

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

Зарипов Н.Г.

03 20/17г.

**ПРОГРАММА  
ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ  
ВЫПУСКНИКОВ**

Направление подготовки  
24.04.05 Двигатели летательных аппаратов

Наименование магистерской программы:  
Авиационная и ракетно-космическая теплотехника

Квалификация (степень) выпускника  
Магистр

Форма обучения  
очная

Уфа 2017

Программа государственной итоговой аттестации выпускников  
сост. Ф.Г. Бакиров – Уфа: УГАТУ, 2016. 26 с.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 24.04.05 Двигатели летательных аппаратов, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от "08" апреля 2015 г. № 373, и является приложением к Основной профессиональной образовательной программе высшего образования магистратуры по направлению 24.04.05 «Двигатели летательных аппаратов» и направленности (профилю) «Авиационная и ракетно-космическая теплотехника».

Программа одобрена на заседании кафедры Авиационной теплотехники и теплоэнергетики

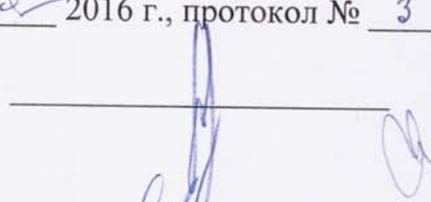
"06" 10 2016 г., протокол № 4

Заведующий кафедрой АТ и Т  Ф.Г. Бакиров

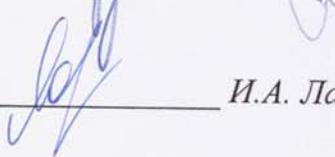
Программа государственной итоговой аттестации выпускников утверждена на заседании Научно-методического совета по УГСН по направлению подготовки магистра 24.00.00 «Авиационная и ракетно-космическая техника»

"22" ноября 2016 г., протокол № 3

Председатель НМС

 Д.А. Ахмедзянов

Начальник ООПМА

 И.А. Лакман

© Ф.Г.Бакиров, 2016

© УГАТУ, 2016

## 1 Общие положения

1. Государственная итоговая аттестация по программам магистратуры является обязательной для обучающихся, осваивающих программы магистратуры вне зависимости от форм обучения и форм получения образования, и претендующих на получение документа о высшем образовании образца, установленного Министерством образования и науки Российской Федерации.

Целью государственной итоговой аттестации является установление уровня подготовленности обучающегося образовательной организации высшего образования (далее – ООВО), осваивающего образовательную программу магистратуры (далее – обучающийся), к выполнению профессиональных задач и соответствия его подготовки требованиям федерального государственного образовательного стандарта высшего образования и основной профессиональной образовательной программы высшего образования (далее – ОПОП) по направлению подготовки высшего образования, разработанной на основе образовательного стандарта.

Трудоемкость государственной итоговой аттестации в зачетных единицах определяется ОПОП в соответствии с образовательным стандартом.

1.1 Государственная итоговая аттестации по направлению подготовки магистров 24.04.05 Двигатели летательных аппаратов включает:

- а) государственный экзамен, включая подготовку к сдаче и сдачу;
- б) защиту выпускной квалификационной работы, включая подготовку к защите и процедуру защиты.

1.2 Виды профессиональной деятельности выпускников и соответствующие им задачи профессиональной деятельности:

1.2.1 Виды профессиональной деятельности выпускников.

Основной образовательной программой по направлению подготовки магистров 24.04.05 Двигатели летательных аппаратов предусматривается подготовка выпускников к следующим видам профессиональной деятельности:

- а) проектно-конструкторская;
- б) лабораторно-испытательная;
- в) научно-исследовательская.

1.2.2 Задачи профессиональной деятельности

Выпускник по направлению подготовки магистра 24.04.05 Двигатели летательных аппаратов должен решать следующие профессиональные задачи в соответствии с видами профессиональной деятельности и профильной направленностью магистерской программы ОПОП ВО:

*проектно-конструкторская деятельность:*

- формулирование целей проекта, путей решения задач, критериев и показателей достижения целей, построение структуры их взаимосвязей, выявление приоритетов решения задач с учетом нравственно-экологических аспектов деятельности;
- разработка обобщенных вариантов решения проблемы, анализ этих вариантов, прогнозирование последствий, нахождение компромиссных решений в условиях многокритериальности, неопределенности, планирование реализации проекта;
- разработка проектов реактивных и ракетных двигательных установок и энергоустановок ЛА с учетом физико-механических, технологических, экологических и экономических параметров;
- использование современных информационных технологий, пакетов систем автоматизированного проектирования при разработке новых двигательных, энергоустановок и их интеграции в конструкцию летательного аппарата;
- разработка проектов технических заданий, технических условий и технических описаний;
- сопровождение полного жизненного цикла двигателя ЛА от стадии технического предложения до эксплуатации и утилизации двигателя;

*лабораторно-испытательная:*

- разработка планов, программ и методик проведения испытаний двигателей и энергоустановок ЛА;
- проведение стандартных и типовых испытаний деталей, их агрегатов и энергоустановок ЛА;
- проведение регистрации, вторичной обработки и анализа результатов экспериментальных исследований, стендовой и летной отработки и эксплуатации изделий;
- организация метрологической поверки, градуировки и калибровки основных первичных преобразователей и средств измерений;

*научно-исследовательская деятельность:*

- анализ состояния и динамики объектов деятельности (двигатели, источники энергии, преобразователи энергии, специальные материалы, технологические процессы и оборудование для испытания двигателей и энергоустановок ЛА) с использованием необходимых методов и средств анализа;
- создание физических и математических моделей, позволяющих анализировать совокупность процессов в двигателях и энергоустановках ЛА;
- применение проблемно-ориентированных методов анализа, синтеза и оптимизации процессов обеспечения качества испытаний и сертификации объектов деятельности;
- разработка планов, программ и методик проведения испытаний

двигателей и энергоустановок ЛА;

- проведение стандартных и типовых испытаний деталей, их агрегатов и энергоустановок ЛА;

- проведение регистрации, вторичной обработки и анализа результатов экспериментальных исследований, стендовой и летной отработки и эксплуатации изделий;

- организация метрологической поверки, градуировки и калибровки основных первичных преобразователей и средств измерений.

### 1.2.3 Требования к результатам освоения основной образовательной программы

1.2.3.1 Выпускник должен обладать следующими общекультурными компетенциями:

- способностью совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень (ОК-1);

- способностью к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности (ОК-2);

- способностью свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения (ОК-3);

- использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом (ОК-4);

- способностью проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности (ОК-5);

- способностью самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности (ОК-6);

- способностью к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов (в соответствии с целями программы магистратуры) (ОК-7);

1.2.3.2 Выпускник должен обладать следующими профессиональными компетенциями:

*общепрофессиональными:*

- способностью выбирать системы обеспечения экологической безопасности при проведении работ (ОПК-1);

- способностью подготавливать заявки на изобретения и промышленные образцы (ОПК-2);

- способностью проводить оценку стоимости объектов интеллектуальной деятельности (ОПК-3);

- способностью разрабатывать планы и программы организации

инновационной деятельности на предприятии (ОПК-4);

способностью осуществлять подготовку научно-технических отчетов, обзоров и публикаций по результатам выполненных исследований и разработок (ОПК-5);

*профессиональными:*

*для проектно-конструкторской деятельности:*

способностью осуществлять подготовку заданий на разработку проектных решений (ПК-5);

способностью проводить патентные исследования с целью обеспечения патентной чистоты и патентоспособности новых проектных решений и определения показателей технического уровня проектируемых изделий (ПК-6);

способностью составлять описания принципов действия и устройства проектируемых деталей и узлов машиностроительных конструкций с обоснованием принятых технических решений (ПК-7);

способностью разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты сложных изделий с использованием средств автоматизированного проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных изделий (ПК-8);

способностью проводить технические расчеты по проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектируемых изделий и конструкций (ПК-9);

способностью разрабатывать методические и нормативные документы, техническую документацию, а также предложения по реализации разработанных проектов и программ (ПК-10);

способностью проводить оценку инновационных потенциалов проектов (ПК-11);

способностью проводить оценку инновационных рисков коммерциализации проектов (ПК-12);

*для лабораторно-испытательной деятельности:*

способностью разрабатывать планы, программы и методики проведения испытаний авиационных и ракетных двигателей и энергоустановок ЛА (ПК-20);

способностью принимать участие в подготовке и проведении испытаний авиационных и ракетных двигателей и энергоустановок ЛА и их агрегатов (ПК-21);

способностью разрабатывать системы измерений экспериментальных установок по испытаниям двигателей, их узлов и элементов (ПК-22);

способностью проводить вторичную обработку и анализ результатов экспериментальных исследований, стендовой, летной отработки и эксплуатации авиационных и ракетных двигателей и энергоустановок в составе ЛА (ПК-23);

способностью проводить диагностику режимов работы авиационных и ракетных двигателей и энергоустановок ЛА (ПК-24);

способностью осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию

научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по направлению испытаний, выбирать методы и средства решения задач (ПК-25);

*для научно-исследовательской деятельности:*

способностью разрабатывать рабочие планы и программы проведения научных исследований и технических разработок, подготавливать отдельные задания для исполнителей (ПК-1);

способностью осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по направлению исследований, выбирать методы и средства решения задач (ПК-2);

способностью разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить обработку и анализ результатов (ПК-3);

способностью разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности (ПК-4).

## **2 Требования к выпускнику, проверяемые в ходе государственного экзамена**

В рамках проведения государственного экзамена проверяется степень освоения выпускником следующих компетенций:

Код	Содержание
<i>Регламентированные ФГОС ВО и ОПОП ВО</i>	
<b>Общекультурные компетенции (ОК)</b>	
ОК-6	способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности
<b>Профессиональные компетенции (ПК)</b>	
ПК-3	способность разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить обработку и анализ результатов
ПК-4	способностью разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности
ПК-5	способность осуществлять подготовку заданий на разработку проектных решений
ПК-7	способность составлять описания принципов действия и устройства проектируемых деталей и узлов машиностроительных конструкций с обоснованием принятых технических решений
ПК-22	способность разрабатывать системы измерений экспериментальных установок по испытаниям двигателей, их узлов и элементов
ПК-23	способность проводить вторичную обработку и анализ результатов экспериментальных исследований, стендовой, летной отработки и эксплуатации авиационных и ракетных двигателей и энергоустановок в составе ЛА
ПК-24	способность проводить диагностику режимов работы авиационных и ракетных двигателей и энергоустановок ЛА
<i>Специальные профессиональные, регламентированные ОПОП ВО</i>	

2.1 Перечень основных учебных модулей (дисциплин) образовательной программы или их разделов и вопросов, выносимых для проверки на государственном экзамене:

*для магистерской программы «Авиационная и ракетно-космическая теплотехника»*

### **Модуль 1 (дисциплина 1)**

#### **Прикладные программные комплексы для термогазодинамического моделирования ВРД и наземных ЭУ**

Основные уравнения, лежащие в основе термогазодинамических расчетов авиационных двигателей и энергетических установок на их базе. Основные прикладные программные комплексы для моделирования авиационных воздушно-реактивных двигателей и наземных энергетических установок в термогазодинамическом аспекте. Основные предположения и допущения при термогазодинамическом моделировании. Основные подходы при моделировании двигателей и установок различного типа (ТРД, ТРДД, ТРДФ, ТРДДФ, ТРДДФсм). Основные законы управления и программы регулирования двигателем, их достоинства и недостатки. Изменение параметров рабочего тела при изменении его состава и параметров. Моделирование параметров воздуха на различных высотах (стандартная атмосфера). Переключение программ регулирования. Методика оценки взаимного влияния параметров цикла с использованием эффекта малых приращений. Основные принципы работы с программой DVIGw. Основные элементы двигателя и их математические модели в системе DVIGw. Библиотека элементов в системе DVIGw. Расчёт «завязки» двигателя в системе DVIGw. Характеристики основных узлов и принципы их задания. Задания законов расчёта в системе DVIGw. Обработка результатов расчёта, построение графиков зависимостей в системе DVIGw. Параметрический синтез в DVIGw. Параметрический анализ в DVIGw. Исследование и оптимизация параметров цикла авиационных воздушно-реактивных двигателей и наземных энергетических установок на их базе. Расчёт высотно-скоростных характеристик двигателей различных типов в системе DVIGw. Расчёт дроссельных характеристик в системе DVIGw. Расчёт климатических характеристик в DVIGw. Расчёт нагрузочных характеристик различных наземных энергоустановок в системе DVIGw. Особенности работы с системой DVIGwT. Новые математические модели узлов в DVIGwT. Моделирование работы авиационных воздушно-реактивных двигателей и наземных энергетических установок на различных режимах и с различными законами управления и регулирования. Программа для термогазодинамического моделирования работы авиационных ГТД «Град». Программа для термогазодинамического моделирования работы авиационных

ГТД «АСТРА». Особенности и принцип работы системы имитационного моделирования авиационных двигателей на переходных режимах DVIGwr. Основные динамические факторы, учитываемые в DVIGwr.

## **Модуль 2 (дисциплина 2)**

### **Прочность теплонапряженных элементов конструкций ДЛА**

Конструкция жаровых труб и организация процессов горения в камерах сгорания авиационных воздушно-реактивных двигателей. Особенности конструкции камер сгорания наземных энергетических установок на базе авиационных двигателей. Неравномерность параметров потока на выходе из камер сгорания авиационных двигателей и наземных энергетических установок (окружная и радиальная). Изменение параметров на выходе из камеры сгорания на различных режимах работы. Основные принципы и подходы к проведению оценки напряжённо-деформированного состояния элементов камеры сгорания. Основные допущения и предположения при расчётах на прочность элементов конструкции камер сгорания. Конструкция газовых турбин авиационных воздушно-реактивных двигателей. Особенности конструкции газовых турбин наземных энергетических установок на базе авиационных двигателей. Конструкция и силовые схемы сопловых аппаратов газовых турбин. Конструкция рабочих лопаток газовых турбин, условия их работы. Способы крепления рабочих лопаток к диску. Системы охлаждения лопаток турбин. Термобарьерные и теплозащитные покрытия. Перспективные системы охлаждения двигателей V и VI поколений. Повреждения элементов турбин. Материалы рабочих лопаток турбины. Антивибрационные устройства. Эрозия и коррозия лопаток. Основные принципы и подходы к проведению оценки напряжённо-деформированного состояния элементов газовых турбин. Основные допущения и предположения при расчётах на прочность рабочих лопаток турбины. Расчёт рабочих лопаток турбин на колебания. Расчёт прочности соединения рабочих лопаток с дисками. Расчёт дисков турбин на прочность. Моделирование напряжённо-деформированного состояния лопаток соплового аппарата в программном комплексе для 3D-численного моделирования ANSYS. Моделирование напряжённо-деформированного состояния рабочих лопаток турбин в ANSYS. Моделирование рабочих лопаток турбин со сложной системой охлаждения в ANSYS. Моделирование лопаток турбин с нанесёнными термобарьерными и теплозащитными покрытиями в ANSYS. Определение частот собственных колебаний лопаток турбин в ANSYS. Расчёт на прочность соединения рабочей лопатки газовой турбины с диском в ANSYS. Моделирование теплового и напряжённо-деформированного состояния дисков турбин в ANSYS. Конструкция жаровых труб и организация процессов горения в форсажных камерах сгорания авиационных воздушно-реактивных двигателей. Влияние смещения потоков наружного и внутреннего контуров на

процесс горения в форсажной камере. Особенности конструкции фронтальных устройств форсажных камер сгорания. Основные принципы расчётов и конструктивные особенности теплозащитных экранов форсажных камер сгорания. Материалы, применяемые в форсажных камерах. Покрытия, применяемые в форсажных камерах. Основные методики, применяемые для проведения расчётов на прочность элементов форсажных камер сгорания. Конструкция и основные типы выходных устройств для авиационных двигателей. Материалы выходных устройств. Покрытия выходных устройств. Методы тепловой защиты выходных устройств. Конструкция регулируемых выходных устройств и выходных устройств с управляемым вектором тяги. Мероприятия, понижающие тепловую заметность двигателей в задней полусфере.

### **Модуль 3 (дисциплина 3)**

#### **Испытания ДЛА и их узлов, методы обработки и анализа их результатов**

Роль испытаний и методов обработки результатов испытаний при доводке ГТД и их узлов. Общая характеристика различных видов испытаний ДЛА. Лабораторные и научно-исследовательские испытания. Автономные испытания узлов ГТД (испытания компрессоров, вентиляторов, камер сгорания, турбин, форсажных камер, сопел). Испытания газогенератора (ГГ) ГТД. Доводочные газодинамические испытания ГТД на заводском стенде. Доводочные газодинамические испытания ГТД на высотном стенде. Доводочные прочностные испытания. Испытания ГТД и их узлов по термометрированию деталей.

Ресурсные испытания (ускоренные эквивалентно-циклические испытания, длительные испытания, соответствующие программе Государственных испытаний, длительные чистовые испытания по программе Государственных испытаний). Специальные испытания (в том числе согласно ЕНЛГ). Государственные испытания ДЛА. Предъявительские и приемосдаточные испытания серийных ГТД. Периодические испытания серийных ГТД. Технологические испытания. Заводские открытые стенды для испытаний серийных двигателей. Стенды для испытаний ГТД в высотно-скоростных условиях. Стенды с частичной имитацией высотно-скоростных условий (с подогревом воздуха на входе, с наддувом и подогревом воздуха на входе). Стенды для высотных испытаний ГТД в ТБК.

Стенды для испытаний ракетных двигателей.

Измерение статического и полного давлений воздушных и газовых потоков. Измерение температур воздушных и газовых потоков. Измерение скорости потока. Измерение расхода жидкости и газа с помощью стандартных сужающихся устройств. Измерение расхода жидкости с помощью турбинного расходомера. Измерение частоты вращения ротора ГТД.

Измерение вибраций. Измерение крутящего момента . Гидротормоз. Измерение расхода воздуха через двигатель при его стендовых испытаниях. Основы теории гидродинамического подобия при течении газа в канале. Подобие режимов работы ГТД. Приведение параметров ГТД к стандартным атмосферным условиям. Методика расчета температуры газа на выходе из камер сгорания ТРД и ТРДФ. Методика расчета температуры газа на выходе из камер сгорания двухконтурного ГТД. Экспериментально-расчетное определение коэффициентов полезного действия компрессора и вентилятора ГТД по параметрам неравномерных воздушных потоков. Численное исследование влияния влажности в неравномерном воздушном потоке на интегральные характеристики потока, на КПД и параметры вентилятора ГТД. Экспериментально-расчетное определение показателей газодинамической эффективности вентилятора ГТД при окружной неравномерности полного давления в потоке воздуха на входе. Стенды для автономных испытаний камер сгорания. Существующие методы экспериментально-расчетного определения показателей эффективности работы основных камер сгорания ГТД по результатам их автономных испытаний.

Определение коэффициента восстановления полного давления в основной камере сгорания ГТД по результатам ее испытаний на камерном стенде по параметрам неравномерных газовых потоков. Определения коэффициента полноты сгорания в основной камере сгорания ГТД по результатам ее испытаний на камерном стенде по параметрам неравномерных газовых потоков. Численное исследование влияния влажности воздуха на коэффициент полноты сгорания в основной камере сгорания при ее автономных испытаниях на камерном стенде и в системе ГТД.

Стенды для автономных испытаний турбин ГТД. Опыт определения КПД турбины ГТД по результатам ее испытаний на турбинном стенде по параметрам неравномерных воздушных потоков. Определения коэффициента полезного действия осевой охлаждаемой турбины ГТД по параметрам неравномерных газовых потоков. Численное исследование влияния влажности воздуха и состава смеси газа на КПД турбины ГТД при ее испытаниях на турбинном стенде.

Методика и опыт идентификации характеристик компрессоров и вентиляторов при их работе в системе ГТД. Методика и опыт идентификации характеристик турбин при их работе в системе ГТД. Методика и опыт идентификации характеристик камер сгорания при их работе в системе ГТД. Топлива для ВРД. Требования к топливам ВРД. Виды химического топлива, потенциально пригодного для ВРД. Углеводородные топлива. Водород как авиационное топливо. Требования к твердому топливу РДТТ. Топлива для ЖРД. Основные показатели уровня шума ГТД. Частотный спектр, нормы шума. Источники шума ГТД, Шум реактивной струи. Шум компрессора и вентилятора ГТД. Способы снижения шума реактивной струи, вентилятора и компрессора. Виды вредных выделений авиационных ГТД. Нормы, ограничивающие вредные выделения. Пути снижения вредных выделений.

Основные положения метода малых отклонений. Уравнение работы компрессора в малых отклонениях. Уравнения работы турбины и расхода в малых отклонениях. Коэффициенты влияния для анализа работы проектируемого и выполненного ТРД.

#### **Модуль 4 (дисциплина 4)**

#### **Расчет теплового состояния авиационных конструкций**

Способы измерения температур газа и стенок элементов конструкций. Калориметрический способ исследования коэффициентов теплоотдачи. Градиентный метод исследования коэффициентов теплоотдачи. Метод тонкого тела исследования коэффициентов теплоотдачи. Метод регулярного режима исследования коэффициентов теплоотдачи. Коэффициенты теплоотдачи в отверстиях типичных для перфорации турбинных лопаток. Эффективность пленочного охлаждения перфорированных лопаток. Коэффициенты теплоотдачи на лопатках турбин за отверстиями перфорации. Теплоотдача на элементах профиля турбинной лопатки. Влияние теплозащитных покрытий на теплоотдачу от газа к лопаткам турбины. Способы интенсификации коэффициентов теплоотдачи в каналах охлаждения турбинных лопаток. Системы конвективного охлаждения лопаток турбин (радиального, аксиального и петлевого течения воздуха) их достоинства и недостатки. Определение расхода воздуха через каналы охлаждения лопаток по продувкам прозрачной модели. Порядок расчета термических напряжений в профильном сечении турбинной лопатки. Формула расчета давления на входе в прозрачную модель лопатки при продувках ее в атмосферу. Методы конечных разностей (МКР) расчета термонапряженного состояния элементов авиационных двигателей на переходных режимах работы (явная и неявная схемы). Формулы расчета гидросопротивлений в тракте газа и в тракте воздуха авиационного теплообменника-регенератора теплоты выхлопных газов. Основные уравнения, лежащие в основе расчетов теплообменников. Составляющие потерь давления в каналах ТА. Расчет эффективности ребра. Два метода расчета ТА. Расчет гидросопротивлений в пучке оребренных труб. Значения параметров  $R$  и  $P$  при определении поправки  $\psi$  для теплообменников перекрестной схемы. Понятие коэффициента сопротивления  $\xi$  для течения в трубе (выбор для ламинарного и турбулентного режимов течения). Порядок расчета средне логарифмического  $\Delta t$  для теплообменников перекрестного тока. Поправка  $\psi$ . Расчет эффективности круглого ребра. Качества теплообменника  $\epsilon$ . Минимальный водяной эквивалент  $C_{min}$ . Выбор коэффициента теплоотдачи в трубах в зависимости от режима течения. Формулы и порядок расчета габаритов трубчатого теплообменника-регенератора теплоты выхлопных газов по заданным гидросопротивлениям тракта газа и тракта воздуха. Способы тепловой защиты лопаток турбин (конвективное охлаждение, пленочное, теплозащитными покрытиями).

## **Модуль 5 (дисциплина 5)**

### **Ракетные и специальные двигатели**

Основы рабочего процесса ракетных и специальных двигателей. Виды и классификация ракетных и специальных двигателей. Конструкция основных типов ракетных и специальных двигателей. Агрегаты ракетных и специальных двигателей. Процессы в камере сгорания. Горение твердых топлив. Горение жидких топлив. Горение газообразных топлив. Распыл топлива и форсунки. Смешение топливной смеси. Турбонасосные агрегаты. Организация управления тягой различных видов ракетных и специальных двигателей. Трехмерный расчет камеры ракетных и специальных двигателей. Работа металла при высокой температуре. Прочностной расчет элементов ракетных и специальных двигателей. Особенности эксплуатации ракетных и специальных двигателей. Двигатели ЛА одноразового применения. Работа двигателей в безвоздушном пространстве. Двигатели на однокомпонентном топливе. Размещение и крепление двигателей на летательном аппарате. Особенности стендовой отработки ракетных и специальных двигателей. Системы тепловой стабилизации ракетных и специальных двигателей. Запуск двигателей. Топливная система ракетных и специальных двигателей. Перспективы развития специальных двигателей.

Развернутая информация по указанным дисциплинам содержится в учебных программах дисциплин.

#### **2.2 Критерии выставления оценок на государственном экзамене**

При проведении экзамена необходимо учитывать следующие критерии:

- знание базовых положений учебного материала и проблем развития науки применительно к проектно-конструкторской, лабораторно-испытательной деятельности, что соответствует знанию методов и типовых методик расчетов, проектирования, знанию основ проведения экспериментов, испытаний ДЛА и энергоустановок на их основе, технологий анализа и обработки результатов экспериментов и испытаний, а по отношению к научно-исследовательской деятельности – знанию общих методов и методик исследования;
- умение анализа и синтеза новой информации и принятия адекватных решений с необходимой аргументацией;
- способность к абстрактному логическому мышлению, использованию методов индукции и дедукции.

В качестве критериев оценки знаний на Государственном экзамене выбран Вариант 1 «Методических рекомендаций по установлению порогов для положительного оценивания подготовленности выпускников на

государственном экзамене» из документа «Методические рекомендации по разработке оценочных и диагностических средств итоговой государственной аттестации выпускников вузов» Минобрнауки РФ, Москва, Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2004. – 21 с.

Уровень знаний студента определяется следующими оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

#### **Критерии выставления оценок**

**ОТЛИЧНО** – минимум четыре вопроса задания (из пяти) имеют полные решения и один вопрос имеет неполное решение. Содержание ответов свидетельствует об уверенных знаниях выпускника и о его умении решать профессиональные задачи, соответствующие его будущей квалификации.

**ХОРОШО** – минимум четыре вопроса задания имеют полные решения;

Варианты:

- минимум три вопроса задания имеют полные решения и два вопроса имеют неполные решения;

- минимум три вопроса задания имеют полные решения, один вопрос имеет неполное решение и в одном вопросе начато правильное решение, но не доведено до конца. Содержание ответов свидетельствует о достаточных знаниях выпускника и о его умении решать профессиональные задачи, соответствующие его будущей квалификации.

**УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО** – минимум три вопроса задания имеют полные решения;

Варианты:

- минимум два вопроса задания имеют полные решения и два вопроса имеют неполные решения, на один вопрос нет решения;

- минимум два вопроса задания имеют полные решения, один вопрос имеет неполное решение, на один вопрос начато правильное решение, но не доведено до конца, на один вопрос нет решения. Содержание ответов свидетельствует о недостаточных знаниях выпускника и о его ограниченном умении решать профессиональные задачи.

**НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО** – три вопроса задания (из пяти) не имеют решения. Содержание ответов свидетельствует о слабых знаниях выпускника и его неумении решать профессиональные задачи.

Требования, предъявляемые к уровню подготовки студентов на государственном экзамене, должны обеспечить всестороннюю оценку профессиональных знаний, умений и навыков будущих специалистов. На государственном экзамене следует создать обстановку объективности и высокой требовательности в сочетании с доброжелательным, внимательным отношением членов комиссии к экзаменуемым студентам.

### 2.3 Порядок проведения экзамена

Процедура экзамена состоит из ответов на вопросы экзаменационного билета.

Форма проведения экзамена – письменные ответы на вопросы экзаменационного билета.

Продолжительность письменного экзамена – три астрономических часа.

Для подготовки к экзамену каждому студенту комиссия выдает экзаменационный билет, включающий пять вопросов.

Результаты экзамена оцениваются по четырехбалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценка знаний по дисциплинам производится с привлечением имеющихся на кафедре критериев оценки знаний по каждой из дисциплин. Оценка выставляется экзаменационной комиссией экспертно. При необходимости студенту могут быть заданы устные дополнительные вопросы и итоговая оценка выставляется с учетом ответов студента на эти вопросы.

Студенты, получившие по результатам итогового экзамена неудовлетворительную оценку, допускаются к повторному экзамену в сроки, определяемые государственной аттестационной комиссией в соответствии с действующими нормативными документами.

Фонды экзаменационных билетов являются неотъемлемой частью настоящей программы и подготовлены выпускающей кафедрой.

### 3 Требования к выпускной квалификационной работе

По итогам выпускной квалификационной работы проверяется степень освоения выпускником следующих компетенций:

Код	Содержание
<i>Регламентированные ФГОС ВО и ОПОП ВО</i>	
<b>Общекультурные компетенции (ОК)</b>	
ОК-6	способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности
<b>Общепрофессиональные компетенции (ПК)</b>	
ОПК-1	способность выбирать системы обеспечения экологической безопасности при проведении работ
ОПК-2	способность подготавливать заявки на изобретения и промышленные образцы
ОПК-3	способностью проводить оценку стоимости объектов интеллектуальной деятельности
<b>Профессиональные компетенции (ПК)</b>	
ПК-2	способность осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по направлению исследований, выбирать методы и средства решения задач
ПК-3	способность разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить обработку и анализ результатов
ПК-4	способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности
ПК-5	способность осуществлять подготовку заданий на разработку проектных

	решений
ПК-7	способность составлять описания принципов действия и устройства проектируемых деталей и узлов машиностроительных конструкций с обоснованием принятых технических решений
ПК-8	способность разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты сложных изделий с использованием средств автоматизированного проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных изделий
ПК-9	способность проводить технические расчеты по проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектируемых изделий и конструкций
ПК-10	способность разрабатывать методические и нормативные документы, техническую документацию, а также предложения по реализации разработанных проектов и программ
ПК-11	способность проводить оценку инновационных потенциалов проектов
ПК-12	способность проводить оценку инновационных рисков коммерциализации проектов
ПК-20	способность разрабатывать планы, программы и методики проведения испытаний авиационных и ракетных двигателей и энергоустановок
ПК-21	способностью принимать участие в подготовке и проведении испытаний авиационных и ракетных двигателей и энергоустановок ЛА и их агрегатов
ПК-22	способность разрабатывать системы измерений экспериментальных установок по испытаниям двигателей, их узлов и элементов
ПК-23	способность проводить вторичную обработку и анализ результатов экспериментальных исследований, стендовой, летной отработки и эксплуатации авиационных и ракетных двигателей и энергоустановок в составе ЛА
ПК-24	способность проводить диагностику режимов работы авиационных и ракетных двигателей и энергоустановок ЛА
ПК-25	способность осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по направлению испытаний, выбирать методы и средства решения задач
<i>Специальные профессиональные, регламентированные ООП ВПО</i>	

### 3.1 Вид выпускной квалификационной работы

Выпускная квалификационная работа выполняется в виде магистерской диссертации.

### 3.2 Структура выпускной квалификационной работ и требования к ее содержанию

Выпускная квалификационная работа магистра (магистерская диссертация) представляет собой описание проведенных исследовательских работ в предметной области и их результатов.

В ней могут рассматриваться как вопросы совершенствования существующих классических ДЛА и энергоустановок, так и развивающиеся в отечественном двигателестроении на базе научных исследований новые направления и технологии их проектирования, создания испытаний и эксплуатации в период жизненного цикла, в том числе на основе газотурбинных, ракетных и газопоршневых технологий. В контексте этих исследований могут рассматриваться как общие концептуальные вопросы

совершенствования подобных технологий, таких как совершенствование конструктивных схем ДЛА и энергоустановок на их основе, создание новых конструкций и методов расчета и проектирования, коренная модернизация существующих технологических процессов производства на базе новейшего оборудования, экономические вопросы развития предприятий двигателестроения и технологий финансирования разработок, так и в более углубленной постановке частные вопросы совершенствования узлов и элементов ДЛА и энергоустановок и методов их испытаний, а также вопросы создания и развития новых технологий производства ДЛА и энергоустановок, проблемы и конкретные вопросы энергосбережения в этой сфере. Кроме указанных аспектов выбора тем магистерских диссертации (ВКР), связанных непосредственно с основной реализуемой концепцией (направленность (профиль) «Авиационная и ракетно-космическая теплотехника») предусматривает углубленную подготовку в аспектах методов теплофизических расчетов и информационных технологий проектирования, конструирования, исследования, испытания и эксплуатации двигателей летательных аппаратов, а также летательных аппаратов, с учетом реализации их рабочих процессов и работы элементов и узлов конструкций в широком диапазоне температур, от уровня криогенных до 4000 К и выше), возможными объектами, по отношению к которым формируется тематика магистерских диссертаций, в более широком плане могут выступать любые объекты профессиональной деятельности выпускника магистратуры, предусмотренные в разделе 4.2 Федерального государственного образовательного стандарта ВО по направлению подготовки магистра 24.04.05 – Двигатели летательных аппаратов, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от "08" апреля 2015 г. № 373:

*методы, средства и способы проектирования, конструирования, исследования, отработки производства, маркетинга и эксплуатации двигателей летательных аппаратов, включая их утилизацию, способных перемещать в атмосфере, гидросфере и в космосе различные летательные аппараты и перемещающиеся в пространстве объекты.*

Магистерская диссертация может содержать следующие элементы:

- анализ современного состояния проблемы;
- техническое задание на проведение научно-исследовательской работы;
- теоретическое исследование;
- экспериментальное исследование;
- патентное исследование;
- расчеты.

В зависимости от направленности работы (научно-исследовательская теоретическая работа, научно-исследовательская экспериментальная работа, конструкторская проработка и т. д.) отдельные перечисленные элементы могут быть либо чрезвычайно развиты, либо отсутствовать.

Магистерская диссертация оформляется в виде единого издания и имеет следующую **структуру**:

а) пояснительная записка, содержащая:

- титульный лист;
- бланк задания;
- аннотацию;
- содержание;
- перечень сокращений, условных обозначений, символов, единиц и терминов;
- основную часть,
- заключение;
- список использованных источников;

б) приложения.

Объем диссертации - не более 200 листов формата А4 (включая схемы и графики, размещение которых целесообразно в пояснительной записке в приложениях). Объем графической части приложений - до десяти листов формата А1.

Графическая часть работы может содержать зависимости исследуемых параметров, схемы (схемы измерений, графы, кинематические, структурные схемы и т. д.), алгоритмы и т.д., а также, при необходимости, элементы конструкторской документации (сборочные чертежи экспериментальной установки, чертежи общего вида и т.д.).

Более подробно содержание каждого раздела выпускной квалификационной работы и ее оформление описано в соответствующих методических указаниях.

### 3.3 Примерная тематика и порядок утверждения тем выпускных квалификационных работ

#### 3.3.1 Примерная тематика выпускных квалификационных работ

Исследование процесса горения в камере сгорания авиационных ВРД при помощи численного моделирования. Анализ теплового состояния рабочих лопаток турбины высокого давления ТРДДФ АЛ-31ФП на различных режимах при помощи численного моделирования. Исследование и оптимизация гидравлического сопротивления выходного тракта ГПА-16Р на базе АЛ-31СТ по инженерным и 3D-численным методикам. 3D-численное исследование шума от авиационных ВРД на режимах взлёта и посадки. Моделирование вредных выбросов в КС (NO<sub>x</sub> и СО) авиационных ВРД на режиме взлёта/посадки и на режиме крейсерского полёта. Расчёт теплового состояния элементов конструкции выходного тракта авиационных ВРД для снижения ИК-заметности в задней полусфере. Проектирование авиационных ВРД на криотопливе. Расчёт теплового состояния жаровой трубы камеры сгорания авиационных ГТД. Расчёт теплового состояния жаровой трубы форсажной камеры сгорания авиационных ГТД на различных режимах. Исследование влияния

неравномерности поля параметров на выходе из узлов КС и ФКС на различных режимах на тепловое состояние последующих элементов проточной части. Использование хладоресурса криотоплива для охлаждения теплонапряженных элементов проточной части авиационных ВРД. Влияние неравномерности поле параметров на входе в КС и ФКС на различных режимах на параметры и характеристики процесса горения. Установка для исследования теплоотдачи на лопатках турбины с пленочной теплозащитой. Установка для исследования теплоотдачи в отверстиях, типичных для перфорации турбинных лопаток. Тепловое состояние камеры сгорания ГТД. Тепловое состояние форсажной камеры ГТД. Системы кондиционирования воздушных судов. Система тепловой стабилизации космических аппаратов. Тепловое воздействие при входе космического аппарата в плотные слои атмосферы. Анализ работы системы охлаждения турбины. Тепловое состояние выхлопной системы авиационных ДВС. Тепловое состояние ПВРД. Процессы в сопле РДТТ. Анализ системы скачков уплотнения на конусе в сверхзвуковом потоке. Анализ теплового воздействия выхлопных струй двигателей на пусковые устройства средств выведения космических аппаратов. Разработка стенда для оценки теплового состояния рабочей лопатки ТНД. Выработка диагностических признаков работы ДЛА. Разработка проекта стенда по оценки теплового воздействия сверхзвукового потока на летательный аппарат. Разработка проекта электроракетного двигателя. Разработка модельной установки для исследования теплоотдачи на лопатках турбины с пленочной теплозащитой. Разработка установки для исследования теплоотдачи к охлаждающему воздуху в лопатках турбины на прозрачных моделях.

### 3.3.2 Порядок утверждения тем выпускных квалификационных работ

Примерная тематика ВКР магистров формулируется совместно выпускающей кафедрой и представителями подразделений проектных или производственных предприятий двигателестроения, на которые предварительно распределяются студенты, в качестве темы НИР на предстоящие 2 года обучения в течение первых 2 месяцев обучения в магистратуре. При выборе этой тематики учитывается проблематика предприятий, интересы обучающихся и предложения индивидуальных научных руководителей магистрантов. Она отражается в их индивидуальных планах обучения.

Предварительная формулировка индивидуальных тем ВКР с учетом результатов НИР за 3 семестра обучения утверждается на заседании выпускающей кафедры не позднее, чем за 2 недели до научно-производственной практики в 4 семестре обучения, и соответственно формулируется задание на эту практику. На последней неделе указанной практики утверждается на заседании выпускающей кафедры окончательная формулировка темы ВКР и передается для утверждения на заседании Совета факультета авиационных двигателей, энергетики и транспорта. После утверждения деканом факультета тема ВКР и основное содержание работы оформляются как задание на ВКР в виде специального бланка задания.

### 3.4 Порядок выполнения и представления в государственную аттестационную комиссию выпускной квалификационной работы

В течение подготовки выпускной квалификационной работы организуются еженедельные консультации с научным руководителем, обеспечивается доступ выпускников к библиотеке вуза, литературе и документации, имеющейся на выпускающей кафедре, к дисплейному классу и к сети Интернет.

Магистерская диссертация должна являться законченной научно-исследовательской или научно-производственной работой, содержащей решение задач, поставленных в рамках утвержденной темы научным руководителем и научным консультантом от подразделений проектных или производственных предприятий двигателестроения совместно. В заключение работы необходимо отразить основные этапы апробации работы в ходе ее выполнения: доклады на научно-технических конференциях различного уровня, выступления на различных семинарах, производственных совещаниях с обсуждением работы, публикации по теме работы, которые также следует привести в списке литературы.

Полностью завершенная и оформленная в соответствии с требованиями работа передается магистрантом для проверки научному руководителю, который по результатам анализа работы дает письменный отзыв на выполненную работу с рекомендацией к защите в Государственной аттестационной комиссии, но не дает балльной оценки работы. Далее ВКР магистра представляется в смотровую комиссию при выпускающей кафедре, которая оценивает готовность работы, соответствие ее требованиям по оформлению магистерской диссертации и направляет работу на внешнее рецензирование к профильным ведущим специалистам из сферы проектных или производственных предприятий двигателестроения.

Работа должна быть представлена к рецензии не позднее, чем за три дня до защиты ее в ГАК. Выпускник должен быть ознакомлен с рецензией не позже, чем за день до защиты. Изменения и дополнения выпускной работы после получения рецензии не допускаются.

Предусматривается также возможность организации предварительной защиты ВКР на выпускающей кафедре.

### 3.5 Порядок защиты выпускной квалификационной работы

Для прохождения процедуры защиты ВКР магистра вместе с отзывами научного руководителя магистранта и внешнего рецензента представляется на заседание Государственной аттестационной комиссии, утвержденной приказом ректора университета, согласно графику заседаний комиссии.

В ходе заседания Государственной аттестационной комиссии выпускник делает доклад по выполненной работе продолжительностью 12 – 15 мин. с использованием специально подготовленных в электронной форме презентационных слайдов, после чего отвечает на вопросы членов комиссии. После этого зачитываются отзывы на представленную работу. На заседании

ГАК могут присутствовать студенты, преподаватели кафедр университета, представители проектных или производственных предприятий двигателестроения и др., то есть заседание ГАК является открытым.

Итоговая оценка по результатам защиты выставляется членами комиссии после заслушивания докладов всех выпускников, защищающих свои ВКР на данном заседании ГАК, после итогового обсуждения без присутствия лиц, не являющихся членами комиссии.

3.6 Критерии выставления оценок (соответствия уровня подготовки выпускника требованиям ФГОС ВПО) на основе выполнения и защиты квалификационной работы

Критерии оценки ВКР приняты в соответствии с многолетним опытом работы кафедры по организации подготовки специалистов разного уровня (инженер, бакалавр, магистр, аспирант).

#### *3.6.1 Номенклатура оцениваемых показателей качества ВКР*

Итоговая оценка за ВКР выводится исходя из:

- оценки за содержание ВКР, выставленной членами ГАК –  $O_C$ ;
- оценки за оформление ВКР, выставленной членами ГАК –  $O_3$ ;
- оценки за качество эксплуатационно-технической (конструкторской или программной) документации –  $O_K$ ;
- оценки за доклад –  $O_D$ ;
- оценки за ответы на вопросы –  $O_B$ .

#### *3.6.2 Оценка содержания ВКР*

В процессе работы ГАК члены комиссии изучают представленные выпускниками пояснительные записки, чертежно-графические материалы, конструкторскую (программную) документацию и делают заключение о степени и качестве выполнения задания, о соответствии содержания работы заданию и проблемному полю направления 24.04.05 «Двигатели летательных аппаратов», выставляя оценку за содержание ВКР по четырехбалльной системе: “отлично”, “хорошо”, “удовлетворительно”, “неудовлетворительно”.

Оценка за содержание ВКР выставляется:

**ОТЛИЧНО**, если:

- содержание ВКР полностью соответствует теме и заданию на выполнение ВКР, утвержденному заведующим кафедрой;
- тема ВКР соответствует направлению 24.04.05 «Двигатели летательных аппаратов»;
- в выполненной выпускником ВКР сформулированы цель разработки, задачи, введены необходимые ограничения и допущения;
- в пояснительной записке сформулирована общая задача исследования,

проектирования и корректно осуществлен переход от общей к частной задаче (задачам);

- обоснованно выбран и использован метод решения поставленной задачи;

- полученные в ВКР результаты могут быть использованы в практике предприятий, научной работе или учебном процессе;

- все принятые в ВКР решения математически и (или) логически обоснованы;

- при проведении анализа использованы не только отечественные, но и зарубежные источники;

- в ВКР разработаны (обоснованно выбраны) показатели оценки основных свойств объекта исследования и критерии их оценки (при необходимости выбора);

- в ВКР произведен расчет выбранных показателей для исследуемого (проектируемого) объекта и известных аналогов и прототипов, при этом убедительно показано достижение целей исследования.

При выполнении условий для выставления оценки “отлично” ВКР может быть признана очень высокой, если:

- в ВКР имеются оригинальные решения, подтвержденные патентными исследованиями;

- основные результаты работы опубликованы в научно-технической (учебной, регламентирующей) литературе; прошли апробацию (опубликованы в виде тезисов докладов в сборниках НТК); получили признание на конкурсах, выставках, олимпиадах и т.д.

Оценка **ХОРОШО** выставляется, если:

- анализ области исследования проведен не всесторонне, выбор показателей и критериев обоснован недостаточно;

- метод решения поставленной задачи выбран недостаточно обоснованно;

- преимущества выбранного технического решения для создания разрабатываемого объекта обоснованы неубедительно;

- при проведении анализа в области исследования использованы только отечественные источники;

- некоторые (не основные) решения, принятые в ВКР, доказаны (обоснованы) неубедительно;

- необоснованно (за счет описательной части известного материала), но незначительно (не более чем на 20%) превышен планируемый объем пояснительной записки.

Оценка **УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО** выставляется, если:

- необоснованно (за счет описательной части известного материала), значительно (более чем на 20, но не более чем на 40%) превышен планируемый объем пояснительной записки;

- сравнительный анализ полученных результатов неубедительно

доказывает преимущества предложенного в результате исследования устройства, способа, метода, методики, алгоритма, программного обеспечения, процедуры;

- имеются несущественные отступления от задания на выполнение ВКР.

Оценка **НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО** выставляется, если не выполнены условия для выставления оценки “удовлетворительно”.

### 3.6.3 Оценка оформления ВКР

Члены ГАК оценивают качество оформления пояснительной записки, графических материалов и выставляют оценку за оформление ВКР по четырехбалльной системе: “отлично”, “хорошо”, “удовлетворительно”, “неудовлетворительно”.

Оценка за оформление ВКР выставляется: **ОТЛИЧНО**, если:

- в пояснительной записке и графических материалах нет отступлений от требований и ЕСКД (ЕСПД);
- пояснительная записка написана грамотно, техническим языком;
- материал пояснительной записки изложен последовательно и логично;
- содержание графических материалов полностью соответствуют заданию;
- графические материалы позволяют оценить содержание выполненной работы и принятые в ней технические решения.

Оценка **ХОРОШО** выставляется, если:

- имеются незначительные отступления от требований ЕСКД, ЕСПД;
- пояснительная записка написана непоследовательно (отсутствуют причинно-следственные связи).
- содержание некоторых графических материалов не полностью соответствуют заданию;
- отдельные графические материалы не позволяют в полной мере оценить содержание выполненной работы и принятые в ней решения.

Оценка **УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО** выставляется, если:

- имеются существенные отступления от требований ЕСКД, ЕСПД;
- пояснительная записка написана недостаточно грамотно;
- содержание графических материалов не соответствуют заданию;
- графические материалы не позволяют оценить содержание выполненной работы.

Оценка **НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО** выставляется, если не выполнены условия для выставления оценки “удовлетворительно”.

### 3.6.4 Оценка качества документации

Оценка за качество (исследовательской, программной или конструкторской) документации ВКР выставляется:

**ОТЛИЧНО**, если:

- номенклатура разработанных документов полностью соответствует

заданию;

- содержание разработанных документов соответствует требованиям ЕСКД и ЕСПД;
- содержание документов соответствует названию и сущности разработки;
- все разделы документов написаны грамотно и содержательно, позволяют раскрыть особенности использования разработанных технических средств.

Оценка **ХОРОШО** выставляется, если:

- номенклатура разработанных документов не полностью соответствует заданию при сохранении общего количества документов;
- в содержании разработанных документов имеются незначительные отступления от требований ЕСКД (ЕСПД);
- содержание одного из документов не полностью соответствует названию и сущности разработки.

Оценка **УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО** выставляется, если:

- номенклатура разработанных документов не полностью соответствует заданию, при этом уменьшено количество разработанных документов;
- содержание одного из разработанных документов не полностью соответствует названию;
- в содержании разработанных документов имеются существенные отступления от требований ЕСКД (ЕСПД);
- структура разработанных документов не полностью соответствует требованиям ГОСТ.

Оценка **НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО** выставляется, если не выполнены условия для выставления оценки удовлетворительно.

### 3.6.5 Оценка защиты ВКР

За защиту ВКР выставляется две оценки:

- за доклад;
- за ответы на вопросы.

### 3.6.6 Оценка доклада

Оценка за доклад выставляется:

**ОТЛИЧНО**, если во время доклада:

- содержание доклада логично и последовательно. В нем явно выделены введение, основная часть, результаты и заключение;
- выпускник уложился в установленное время доклада, убедительно показав при этом актуальность темы и значимость полученных результатов;
- представленный графический материал в полной мере отражает существо выполненной работы;
- выпускник свободно владеет содержанием докладываемого материала;

**ХОРОШО**, если:

- выпускник превысил установленное время доклада не более чем на 5 минут;
- в процессе доклада выпускник допустил непоследовательность при изложении результатов работы;
- не весь представленный графический материал использовался во время доклада;
- представленный графический материал не в полной мере отражает существо выполненной работы;
- во время доклада выпускник иногда обращался к тезисам доклада;

**УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО**, если:

- выпускник превысил установленное время доклада более чем на 5 минут;
- в процессе доклада выпускник допустил непоследовательность и нелогичность при изложении результатов работы;
- выпускник не убедительно показал актуальность темы и значимость полученных результатов;
- представленный графический материал не отражает значительную часть выполненной работы;
- во время доклада выпускник не использовал 50% представленного графического материала;
- доклад сделан преимущественно с использованием тезисов доклада.

**НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО**, если:

- доклад полностью прочитан по тезисам доклада;
- в процессе доклада выпускник не ориентировался в представленном чертежно-графическом материале.

*3.6.7 Оценка за ответы на вопросы*

Оценка за ответы на вопросы выставляется:

**ОТЛИЧНО**, если:

- на все поставленные вопросы получены ответы, оцененные “ответ правильный и полный”;
- не более чем на 20% вопросов получены ответы, оцененные “ответ правильный, но не полный”.

**ХОРОШО**, если:

- не более чем на 40% вопросов получены ответы, оцененные “ответ правильный, но не полный”.
- имеется не более 20% вопросов, на которые получен ответ, оцененный “ответ неправильный”;

**УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО**, если:

- более чем на 40% вопросов получены ответы, оцененные “ответ правильный, но не полный”.
- имеется не более 30% вопросов, на которые получен ответ, оцененный “ответ неправильный”;
- имеется не более 20% вопросов, на которые получен ответ, оцененный

“нет ответа”;

**НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО**, если не выполнены условия для получения оценки удовлетворительно.

Оценка за ответ на каждый из заданных вопросов выставляется по согласию всех членов комиссии или по большинству голосов открытого голосования (при наличии в комиссии четного числа членов голос председателя комиссии имеет преимущество).

### 3.6.8 Выставление итоговой оценки за ВКР

Итоговая оценка **ОТЛИЧНО** выставляется, если:

все оценки  $O_C$ ,  $O_3$ ,  $O_K$ ,  $O_D$  и  $O_B$  - “отлично”

или

одна из оценок (кроме оценок  $O_C$  и  $O_B$ ) “хорошо”, остальные - “отлично”.

Итоговая оценка **ХОРОШО** выставляется, если:

оценки  $O_C$  и  $O_B$  - “хорошо”, одна из оценок  $O_3$ ,  $O_K$ ,  $O_D$  “удовлетворительно”, остальные “хорошо” и “отлично”. или

одна из оценок  $O_C$  и  $O_B$  - “хорошо”, вторая “отлично”, а оценки  $O_3$ ,  $O_K$ ,  $O_D$  - “удовлетворительно” или “хорошо”.

Итоговая оценка **УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО** выставляется, если:

Одна из оценок  $O_C$  и  $O_B$  - “удовлетворительно”, оценки  $O_D$ ,  $O_3$ ,  $O_K$ -

“удовлетворительно”, “хорошо” или “отлично”.

Итоговая оценка **НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО** выставляется, если хотя бы одна из оценок  $O_C$  и  $O_B$  - “неудовлетворительно”

Критерии вставления оценки за ВКР ежегодно могут пересматриваться, корректироваться и утверждаются научно-методическим советом направления подготовки.