Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель программы
_____ Р.В. Бульбович
д.т.н., профессор кафедры РКТЭС
«17» мая 202___г.

Рабочая программа дисциплины

«Компьютерное моделирование задач вычислительной гидрогазодинамики»

Научная специальность	2.5.15 Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Ракетно-космическая техника и энергетические установки (РКТЭС) Авиационные двигатели (АД)
Форма обучения	Очная
Курс: 2	**Семестр (ы)**: **3**
Виды контроля с указанием семестра:	Экзамен: Диф. Зачёт: Зачёт: **3**

Пермь 2022

1. Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Автоматизированные системы обработки информации и управления производственными процессами» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 N 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)";
- Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 N 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)";
- Самостоятельно устанавливаемые требования к реализуемым программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета;
- Базовый план по программе аспирантуры;
- Паспорт научной специальности.

1.1 Цель учебной дисциплины – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области в области проектирования авиационных и ракетных двигателей.

1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Компьютерное моделирование задач вычислительной гидрогазодинамики» является обязательной дисциплиной образовательного компонента плана аспиранта.

Дисциплина используется при подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальности 2.5.15 Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летаиельных аппаратов.

Зачёт представляют собой форму оценки степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата наук к проведению научных исследований по конкретной научной специальности и отрасли науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате изучения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

Знать:

– основы вычислительной гидрогазодинамики;

– физические и математические основы численных методов (метод конечных элементов, метод конечных объемов, метод конечных разностей);

– виды инженерного анализа с применением CAD, CAM, CAE-модулей;

– основные технологии высокопроизводительных вычислений, особенности применения кластерных систем и суперкомпьютеров;

– общие принципы решения исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

Уметь:

– разрабатывать функциональную структуру проведения вычислительного эксперимента и твердотельную и сеточную модели изделий и элементов технологического оборудования;

– проводить анализ нелинейных процессов на основе решения модельных задач для оценки газогидродинамических процессов в них;

– решать прикладные исследовательские задачи с применением высокопроизводительных вычислительных систем и современных систем инженерного анализа (CAD, CAM, CAE-модулей);

Владеть:

– навыками по подготовке и проведению вычислительных экспериментов с применением высокопроизводительных вычислительных технологий и современных систем инженерного анализа (CAD, CAM, CAE-модулей);

– навыками постановки и решения модельных нелинейных задач гидрогазодинамики;

– навыками проведения оценки полученных результатов при реализации научно-исследовательской деятельности;

– навыками написания и оформления научно-технических отчетов, обзоров и публикаций.

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1 - Объем и виды учебной работы

№ пп	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч.
		3 семестр
1.	Аудиторная работа	39
	В том числе:	
	Лекции (Л)	–
	Практические занятия (ПЗ)	32
2.	Контроль самостоятельной работы (КСР)	7
	Самостоятельная работа (СР)	69
	Форма итогового контроля	Зачет

4. Содержание учебной дисциплины

4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Раздел 1. Общие принципы решения исследовательских задач и применение современных высокопроизводительных вычислительных технологий

(ПР – 4, СР – 8)

Тема 1. Общие принципы решения исследовательских задач в области гидрогазодинамики

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ, МЕТОД КОНЕЧНЫХ ОБЪЕМОВ, МЕТОД КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ, МЕТОД КРУПНЫХ ЧАСТИЦ, ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ, CAD, CAM, CAE-МОДУЛИ

Основы численного моделирования и вычислительный эксперимент. Физические и математические основы численных методов (метод конечных объемов, метод конечных разностей, метод крупных частиц и др.). Этапы вычислительного эксперимента от постановки задачи до анализа результатов. Виды инженерного анализа. Решение инженерных задач с применением CAD, CAM, CAE-модулей.

Тема 2. Высокопроизводительные вычислительные системы

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ, МНОГОПРОЦЕССОРНОСТЬ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ, КЛАСТЕР, ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Краткий обзор параллельных вычислительных систем и их классификация. Общая характеристика многопроцессорных вычислительных систем. Структура современных многопроцессорных вычислительных комплексов, организация работы кластеров, виды решаемых задач. Оценка эффективности параллельных вычислений.

Раздел 2. Применением системы инженерного анализа при решении инженерных задач в области газогидродинамики

(ПР – 28, СР – 61)

Тема 3. Типовой интерфейс и функциональные возможности системы инженерного анализа ANSYS Workbench - ANSYS CFX

ПРЕПРОЦЕССОР, СОЛВЕР, ПОСТПРОЦЕССОР, ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ И СЕТОЧНАЯ МОДЕЛЬ, ИМПОРТ РАСЧЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Препроцессор. Солвер. Постпроцессор. Построение твердотельной и сеточной моделей выбранного объекта моделирования. Импорт расчетной области.

Тема 4. Решение типовых задач в области гидрогазодинамики

ФИЗИЧЕСКАЯ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКИ, ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ, ПАРАМЕТРЫ РАСЧЁТА, ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ, АНАЛИЗ

Постановка задачи исследования. Физическая постановка. Математическая постановка. Задание граничных условий. Задание параметров методов расчета. Проведение расчета. Просмотр результатов расчета в графической форме ("визуализация" результатов расчетов) и сохранение данных в файлы. Анализ результатов.

4.2. Перечень тем лабораторных работ

При изучении данной дисциплины лабораторные работы не предусмотрены.

4.3. Перечень тем практических занятий

Таблица 2 - Темы практических занятий

№ пп	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1.	1	Физические и математические основы численных методов - метод конечных элементов, метод конечных объемов, метод конечных разностей. Этапы вычислительного эксперимента	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.
2.	2	Применение высокопроизводительных вычислительных систем при решении исследовательских задач	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.
3.	3	Знакомство с интерфейсом и функциональными возможностями системы инженерного анализа ANSYS CFX	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.

4.	4	Решение задачи сверхзвукового обтекания крыла	Практическое задание.	Темы практических заданий.
5.		Решение задачи смешения потоков жидкости	Практическое задание.	Темы практических заданий.
6.		Моделирование течения через пористый материал	Практическое задание.	Темы практических заданий.
7.		Решение задачи моделирования течения в турбомашинах	Практическое задание.	Темы практических заданий.
8.		Решение задачи сопряженного теплообмена в конструкции	Практическое задание.	Темы практических заданий.
9.		Решение связанной задачи – течение потока жидкости в проточном тракте конструкции и проведение последующего теплового и структурного анализа конструкции	Практическое задание.	Темы практических заданий.

4.3. Перечень тем для самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 3 - Темы самостоятельных заданий

№ пп	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Физические и математические основы численных методов (метод конечных элементов, метод конечных объемов, метод конечных разностей)	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	2	Оценка эффективности параллельных вычислений	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
3	3	Особенности интерфейса и детальные возможности системы инженерного анализа ANSYS CFX	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
4	4	Частные случаи решения инженерных задач в области гидрогазодинамики	Творческое задание.	Темы творческих заданий.

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Компьютерное моделирование задач вычислительной гидрогазодинамикив» аспирантам целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически;
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела;
3. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции;

6. Перечень учебно-методического, библиотечно-справочного и информационного, информационно-справочного обеспечения для работы аспиранта по дисциплине

6.1. Библиотечные фонды и библиотечно-справочные системы

№	**Библиографическое описание** *(автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)*	**Количество экземпляров** в библиотеке+кафедре; **местонахождение электронных изданий**
1	2	3
1 Основная литература		
1	Каплун А.Б. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство: [учебное пособие] / А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М.А. Олферьева. – Москва: Либроком, 2015.	6
2	Шингель Л.П. Системы автоматизированного проектирования. Решение задач прочностного анализа с использованием пакета программ ANSYS 12.1: учебно-методическое пособие / Л. П. Шингель. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2015.	25 + ЭБ ПНИПУ
	2 Дополнительная литература	
	2.1 Учебные и научные издания	
1	Басов К.А. ANSYS для конструкторов. – М.: ДМК Пресс, 2009. – 248 с.	5
2	Котов А.Г. САПР изделий из композиционных материалов. Моделирование процессов деформирования и разрушения в среде ANSYS: учебное пособие / А. Г. Котов. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	139 + ЭБ ПНИПУ
2.2 Периодические издания		
1	«САПР и графика». – КомпьютерПресс, 2016. — URL: http://www.sapr.ru/(дата обращения 01.01.2016)	
2.3 Нормативно-технические издания		
1	Не предусмотрены	
2.4 Официальные издания		
1	Не предусмотрены	

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. *Электронная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных электрон. док., издан. в Изд-ве ПНИПУ] / Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, Науч. б-ка. – Пермь, 2016. – Режим доступа: http://elib.pstu.ru, свободный. – Загл. с экрана.*

2. Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии кн., журн. по гуманит., обществ., естеств. и техн. наукам] / Электрон.-библ. система «Изд-ва «Лань». – Санкт-Петербург, 2010-2016. – Режим доступа: http://e.lanbook.com, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

3. ProQuest Dissertations & Theses Global [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : дис. и дипломные работы на ин. яз. по всем отраслям знания] / ProQuest LLC. – Ann Arbor, 2016. – Режим доступа: http://search.proquest.com/pqdtglobal/dissertations, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

4. Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии дис. и автореф. дис. по всем отраслям знания] / Электрон. б-ка дис. – Москва, 2003-2016. – Режим доступа: http://diss.rsl.ru, компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

5. Cambridge Journals [Electronic resource : полнотекстовая база данных : электрон. журн. по гуманит., естеств., и техн. наукам на англ. яз.] / University of Cambridge. – Cambridge : Cambridge University Press, 1770-2012. – Режим доступа: http://journals.cambridge.org/. – Загл. с экрана. 11.

6. ScienceDirect [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. науч. журн. и кн. по обществ., естеств. и техн. наукам на англ. яз.] / Elsevier B. V. – Amsterdam, 2016. – Режим доступа: http://www.sciencedirect.com, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

7. Scopus [Электронный ресурс]: [мультидисциплинар. реф.-библиограф. и наукометр. база данных на англ. яз.] / Elsevier B. V. – Amsterdam, 2016. – Режим доступа: http://www.scopus.com, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

8. Springer [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. журн., кн. по гуманит., обществ., естеств. и техн. наукам, протоколы исследований на англ. и нем. яз.] / Springer International Publishing AG, Part of Springer Science+Business Media. – Cham, 2016. – Режим доступа: http://link.springer.com, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

9. Справочная Правовая Система КонсультантПлюс [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных правовой информ. : док., коммент., кн., ст., обзоры и др.]. – Версия 4015.00.02, сетевая, 50 станций. – Москва, 1992–2016. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

10. Информационная система Техэксперт: Интранет [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных правовой информ. : законодат. и норматив. док., коммент., журн. и др.] / Кодекс. – Версия 6.3.2.22, сетевая, 50 рабочих мест. – Санкт-Петербург, 2009-2013. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

11. Инженерно-технический журнал «ANSYS Advantage – http://www.ansysadvantage.ru

12. Инженерно-технический журнал «ANSYS Solutions. Русская редакция» – http://www.ansyssolutions.ru

13. Сайт компании ANSYS. Int. – http://www.ansys.com/

6.3. Профессиональные базы данных

1. *Авиапортал - http://www. http://air.my1.ru/*
2. *Официальный сайт ЦИАМ http://www.ciam.ru/*
3. *Инженерно-технический журнал «ANSYS Advantage – http://www.ansysadvantage.ru*
4. *Инженерно-технический журнал «ANSYS Solutions. Русская редакция» – http://www.ansyssolutions.ru*

6.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п.п.	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Рег. номер лицензии	Назначение программного продукта
1	Практическое	ANSYS	444632	CAE-программа
2	Практическое	Office Professional 2007	42661567	Для оформления научно-технических отчетов, обзоров и публикаций

7. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

7.1. Основное учебное оборудование. Рабочее место аспиранта.

Таблица 4

№ п/п	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма владения, пользования (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Проектор Panasonic PT-LB78V, экран	1	Оперативное управление	304, корпус Д
2	Компьютер – ноутбук HP G62	1	Оперативное управление	304, корпус Д
3	Персональные компьютеры (процессор: AMD FX-8150, ОЗУ: 8 Gb – 7 шт.; процессор: AMD Phenom II X4 970, ОЗУ: 8 Gb – 5 шт.)	12	Оперативное управление	314, корпус Д
4	Персональные компьютеры (процессор: Celeron 2200 Duo, ОЗУ: 2 Gb – 7 шт.; процессор: AMD Athlon 1,8 ГГц, ОЗУ: 8 Gb – 8 шт.)	15	Оперативное управление	203, корпус Г
5	Компьютер (в составе Intel (R) Core(TM)i3CPU@ 2.93 ГГц, 3.6ГБ ОЗУ) в комплекте (локальная компьютерная сеть)	12	Оперативное управление	403, корпус Д

№ п/п	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма владения, пользования (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
6	Вычислительный кластер (24 Тфлопс)	1	Оперативное управление	116, корпус Д

8. Фонд оценочных средств

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра. Формой контроля освоения результатов обучения по дисциплине является зачёт, проводимый с учетом результатов текущего контроля.

8.1. Описание показателей и критериев оценивания, описание шкал оценивания

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию аспирантов

• **Текущий контроль**

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценку освоения дисциплин и проводится в форме собеседования и защиты отчета о творческом задании.

• **Собеседование**

Для оценки **знаний** аспирантов проводится собеседование в виде специальной беседы преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме.

Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Критерии и показатели оценивания собеседования отображены в шкале, приведенной в таблице 2.

Таблица 2 - Критерии и показатели оценивания собеседования

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
Зачтено	Аспирант достаточно свободно использует фактический материал по заданному вопросу, умеет определять причинно-следственные связи событий, логично и грамотно, с использованием профессиональной терминологии обосновывает свою точку зрения.
Незачтено	Аспирант демонстрирует полное незнание материала или наличие бессистемных, отрывочных знаний, связанных с поставленным перед ним вопросом, при этом не ориентируется в профессиональной терминологии.

• **Защита отчета о творческом задании**

Для оценки **умений и владений** аспирантов используется творческое задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

• **Промежуточная аттестация**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде зачёта по дисциплине, в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) и практическое задание (ПЗ).

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания. Пример билета представлен в приложении 1.

- **Шкалы оценивания результатов обучения при сдаче зачёта:**

Оценка результатов обучения по дисциплине проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Шкала оценивания уровня знаний, умений и владений на **зачете**

Оценка	Критерии оценивания
Зачтено	Аспирант продемонстрировал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы **знания** в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно. Аспирант выполнил контрольное задание билета правильно или с небольшими неточностями. Показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение **навыков** полученных знаний и **умений** при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.
Незачтено	При ответе на теоретический вопрос билета аспирант продемонстрировал фрагментарные **знания** при ответе на теоретический вопрос билета. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов. При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично освоенное **умение** и **применение** полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.

9. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. Уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. Степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. Приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

10. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины

Перечень контрольных вопросов и заданий для сдачи зачёта по дисциплине «Компьютерное моделирование задач вычислительной газодинамики» разработан с учетом научных достижений научно-исследовательской школы кафедры.

Типовые творческие задания:

1. Численное моделирование турбулентного течения жидкости и теплопередачи в отдельных блоках в системе трубопроводов энергетических установок.
2. Численное моделирование периодических течений и теплопередачи с конвективным теплопереносом в теплообменнике.
3. Численное моделирование эффекта кавитации при обтекании профиля гидрокрыла самолета.
4. Численное моделирование турбулентного течения в секции центробежного насоса с учетом сложной вращающейся системы отсчёта.
5. Численное моделирование многофазного течения в смесителе.
6. Решение задачи сопряженного теплообмена в конструкции смесителя.
7. Решение связанной задачи – течение потока жидкости в проточном тракте и оценка НДС конструкции.
8. Численное моделирование течения через пористый материал.
9. Численное моделирование распространения волны с применением модели свободной поверхности.
10. Численное моделирование реагирующих потоков в реакторе с использованием многокомпонентной жидкости
11. Численное моделирование распределения дисперсных пузырьков воздуха в воде в вертикальной колонне
12. Численное моделирование течения воздуха в вентиляционной системе в промышленном помещении.

Типовые контрольные задания:

1. Разработать функциональную структуру проведения вычислительного эксперимента (по тематике исследования аспиранта).
2. Создать твердотельную и сеточную модели изделия и элементов технологического оборудования (по тематике исследования аспиранта).
3. Представить алгоритм решения модельных задач о движении поршня, о распаде произвольного разрыва, об отражении ударной волны от жесткой стенки.
4. Провести анализ эффективности параллельных вычислений на примере модельной задачи исследования.

Полный комплект вопросов и заданий в форме утвержденных билетов хранится на кафедре «Ракетно-космическая техника и энергетические системы».

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		