

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**  
**(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной  
деятельности и цифровизации



подпись

А.Е. Шашурин

« 27 » мая 2024 г.

**ПРОГРАММА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ**

<b>Направление подготовки/ специальность</b>	24.03.05 Двигатели летательных аппаратов <small>(указывается индекс и наименование направления/специальности)</small>
<b>Специализация/профиль/ программа подготовки</b>	Авиационная и ракетно-космическая теплотехника
<b>Уровень высшего образования</b>	бакалавриат <small>(бакалавриат/ магистратура/ специалитет)</small>
<b>Форма обучения</b>	очная
<b>Факультет</b>	<b>А Ракетно-космической техники</b> <small>(указывается индекс и полное наименование факультета Университета)</small>
<b>Выпускающая кафедра</b>	<b>А9 Плазмогазодинамика и теплотехника</b> <small>(указывается индекс и полное наименование выпускающей кафедры)</small>

Санкт-Петербург  
2024 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ  
/оборотная сторона титульного листа/

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

24.03.05 Двигатели летательных аппаратов

год набора группы: 2024

Программу составили:

Кафедра А9 Плазмогазодинамика и  
теплотехника

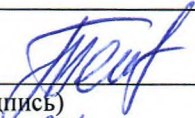
индекс, наименование

Тетерина И.В., к.т.н., доцент

Ф.И.О., уч.степень, уч.звание

Лаптинская М.М.

Ф.И.О., уч.степень, уч.звание

  
\_\_\_\_\_

(подпись)

  
\_\_\_\_\_

(подпись)

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

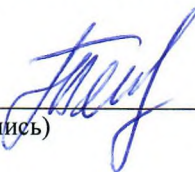
А9 Плазмогазодинамика и теплотехника

индекс, наименование

Заведующий кафедрой А9

Тетерина И.В., к.т.н., доцент

Ф.И.О., уч.степень, уч.звание

  
\_\_\_\_\_

(подпись)

## **1. Общие положения**

Итоговая (государственная итоговая) аттестация является завершающей стадией процесса подготовки.

Целью итоговой (государственной итоговой) аттестации является установление уровня подготовки выпускника Университета к выполнению профессиональных задач, соответствия его подготовки требованиям федерального государственного образовательного стандарта высшего образования.

В ходе итоговой (государственной итоговой) аттестации выпускник должен продемонстрировать результаты обучения (знания, умения, навыки, компетенции), освоенные в процессе подготовки по данной образовательной программе.

## **2. Виды государственных аттестационных испытаний и формы их проведения**

Образовательной программой предусмотрена итоговая (государственная итоговая) аттестация в виде подготовки к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы.

### **2.1 Подготовка и защита выпускной квалификационной работы**

Цель выпускной квалификационной работы – систематизация и закрепление теоретических знаний и практических навыков, полученных в ходе обучения.

Выпускная квалификационная работа – это комплексная самостоятельная работа с элементами самостоятельных исследований, включающая теоретический анализ проблемы (ситуации) и решение конкретных практических задач, вытекающих из нее.

Задачами выпускной квалификационной работы являются:

- углубление, закрепление и систематизация теоретических знаний выпускника, применение полученных знаний при решении практических комплексных профессиональных задач, связанных с будущей работой выпускников в профессиональных структурах, на предприятиях и в организациях;
- формирование и развитие способностей научно-исследовательской работы, в том числе умений получения, анализа, систематизации и оформления научных знаний;
- выявление степени подготовленности обучающихся к самостоятельной работе;
- приобретение опыта представления и публичной защиты результатов исследовательской деятельности;
- подготовка выпускника к дальнейшей профессиональной деятельности в зависимости от направления подготовки.

Выпускная квалификационная работа свидетельствует об уровне сформированности умений и компетенций обучающихся:

- обосновать степень актуальности исследования или разработки;
- четко формулировать проблему и тему исследования или разработки;
- определять цель и задачи, предмет и объект исследования или разработки;
- осуществлять отбор фактического материала, нормативно-технической документации, цифровых данных и других сведений;
- анализировать отобранный материал, статистические и другие данные, используя соответствующие методы обработки и анализа информации;
- делать научно обоснованные выводы по научным результатам работы и формулировать практические рекомендации;
- применять научные методы исследования;
- излагать свою точку зрения по дискуссионным вопросам, относящимся к теме исследования;
- делать выводы и разработать рекомендации на основе проведенного анализа;

- представлять основные положения работы, вести научную дискуссию, защищать научные идеи.

Общие требования к структуре, особенности подготовки и оформления выпускной квалификационной работы определяются Положениями о выпускных квалификационных работах по программе бакалавриата.

## 2.2 Государственный экзамен

Государственный экзамен в состав ГИА по решению выпускающей кафедры по данному направлению подготовки не предусмотрен.

## 3. Структура и содержание этапов подготовки ВКР

Объем блока государственная итоговая аттестация составляет 9 з.е. (324 часа).

№ п/п	Разделы (этапы)	Ориентировочная трудоемкость (в часах)	Формы текущего контроля
1.	Выбор темы, построение гипотезы ВКР	40	Оформление задания на ВКР
2.	Сбор и отбор материала для подтверждения гипотезы ВКР	174	Проект рукописи ВКР
3.	Редактирование рукописи ВКР	40	Проект рукописи ВКР
4.	Оценка ВКР, исправление замечаний	40	Отзыв на ВКР
5.	Подготовка к защите ВКР	30	ВКР
	<b>Итого</b>	<b>324</b>	

## 4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

- 4.1. Основная литература (в том числе рекомендуемая для подготовки к ГЭ при его наличии)
- Газовые течения в соплах энергоустановок [Текст] / К. Н. Волков [и др.] ; ред. В. Н. Емельянов. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2017. - 326 с. : 4 вкл. л., граф., схемы, табл. - Об авторах: послед. с. обл. - Библиогр.: с. 21-22, 308-326. - Прил.: с. 299-307. - ISBN 978-5-9221-1718-0 – [50 экз].
  - Инженерный анализ в ANSYS Workbench [Электронный ресурс] : учебное пособие [для вузов]. Ч. II / В. А. Бруйка, В. Г. Фокин, Я. В. Кураева ; Самар. гос. техн. ун-т. - Электрон. текстовые дан. - Самара : Изд-во СамГТУ, 2013. - 1 эл. жестк. диск : граф., схемы, табл., обр. - Загл. с титул. экрана. - Электрон. версия печ. публикации \\Lib\_server\elres\elr02899.pdf. - Вопросы для самопроверки: в конце глав. - ISBN 978-5-7964-1613-6.
  - Брыков, Никита Александрович. Динамика вязкой жидкости [Текст] : учебное пособие [для вузов] / Н. А. Брыков, В. Н. Емельянов, И. В. Тетерина ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2021. - 52 с. : граф., схемы. - Библиогр.: с. 50. - ISBN 978-5-907324-65-7
  - Лагранжевы модели турбулентных течений газа с частицами [Текст] : учебное пособие [для вузов] / К. Н. Волков, В. Н. Емельянов, А. С. Козелков, Е. С. Тятюшкина. - СПб. : Лань, 2022. - 242 с. : схемы, граф. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 231-240. - Список ил.: с. 241-242. - ISBN 978-5-8114-8548-2
  - Белов В.П. Проектирование элементов конструкции ракетных двигателей на твёрдом топливе [Текст] : учебное пособие [для вузов] / В. П. Белов ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.

- Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2012. - 89 с. : граф., рис., схемы, табл. - Библиогр.: с. 87-88. - ISBN 978-5-85546-676-8 – [74 экз].
6. Белов В.П. Проектирование элементов конструкции ракетных двигателей на твёрдом топливе [Электронный ресурс] : учебное пособие [для вузов] / В. П. Белов ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2012. - 1 эл. жестк. диск : граф., табл., схемы. - Электрон. версия печ. публикации \\lib\_server\elres\elr01774.pdf. - Библиогр.: с. 87-88. - ISBN 978-5-85546-676-8.
  7. Волков К.Н. Газовые течения в соплах энергоустановок [Текст] / К. Н. Волков [и др.] ; ред. В. Н. Емельянов. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2017. - 326 с. : 4 вкл. л., граф., схемы, табл. - Об авторах: послед. с. обл. - Библиогр.: с. 21-22, 308-326. - Прил.: с. 299-307. - ISBN 978-5-9221-1718-0 – [50 экз].
  8. Волков К.Н. Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа [Текст] / К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2013. - 465 с. : граф., схемы, табл. - Об авторах: послед. с. обл. - Библиогр.: с. 440-465. - Библиогр. в подстроч. прим. - Прил.: с. 425-439. - ISBN 978-5-9221-1438-7 – [6 экз].
  9. Волков К.Н. Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа [Электронный ресурс] / К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. - Электрон. текстовые дан. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 1 эл. жестк. диск : цв. : граф., схемы, табл. - Электрон. версия печ. публикации \\lib\_server\elres\elr02753.pdf
  10. Сахин В.В. Теплообмен при фазовых превращениях теплоносителей (теплопередача) [Электронный ресурс] : учебное пособие [для вузов] / В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2018. - 1 эл. жестк. диск : граф., схемы, табл. - Электрон. версия печ. публикации \\lib\_server\elres\elr02726.pdf. - Библиогр.: с. 122. - Тест. задания и вопросы: в конце разд. - ISBN 978-5-906920-95-9
  11. Сахин В.В. Теплообмен при фазовых превращениях теплоносителей (теплопередача) [Текст] : учебное пособие [для вузов] / В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2018. - 123 с. : граф., схемы, табл. - Библиогр.: с. 122. - Тест. задания и вопросы: в конце разд. - ISBN 978-5-906920-95-9 – [74 экз].
  12. Сахин В.В. Устройство и действие энергетических установок [Текст] : учебное пособие [для вузов] : в 2 кн. / В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2015. - ISBN 978-5-85546-863-2. Кн. 1 : Поршневые машины. Паровые турбины. - 2015. - 172 с. : граф., схемы. - Библиогр.: с. 170. - Тест. вопросы и задания: в конце разд. - ISBN 978-5-85546-864-9 – [57 экз].
  13. Сахин В.В. Устройство и действие энергетических установок [Электронный ресурс] : учебное пособие [для вузов] : в 2 кн. / В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2015. - Электрон. версия печ. публикации \\lib\_server\elres\elr02325.pdf. - ISBN 978-5-85546-863-2. Кн. 1 : Поршневые машины. Паровые турбины. - 2015. - 1 эл. жестк. диск : граф., схемы. - Библиогр.: с. 170. - Тест. вопросы и задания: в конце разд. - ISBN 978-5-85546-864-9
  14. Сахин В.В. Устройство и действие энергетических установок [Текст] : учебное пособие [для вузов] : в 2 кн. / В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2015. - ISBN 978-5-85546-863-2. Кн. 2 : Газовые турбины. Теплообменные аппараты. - 2015. - 133 с. : граф., схемы, фото. - Библиогр.: с. 131. - Тест. вопросы и задания: в конце разд. - ISBN 978-5-85546-865-6 – [57 экз].
  15. Сахин В.В. Устройство и действие энергетических установок [Электронный ресурс] : учебное пособие [для вузов] : в 2 кн. / В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ". - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2015. - Электрон. версия печ. публикации \\lib\_server\elres\elr02326.pdf. - ISBN 978-5-85546-863-2. Кн. 2 : Газовые турбины. Теплообменные аппараты. - 2015. - 1 эл. жестк. диск : граф., схемы, фото. - Библиогр.: с. 131. - Тест. вопросы и задания: в конце разд. - ISBN 978-5-85546-865-6.
  16. Динамика вязкой жидкости: учебное пособие [для вузов] / Н.А. Брыков, В.Н. Емельянов, И.В. Тетерина; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова. СПб. : 2021. 52 с. ISBN 978-5-907324-65-7

17. Е.М. Герлиман, А.В. Ефремов, В.В. Сахин, И.В. Тетерина, М.М. Алексеева. Паровые турбины. Устройство и действие: учебное пособие / Е.М. Герлиман, А.В. Ефремов, В.В. Сахин, И.В. Тетерина, М.М. Алексеева. – СПб.: Изд-во «НИЦ АРТ», 2021. – 103 с.
18. В.В. Сахин, Е.М. Герлиман, И.В. Тетерина, О.К. Овчинникова, М.М. Алексеева. Теория и практика реактивного ускорения тела: учебное пособие / В.В. Сахин, Е.М. Герлиман, И.В. Тетерина, О.К. Овчинникова, М.М. Алексеева. – СПб.: Изд-во «НИЦ АРТ», 2021. – 99 с.
19. В.В. Сахин, Е.М. Герлиман, А.В. Ефремов, И.В. Тетерина. Основы теплотехники. Термодинамика: учебное пособие / В.В. Сахин, Е.М. Герлиман, А.В. Ефремов, И.В. Тетерина. – СПб. : Изд-во «НИЦ АРТ», 2021.
20. Проектный расчёт теплообменного аппарата [Текст] : учебное пособие [для вузов] / Е. М. Герлиман, А. В. Ефремов, В. В. Сахин, И. В. Тетерина ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2022. - 175 с. : схемы, табл., граф. - Библиогр.: с. 173. - Контр. вопросы и задания: с. 171-172. - 300 экз. - ISBN 978-5-907324-73-2
21. Овчинникова О.К., Лаптинская М.М., Тетерина И.В., Герлиман Е.М. Газовые смеси и двухфазные течения. Учебное пособие - СПб.: Изд-во «НИЦ АРТ», 2022 ISBN 987-5-907615-07-6
22. Овчинникова О.К., Лаптинская М.М., Тетерина И.В., Герлиман Е.М. Численное моделирование газовых смесей и двухфазных течений. Учебное пособие - СПб.: Изд-во «НИЦ АРТ», 2022 ISBN 987-5-907615-08-3
23. Овчинникова, Е.М. Герлиман, И.В. Тетерина, В.В. Сахин. Вычислительная математика в задачах аэрокосмической техники [Текст] : учебное пособие [для вузов] / О. К. Овчинникова [и др.] ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022. - 146 с.

#### 4.2. Дополнительная литература

16. Волков К.Н. Моделирование крупных вихрей в расчётах турбулентных течений [Текст] / К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 364 с. : граф., схемы. - (Фундаментальная и прикладная физика). - Об авторах: послед. с. облож. - Библиогр. в подстроч. прим. - Библиогр.: с. 334-355. - Осн. обознач.: с. 13-16. - Предмет. указ.: с. 356-364. - ISBN 978-5-9221-0920-8 – [3 экз].
17. Волков, Константин Николаевич. Моделирование крупных вихрей в расчётах турбулентных течений [Электронный ресурс] / К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. - Электрон. текстовые дан. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 1 эл. жестк. диск : цв. : граф., схемы. - (Фундаментальная и прикладная физика). - \\lib\_server\elres\elr02169.pdf. - Об авторах: послед. с. облож. - Библиогр. в подстроч. прим. - Библиогр.: с. 334-355. - Осн. обознач.: с. 13-16. - Предмет. указ.: с. 356-364. - ISBN 978-5-9221-0920-8
18. Волков К.Н. Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа [Текст] / К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2013. - 465 с. : граф., схемы, табл. - Об авторах: послед. с. обл. - Библиогр.: с. 440-465. - Библиогр. в подстроч. прим. - Прил.: с. 425-439. - ISBN 978-5-9221-1438-7 – [6 экз].
19. Волков К.Н. Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа [Электронный ресурс] / К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. - Электрон. текстовые дан. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 1 эл. жестк. диск : цв. : граф., схемы, табл. - Электрон. версия печ. публикации \\lib\_server\elres\elr02753.pdf. - Библиогр.: с. 440-465. - Библиогр. в подстроч. прим. - Прил.: с. 427-439. - ISBN 978-5-9221-1438-7
20. Твёрдотопливные регулируемые двигательные установки [Электронный ресурс] : справочное издание / Ю. С. Соломонов [и др.] ; ред.: А. М. Липанов, Ю. С. Соломонов ; Рос. акад. ракет. и артиллер. наук. - Электрон. текстовые дан. - М. : Машиностроение, 2011. - 1 эл. жестк. диск : граф., схемы, табл., фото. - (Справочная библиотека разработчика-исследователя) (Вооружение и военная техника ; [Т.] 9). - Электрон. версия печ. публикации \\lib\_server\elres\elr02580.pdf. - Авторы указ. на обороте тит. листа. -



Библиогр.: с. 403-409. - Дополнит. титульн. лист, аннот. на англ. яз. - Прил.: с. 393-402. - Список осн. сокрац.: с. 410-411. - ISBN 978-5-94275-601-7

21. Твёрдотопливные регулируемые двигательные установки [Текст] : справочное издание / Ю. С. Соломонов [и др.] ; ред.: А. М. Липанов, Ю. С. Соломонов ; Рос. акад. ракет. и артиллер. наук. - М. : Машиностроение, 2011. - 415 с. : граф., схемы, табл., фото. - (Справочная библиотека разработчика-исследователя) (Вооружение и военная техника ; [Т.] 9). - Авторы указ. на обороте тит. листа. - Библиогр.: с. 403-409. - Дополнит. титульн. лист, аннот. на англ. яз. - Прил.: с. 393-402. - Список осн. сокрац.: с. 410-411. - ISBN 978-5-94275-601-7 – [16 экз].

22. Твёрдотопливные регулируемые двигательные установки [Электронный ресурс] : справочное издание / Ю. С. Соломонов [и др.]. - Электрон. текстовые дан. - М. : Машиностроение, 2011. - 776 с. - (ЭБС Лань). - Загл. с титул. экрана. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/3311> (дата обращения: 31.08.2020).

23. Моисеев М.Г. Основы аэрогазодинамики [Текст] : учебное пособие для вузов / М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов ; БГТУ "ВСЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2006. - 144 с. : граф., схемы, табл. - Библиогр.: с. 143. - ISBN 5-85546-229-3 – [176 экз].

24. Моисеев М.Г. Основы аэрогазодинамики [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / М. Г. Моисеев, Ю. М. Циркунов ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2006. - 1 эл. жестк. диск : граф., схемы, табл. - Электрон. версия печ. публикации \\lib\_server\elres\elr00768.pdf. - Библиогр.: с. 143. - ISBN 5-85546-229-3

25. Денисов, Михаил Александрович. Математическое моделирование теплофизических процессов. ANSYS и CAE-проектирование [Электронный ресурс] : учебное пособие [для вузов] / М. А. Денисов ; Урал. федерал. ун-т им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. - Электрон. текстовые дан. - Екатеринбург : Изд-во УрФУ, 2011. - 1 эл. жестк. диск : цв. : граф., обр., схемы, табл. - \\Lib\_server\elres\elr02900.pdf. - Загл. на корешке : Моделирование теплофизики в ANSYS. - Об авт.: послед. с. обл. - Библиогр.: с. 146-148. - ISBN 978-5-321-02043-2.

26. Булат П.В., Чернышов М.В. Ударно-волновые структуры. Часть 1. Основы теории интерференции и рефракции газодинамических разрывов. Курс лекций: Учебное пособие. М.: Изд-во «Спутник +», 2022. 117 с.

27. Туркина Н.Р., Чернышов М.В., Лебедева Ж.А. Методология диссертационного исследования: практическое пособие. СПб.: Балт. гос. техн. ун-т, 2022. 36 с.

28. Волков К.Н., Емельянов В.Н., Козелков А.С., Тятюшкина Е.С. Лагранжевы модели турбулентных течений газа с частицами – Санкт-Петербург; Лань, 2022. – 244 с.

4.3. Перечень ресурсов информационно – коммуникационной сети «Интернет», электронно-библиотечные системы.

1. Электронно-библиотечная система Юрайт <https://urait.ru/>
2. Электронно-библиотечная система Лань <https://e.lanbook.com/>

4.4. Программное обеспечение

1. Microsoft Office (или аналог)
2. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced (или аналог)
3. Matlab 2015a SP1 (или аналог)

4.5. Справочные системы и профессиональные базы данных

4.5.1. Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
3. <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

4.5.2. Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

## 5. Фонд оценочных средств

### 5.1 Перечень компетенций ГИА

В результате освоения ОП обучающиеся должны овладеть:

- универсальными и общепрофессиональными компетенциями, предусмотренными ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 24.03.05 Двигатели летательных аппаратов;
- профессиональными компетенциями, определяющими направленность образовательной программы, устанавливаемыми Университетом на основе профессиональных стандартов, соответствующих профессиональной деятельности выпускников и запросов рынка труда, а также компетенциями цифровой экономики (таблица 1):

Таблица 1

Шифр компетенции по ФГОС ВО	Наименование компетенции по ФГОС ВО
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.
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.
УК-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде.
УК-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах).
УК-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах.
УК-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.
УК-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
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.
УК-9	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности.
УК-10	Способен формировать нетерпимое отношение к проявлениям экстремизма, терроризма, коррупционному поведению и противодействовать им в профессиональной деятельности
ОПК-1	Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования,



	теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.
ОПК-2	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.
ОПК-3	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью с использованием стандартов, норм и правил.
ОПК-4	Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла.
ОПК-5	Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники.
ОПК-6	Способен анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития отрасли двигателестроения и энергетической техники.
ОПК-7	Способен принимать участие в проведении испытаний двигателей летательных аппаратов, их узлов и агрегатов.
ОПК-8	Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения
<b>Шифр профессиональной компетенции</b>	<b>Наименование компетенции</b>
ПСК-1.1	Способен использовать знания фундаментальных разделов естественнонаучного и профессионального циклов для понимания физической сущности рабочих процессов энергетических установок авиационной и ракетно-космической техники
ПСК-1.2	Способен разрабатывать физические и математические модели процессов, протекающих в двигателях и энергоустановках летательных аппаратов
ПСК-1.3	Способен выполнять расчеты параметров рабочего процесса, теплового состояния и характеристик двигателей и энергоустановок летательных аппаратов.
ПСК-1.4	Способен проводить анализ тепловых и газодинамических процессов с использованием современных информационных технологий, готовность к профессиональной эксплуатации современных средств вычислительного моделирования
ПК-91	Способен к коммуникации и кооперации в цифровой среде, использованию различных цифровых средств, позволяющих во взаимодействии с другими людьми достигать поставленных целей
ПК-93	Способен генерировать новые идеи для решения задач цифровой экономики, абстрагироваться от стандартных моделей, перестраивать сложившиеся способы решения задач, выдвигать альтернативные варианты действий с целью выработки новых оптимальных алгоритмов
ПК-94	Способен к управлению информацией и данными, поиску источников информации и данных, восприятию, анализу, запоминанию и передаче информации с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач

Совокупность указанных компетенций формируется в процессе освоения программы по учебному плану в соответствии с профилем Авиационная и ракетно-космическая теплотехника. При оценке сформированности компетенций выпускников на защите ВКР рекомендуется учитывать сформированность следующих составляющих компетенций:

- полнота знаний, оценивается на основе теоретической части работы и ответов на вопросы;
- наличие умений (навыков), оценивается на основе эмпирической части работы и ответов на вопросы;
- владение опытом, проявление личностной готовности к профессиональному самосовершенствованию, оценивается на основе содержания портфолио и ответов на вопросы.

#### Примерный перечень вопросов для оценки результатов освоения ОП

Таблица 2

Формулировка вопроса	Проверяемые компетенции
1. Как систематизировалась информация при подготовке обзорной части ВКР?	УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.
2. Каким образом анализировалась достоверность информации из разных источников?	УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.
3. Как осуществлялась конкретизация объекта исследования, рассматриваемых процессов и технологий решения поставленных задач при выполнении ВКР?	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.
4. Каковы принципы командной работы?	УК-3 Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде.
5. Как осуществлялось взаимодействие с руководителем при подготовке ВКР?	УК-4 Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах).
6. Была ли необходимость взаимодействия с представителями других культур в процессе подготовки ВКР? Возникали ли сложности? (при наличии)	УК-5 Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах.
7. На какие критерии опирались при составлении траектории подготовки ВКР?	УК-6 Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.
8. Как поддерживался уровень физической подготовки в процессе обучения?	УК-7 Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
9. Какие безопасные условия жизнедеятельности использовались в процессе обучения?	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.
10. Какие экономические решения используются в области профессиональной деятельности?	УК-9 Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности.
11. Как противодействовать проявлениям экстремизма, терроризма и коррупции в условиях профессиональной деятельности?	УК-10 Способен формировать нетерпимое отношение к проявлениям экстремизма, терроризма, коррупционному поведению и противодействовать им в профессиональной деятельности.
12. Какие подходы исследования были использованы для достижения цели ВКР?	ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.
13. Какие естественнонаучные знания необходимы при проведении исследований энергоустановок АРКТ?	ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.
14. Каким образом проводился выбор необходимых для решения задач ВКР современных информационных технологий?	ОПК-2 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.
15. Перечислите те информационные технологии, которые были наиболее полезны при выполнении задач ВКР?	ОПК-2 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.
16. На каком этапе проектирования происходит разработка технической документации?	ОПК-3 Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью с использованием стандартов, норм и правил.
17. Какой системой стандартов пользуются при разработке технической документации?	ОПК-3 Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью с использованием стандартов, норм и правил.
18. Какие экономические, экологические, социальные и другие ограничения необходимо учитывать на этапе проектирования исследуемого объекта?	ОПК-4 Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла.
19. Что такое жизненный цикл изделия?	ОПК-4 Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла.
20. На какие технологии ориентированы современные методы решения задач АРКТ?	ОПК-5 Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных

	задач в области авиационной и ракетно-космической техники.
21. Какие программные средства использовались при выполнении ВКР?	ОПК-5 Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники.
22. Какие направления развития исследований, выполненных в ВКР, являются перспективными для отрасли двигателестроения в целом?	ОПК-6 Способен анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития отрасли двигателестроения и энергетической техники.
23. Какие информационные источники использовались при анализе современного состояния вопроса по тематике ВКР?	ОПК-6 Способен анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития отрасли двигателестроения и энергетической техники.
24. Какие методы испытаний двигателей летательных аппаратов существуют?	ОПК-7 Способен принимать участие в проведении испытаний двигателей летательных аппаратов, их узлов и агрегатов.
25. Какие параметры рабочего процесса двигателя, его узлов и агрегатов подлежат измерениям при проведении испытаний?	ОПК-7 Способен принимать участие в проведении испытаний двигателей летательных аппаратов, их узлов и агрегатов.
26. Какие алгоритмы и компьютерные программы используются в профессиональной деятельности?	ОПК-8 Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения
27. Какие законы сохранения используются для описания рабочих процессов энергетических установок АРКТ?	ПСК-1.1 Способен использовать знания фундаментальных разделов естественнонаучного и профессионального циклов для понимания физической сущности рабочих процессов энергетических установок авиационной и ракетно-космической техники.
28. Какие фундаментальные знания были использованы при выполнении ВКР для анализа рабочих процессов энергоустановки?	ПСК-1.1 Способен использовать знания фундаментальных разделов естественнонаучного и профессионального циклов для понимания физической сущности рабочих процессов энергетических установок авиационной и ракетно-космической техники.
29. Какие допущения могут быть использованы при разработке физической и математической модели процессов в двигателях и энергоустановках?	ПСК-1.2 Способен разрабатывать физические и математические модели процессов, протекающих в двигателях и энергоустановках летательных аппаратов.
30. Какие процессы должны быть обязательно учтены при исследовании рабочих режимов двигателей и энергоустановок?	ПСК-1.2 Способен разрабатывать физические и математические модели процессов, протекающих в двигателях и энергоустановках летательных аппаратов.
31. Перечислите характерные процессы, сопровождающие работу двигателя и/или энергоустановки летательного аппарата?	ПСК-1.3 Способен выполнять расчеты параметров рабочего процесса, теплового состояния и характеристик двигателей и энергоустановок летательных аппаратов.

32. Какие расчетные методы и подходы использованы для анализа рабочих процессов установки при выполнении ВКР?	ПСК-1.3 Способен выполнять расчеты параметров рабочего процесса, теплового состояния и характеристик двигателей и энергоустановок летательных аппаратов.
33. Какие средства вычислительного моделирования использовались при выполнении ВКР?	ПСК-1.4 Способен проводить анализ тепловых и газодинамических процессов с использованием современных информационных технологий, готовность к профессиональной эксплуатации современных средств вычислительного моделирования
34. Перечислите этапы решения задач с использованием современных средств вычислительного моделирования.	ПСК-1.4 Способен проводить анализ тепловых и газодинамических процессов с использованием современных информационных технологий, готовность к профессиональной эксплуатации современных средств вычислительного моделирования
35. Какие цифровые средства использовались при взаимодействии с руководителем по вопросам подготовки ВКР?	ПК-91 Способен к коммуникации и кооперации в цифровой среде, использованию различных цифровых средств, позволяющих во взаимодействии с другими людьми достигать поставленных целей
36. Какие альтернативные методы решения поставленных задач могут быть использованы?	ПК-93 Способен генерировать новые идеи для решения задач цифровой экономики, абстрагироваться от стандартных моделей, перестраивать сложившиеся способы решения задач, выдвигать альтернативные варианты действий с целью выработки новых оптимальных алгоритмов
37. С помощью каких цифровых средств наиболее успешно получилось провести анализ информации по теме ВКР?	ПК-94 Способен к управлению информацией и данными, поиску источников информации и данных, восприятию, анализу, запоминанию и передаче информации с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач

Итоговая обобщенная оценка уровня сформированности системы компетенций, подлежащих проверке на каждом этапе (защита ВКР) оценивается по 4-х балльной шкале:

- «отлично» – сформированность компетенций соответствует требованиям компетентностной модели; выпускник готов самостоятельно решать стандартные и нестандартные профессиональные задачи по видам профессиональной деятельности;
- «хорошо» – сформированность компетенций соответствует требованиям компетентностной модели; выпускник готов самостоятельно решать стандартные профессиональные задачи в соответствии с видами профессиональной деятельности;
- «удовлетворительно» – сформированность компетенций соответствует требованиям компетентностной модели; выпускник способен решать определенные профессиональные задачи в соответствии с видами профессиональной деятельности;
- «неудовлетворительно» – сформированность компетенций не соответствует требованиям ФГОС; выпускник не готов решать профессиональные задачи в соответствии с видами профессиональной деятельности.)

## 5.2 Примерный перечень тем выпускных квалификационных работ

- Численное моделирование внутрикамерных процессов малогабаритного газотурбинного двигателя
- Моделирование теплозащиты двигателей летательного аппарата
- Внутренняя газодинамика двигателя на твердом топливе
- Моделирование на графических процессорах газодинамических и тепловых задач в ракетных двигателях
- Тепломассообменные процессы при горении водорода в камере сгорания ЖРД при вихревой закрутке потока
- Моделирование процессов в камере сгорания двигателя
- Внутренняя газодинамика пульсирующего воздушно-реактивного двигателя
- Расчет камеры сгорания перспективного газотурбинного двигателя
- Интенсификация процессов перемешивания рабочих смесей в двигательных установках
- Моделирование процессов при утилизации РДТТ методом бесплового сжигания
- Численное моделирование течения в одноступенчатой турбине
- Моделирование процессов тепломассопереноса при воздействии блока сверхзвуковых струй на преграду
- Моделирование процессов при функционировании сопла изменяемой геометрии
- Динамические и тепловые процессы при воздействии ударных и детонационных волн на упругие стенки
- Теплопередача в многослойных конструкциях
- Разработка модели летательного аппарата с ионным двигателем
- Моделирование внутрикамерных процессов в ЖРД
- Моделирование зажигания заряда твердого топлива в ракетном двигателе
- Процессы горения твердых топлив в камере сгорания двигательных установок
- Моделирование газодинамических процессов в камере сгорания ракетных двигателей твердого топлива с многосопловым блоком
- Моделирование аэродинамики воздухозаборного устройства двигателя
- Моделирование газодинамических процессов в широкодиапазонных соплах

## 5.3 Перечень вопросов к государственному экзамену (при наличии)

Государственный экзамен в состав ГИА по решению выпускающей кафедры по данному направлению подготовки не предусмотрен.

## 6. Материально-техническое обеспечение ГИА

Требования к оснащению помещения для подготовки к ГИА (подготовки ВКР):

- рабочее место с персональным компьютером, оснащённым необходимым лицензионным программным обеспечением и выходом в интернет
- доступ к принтеру, сканеру
- доступ к учебной и методической литературе, периодическим изданиям

Требования к оснащению помещения для проведения ГИА (защиты ВКР):

- учебная аудитория, оснащенная персональным компьютером или ноутбуком, проектором, экраном или интерактивной доской

После подготовки ВКР к защите, обучающийся готовит выступление (доклад), наглядную информацию: схемы, таблицы, графики, компьютерную презентацию и другой



иллюстративный материал, для использования во время защиты в ГЭК. Защита ВКР проводится на заседании ГЭК.

## 7. Критерии оценивания ГИА

Оценка выпускной квалификационной работы производится по следующим группам критериев:

1. Качество квалификационной работы оценивается членами ГЭК по составляющим:
  - обоснованность актуальности проблемы исследования и темы работы предполагает оценку степени убедительности оснований, побудивших студента выбрать данную проблему для изучения на определенном объекте исследования;
  - уровень теоретической проработки проблемы предполагает оценку широты и качества изученных литературных источников, логики изложения материала, глубины обобщений и выводов в первой главе, а также теоретического обоснования возможных решений проблемы;
  - методическая грамотность проведенных исследований во второй главе работы предполагает оценку обоснованности применения методик исследования, информационной адекватности и правильности использования конкретных методов и методик анализа;
  - достаточность и качество обоснования предлагаемых управленческих (экономико-правовых, организационных и др.) решений предполагает оценку адекватности выбранных методов обоснования решений, правильность их применения;
  - практическая значимость выполненной работы предполагает оценку возможности практического применения результатов исследования в деятельности конкретной организации или в сфере возможной профессиональной занятости выпускников;
  - качество оформления квалификационной работы предполагает оценку на соответствие стандартам, а также аккуратность и выразительность оформления материала, грамотность и правильность подготовки сопроводительных документов.
2. Качество выступления на защите квалификационной работы оценивается членами ГЭК по следующим составляющим:
  - качество доклада предполагает оценку соответствия доклада содержанию работы, способности выпускника выделить научную и практическую ценность выполненных исследований, умения пользоваться иллюстративным материалом;
  - качество ответов на вопросы предполагает оценку правильности, четкости, полноты и обоснованности ответов выпускника, умения лаконично и точно сформулировать свои мысли, используя при этом необходимую научную терминологию;
  - качество иллюстраций к докладу предполагает оценку соответствию подбора иллюстративных материалов содержанию доклада, грамотность их оформления и упоминания в докладе, выразительность средств графического и художественного воплощения;
  - поведение при защите квалификационной работы предполагает оценку коммуникативных характеристик докладчика (манера говорить, отстаивать свою точку зрения, привлекать внимание к важным моментам в докладе или ответах на вопросы и т.д.).
3. Оценка научным руководителем выпускной квалификационной работы переносится из отзыва руководителя.

По всем составляющим членами ГЭК выставляются оценки в индивидуальных Оценочных листах по 4 - балльной шкале:

Оценка «отлично» может быть выставлена, если ВКР оформлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми к ВКР локальными нормативными актами Университета, а также с учетом следующих факторов:

- содержание ВКР полностью раскрывает утвержденную тему;
- теоретические выводы и практические предложения по исследуемой проблеме вытекают из содержания ВКР, аргументированы, полученные результаты исследования значимы и достоверны, высока степень самостоятельности автора;
- работу отличают четкая структура, завершенность, логика изложения, оформление пояснительной записки соответствует предъявленным требованиям;
- доклад о выполненной автором работе логичен, выводы аргументированы, при защите обучающийся практически не привязан к тексту доклада, отвечает на вопросы членов ГЭК.

Оценка «хорошо» может быть выставлена, если ВКР оформлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми локальными нормативными актами Университета, а также с учетом следующих факторов:

- содержание ВКР в целом раскрывает утвержденную тему;
- теоретические выводы и практические предложения по исследуемой проблеме в целом вытекают из содержания ВКР, аргументированы, работа носит самостоятельный характер, однако имеются отдельные недостатки в изложении некоторых вопросов, неточности, спорные положения;
- основные вопросы ВКР изложены логично, оформление пояснительной записки соответствует предъявленным требованиям;
- при защите обучающийся привязан к тексту доклада, но в целом способен представить полученные результаты, не испытывает значительных затруднений при ответе на вопросы членов ГЭК.

Оценка «удовлетворительно» может быть выставлена, если ВКР оформлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми локальными нормативными актами Университета, а также с учетом следующих факторов:

- содержание ВКР в значительной степени раскрывает утвержденную тему, но отдельные вопросы изложены без должного теоретического обоснования, исследование проведено поверхностно;
- теоретические выводы и практические предложения по исследуемой проблеме поверхностны, недостаточно обоснованы, имеются отдельные недостатки и неточности при изложении некоторых вопросов, имеются спорные положения;
- источники по теме ВКР использованы не в полном объеме или не соответствуют современному уровню развития темы исследования;
- оформление пояснительной записки в целом соответствует предъявленным требованиям, но содержит ряд замечаний;
- при защите обучающийся привязан к тексту доклада, испытывает затруднения при ответах на поставленные членами ГЭК вопросы.

Оценка «неудовлетворительно» может быть выставлена, если ВКР не отвечает требованиям, предъявляемым локальными нормативными актами Университета, при этом содержание ВКР не раскрывает утвержденную тему, обучающийся не проявил навыков самостоятельной работы, оформление не соответствует предъявляемым требованиям, в процессе защиты ВКР обучающийся показывает низкие знания по теме работы, не может ответить на поставленные членами ГЭК вопросы, руководитель в отзыве негативно отзывается о работе обучающегося в период подготовки ВКР, в рецензии (при наличии) содержатся принципиальные критические замечания.

При выставлении оценки государственная экзаменационная комиссия учитывает мнение рецензента о ВКР (при наличии), отзыв руководителя о работе обучающегося в период подготовки ВКР. Оценка рецензента «неудовлетворительно» не является основанием для недопуска ВКР к защите в ГЭК.

Итоговая оценка выпускной квалификационной работы определяется усреднением оценок и закрепляется голосованием членов ГЭК простым большинством голосов. При равном числе голосов голос председателя является решающим.