ответов на вопросы | отлично / хорошо / удовлетворительно / неудовлетворительно |

| 12 | Деловые и волевые качества докладчика (ответственное отношение, готовность к дискуссии, контактность) | отлично / хорошо / удовлетворительно / неудовлетворительно |

ИТОГОВАЯ ОЦЕНКА (нужное подчеркнуть):

ОТЛИЧНО / ХОРОШО / УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО / НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО

Особые мнения и замечания члена ГЭК: _____
_____
_____
_____
_____

Член государственной экзаменационной комиссии:

_____ _____ «___» _____ 20__ г.
(подпись) (инициалы, фамилия)

Детальное описание критериев оценки для членов государственной экзаменационной комиссии:

Ниже приведено подробное описание каждого критерия для обеспечения единообразия оценивания разными членами комиссии.

1. Актуальность и обоснование выбора темы

Оценка «отлично» ставится, если тема работы является актуальной, соответствует современному состоянию двигателестроения, обоснование актуальности глубокое и всестороннее, выбор темы логически связан с этапами сквозного проекта. Оценка «хорошо» ставится при наличии незначительных замечаний по полноте и глубине обоснования. Оценка «удовлетворительно» ставится, если обоснование актуальности поверхностно, недостаточно аргументировано. Оценка «неудовлетворительно» ставится, если тема не является актуальной или обоснование актуальности отсутствует.

2. Степень завершённости работы

Оценка «отлично» ставится, если работа полностью завершена, все поставленные задачи решены в полном объёме, цель достигнута, структура логична. Оценка «хорошо» ставится при наличии незначительных недочётов (неполнота анализа отдельных вопросов, недостаточная детализация). Оценка

«удовлетворительно» ставится, если работа завершена не в полном объёме, отдельные задачи решены поверхностно. Оценка «неудовлетворительно» ставится, если работа не завершена, поставленные задачи не решены, цель не достигнута.

3. Объём и глубина знаний по теме

Оценка «отлично» ставится, если обучающийся демонстрирует глубокие и прочные знания по теме, свободно ориентируется в теоретических и практических аспектах двигателестроения, проведён анализ не менее 40–50 источников. Оценка «хорошо» ставится при наличии незначительных неточностей, анализе 30–40 источников. Оценка «удовлетворительно» ставится, если обучающийся демонстрирует знание только основного материала, анализ проведён в минимальном объёме (20–30 источников). Оценка «неудовлетворительно» ставится, если обучающийся демонстрирует отсутствие знаний по теме, анализ источников практически отсутствует (менее 20 источников).

4. Достоверность и обоснованность полученных результатов и выводов

Оценка «отлично» ставится, если все результаты достоверны, обоснованы теоретически и (или) подтверждены расчётами, моделированием, экспериментальными данными; выводы логически вытекают из содержания работы. Оценка «хорошо» ставится при наличии незначительных замечаний по обоснованности отдельных положений. Оценка «удовлетворительно» ставится, если результаты в целом достоверны, но обоснованы недостаточно, выводы не в полной мере соответствуют содержанию. Оценка «неудовлетворительно» ставится, если результаты недостоверны, не обоснованы или противоречат известным данным, выводы отсутствуют.

5. Наличие материала, подготовленного к практическому использованию

Оценка «отлично» ставится, если работа содержит конкретные результаты, имеющие практическую ценность, документация соответствует требованиям ЕСКД и ЕСТД, экономическое обоснование подтверждает целесообразность внедрения. Оценка «хорошо» ставится при наличии незначительных нарушений оформления или неполноте

экономического обоснования. Оценка «удовлетворительно» ставится, если работа содержит отдельные результаты, имеющие практическую ценность, но требующие доработки, документация оформлена с существенными нарушениями. Оценка «неудовлетворительно» ставится, если работа не содержит результатов, имеющих практическую ценность, документация отсутствует или не соответствует элементарным требованиям.

6. Применение современных технологий (CAD/CAE/CFD)

Оценка «отлично» ставится, если в работе широко и эффективно использованы CAD/CAE/CFD-системы, моделирование выполнено с применением параметризации и ассоциативности, проведена верификация, применены методы оптимизации. Оценка «хорошо» ставится при наличии незначительных замечаний (неполная параметризация, недостаточное обоснование граничных условий). Оценка «удовлетворительно» ставится, если современные технологии использованы, но имеются существенные замечания (CAD-модели без параметризации, CAE-анализ с грубыми упрощениями). Оценка «неудовлетворительно» ставится, если современные технологии не использовались либо использованы неверно, результаты моделирования отсутствуют или заведомо неверны.

7. Качество доклада (композиция, полнота представления работы, убеждённость автора)

Оценка «отлично» ставится, если доклад построен логично, последовательно и чётко, основные результаты представлены полно и убедительно, доклад свободный. Оценка «хорошо» ставится при наличии незначительных нарушений композиции или превышении регламента, доклад в основном свободный. Оценка «удовлетворительно» ставится, если доклад имеет нарушения композиции, отдельные важные результаты не представлены, доклад в основном читается по тексту. Оценка «неудовлетворительно» ставится, если доклад нелогичен, не отражает содержания работы, обучающийся не может представить результаты.

8. Эрудиция и использование междисциплинарных связей

Оценка «отлично» ставится, если обучающийся демонстрирует широкий кругозор, свободно использует знания из смежных дисциплин, прослеживаются междисциплинарные связи.

Оценка «хорошо» ставится, если эрудиция достаточная, междисциплинарные связи прослеживаются, но не в полной мере. Оценка «удовлетворительно» ставится, если эрудиция ограничена рамками непосредственно темы работы, междисциплинарные связи практически не прослеживаются. Оценка «неудовлетворительно» ставится, если эрудиция крайне низкая, междисциплинарные связи не используются.

9. Качество оформления выпускной квалификационной работы и демонстрационных материалов

Оценка «отлично» ставится, если пояснительная записка и графическая часть оформлены в полном соответствии с требованиями ЕСКД, ЕСТД и локальных нормативных актов, отсутствуют ошибки, презентация выполнена качественно. Оценка «хорошо» ставится при наличии незначительных нарушений оформления. Оценка «удовлетворительно» ставится, если оформление выполнено с существенными нарушениями требований. Оценка «неудовлетворительно» ставится, если оформление выполнено с грубыми нарушениями либо работа отсутствует.

10. Культура речи, манера общения, умение использовать наглядные пособия, способность заинтересовать аудиторию

Оценка «отлично» ставится, если обучающийся демонстрирует высокую культуру речи, уверенную манеру общения, умело использует наглядные пособия, способен заинтересовать аудиторию. Оценка «хорошо» ставится при наличии отдельных речевых ошибок или неточностей, манера общения уверенная. Оценка «удовлетворительно» ставится, если обучающийся допускает речевые ошибки, манера общения неуверенная, наглядные пособия используются недостаточно умело. Оценка «неудовлетворительно» ставится, если обучающийся допускает грубые речевые ошибки, не владеет профессиональной терминологией, манера общения недопустимая.

11. Полнота, аргументированность и убеждённость ответов на вопросы

Оценка «отлично» ставится, если обучающийся даёт полные, развёрнутые и аргументированные ответы на все вопросы, демонстрирует глубокое понимание темы. Оценка «хорошо»

ставится, если обучающийся отвечает на большинство вопросов полно и аргументированно, но допускает незначительные неточности. Оценка «удовлетворительно» ставится, если обучающийся отвечает только на часть вопросов, ответы неполные, недостаточно аргументированные. Оценка «неудовлетворительно» ставится, если обучающийся не отвечает на вопросы или ответы неверные, не аргументированные.

12. Деловые и волевые качества докладчика

Оценка «отлично» ставится, если обучающийся проявляет ответственное отношение к работе, готовность к дискуссии, контактность, уверенность, выдержку. Оценка «хорошо» ставится при проявлении уверенности, но в отдельных ситуациях – излишнего волнения. Оценка «удовлетворительно» ставится, если обучающийся проявляет недостаточно ответственное отношение, неуверенность, излишнее волнение. Оценка «неудовлетворительно» ставится, если обучающийся проявляет безответственное отношение, не готов к дискуссии, демонстрирует растерянность.

Порядок определения итоговой оценки:

Итоговая оценка определяется каждым членом государственной экзаменационной комиссии индивидуально на основе анализа всех критериев. При выставлении итоговой оценки рекомендуется руководствоваться следующим правилом: оценка «отлично» выставляется, если по большинству критериев (не менее 9 из 12) выставлена оценка «отлично», а по остальным – не ниже «хорошо»; оценка «хорошо» выставляется, если по большинству критериев выставлена оценка не ниже «хорошо»; оценка «удовлетворительно» выставляется, если по большинству критериев выставлена оценка «удовлетворительно» и отсутствуют критерии с оценкой «неудовлетворительно»; оценка «неудовлетворительно» выставляется, если хотя бы по одному из критериев выставлена оценка «неудовлетворительно». Окончательная оценка за защиту выпускной квалификационной работы выставляется государственной экзаменационной комиссией на закрытом заседании простым большинством голосов членов комиссии, участвующих в голосовании. При

равном числе голосов решающим является голос председателя комиссии.

Учебное электронное издание

Надарейшвили Гиви Гурамович, **Курмаев** Ринат Ханяфиевич, **Апелинский** Дмитрий Викторович

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Учебное пособие

Методические указания по подготовке выпускной квалификационной работы для студентов, обучающихся по направлению 13.03.03, профиль «Поршневые двигатели и турбомашины»

Разработано с помощью программного обеспечения Microsoft Office Word, Adobe Acrobat Pro

Издается в авторской редакции

Компьютерная верстка: Н.Р. Гуськова
Подписано к использованию 14.09.21
Объем издания 3,69 Мб. Тираж 50. Заказ № 61

Издательство Московского Политеха
115280, Москва, Автозаводская, 16
www.mospolytech.ru; e-mail: izdat.mospolytech@yandex.ru;
тел. (495) 276-33-67