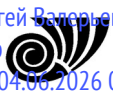


Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 04.06.2026 09:22:35  
Уникальный программный ключ:  
891934b8c2cf7b6350cbcf51cddb7096e877fa163



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Миасский филиал  
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике» по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического моделирования в ракетно-космической технике»			
Версия документа - 1	стр. 1 из 2	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

**Фонд оценочных средств  
для промежуточной аттестации**

по дисциплине

***Математическое моделирование в аэрогазодинамике***

Направление подготовки  
*01.04.02 Прикладная математика и информатика*

Направленность (профиль)  
*Методы математического моделирования  
в ракетно-космической технике*

Присваиваемая квалификация  
**магистр**

Форма обучения  
**очная**

Миасс 2026 г.

**01.04.02 Прикладная математика и информатика, Методы математического моделирования в ракетно-космической технике, Математическое моделирование в аэрогазодинамике, 2026, очная**

**Фонд оценочных средств одобрен и рекомендован:**

Проректор по учебной работе      утверждено 27.02.26      А.А. Саламатов

Ученым советом Миасского филиала ФГБОУ ВО "ЧелГУ"

Протокол заседания № 8 от 24.02.2026

Председатель Ученого совета  
Миасского филиала ФГБОУ ВО  
"ЧелГУ"

согласовано

Т.В. Малькова

**Заседанием кафедры прикладной математики**

Протокол заседания № 6 от 30.01.2026

Заведующий кафедрой

согласовано

Е.В. Дутикова

Автор (составитель)

Г.Ф. Костин

**Структура фонда оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине соответствует приказу ректора ФГБОУ ВО «ЧелГУ» от 27.09.2022 г. № 573-1 «Об утверждении шаблонов документов».**



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Миасский филиал  
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 3 из 31

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

## Содержание

1. Паспорт фонда оценочных средств.....	4
2. Перечень формируемых компетенций.....	4
2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной.....	4
3. Содержание оценочных средств по дисциплине.....	6
3.1 Виды оценочных средств.....	6
3.2 Содержание оценочных средств.....	7
4. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации. 22	
4.1 Порядок проведения промежуточной аттестации.....	22
4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств.....	25
4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций..	27



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Миасский филиал  
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 4 из 31

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: 01.04.02 «Прикладная математика и информатика»

Направленность (профиль): Математическое моделирование в РКТ

Дисциплина: Математическое моделирование в аэрогазодинамике

Семестр изучения: 2

Форма промежуточной аттестации: экзамен

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

### 2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «Математическое моделирование в аэрогазодинамике» направлено на формирование следующих компетенций:

Коды компетенции согласно ФГОС (ОПОП ВО)	Содержание компетенций согласно ФГОС (ОПОП ВО)	Индикаторы достижения компетенции согласно ОПОП	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3	4
ПК-2	Способен к расчету тепловых режимов изделий РКТ.	ПК-2.1 Знает методы математического моделирования тепловых процессов, основы теории теплопередачи; ПК-2.2 Демонстрирует умение производить необходимые расчеты и обоснования, принятые при разработке технических решений по определению теплового режима. ПК-2.3 Имеет практический	Знать подходы использования современных методов для решения научных и практических задач в аэрогазодинамике; принципы выбора методов и средств изучения математических моделей в аэрогазодинамике для расчета тепловых режимов изделий РКТ; Уметь использовать современные теории прикладной математики для решения научно-исследовательских и



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Миасский филиал  
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 5 из 31

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

		опыт применения специального программного обеспечения при проведении тепловых расчетов.	прикладных задач по теории подобия в аэрогазодинамике для расчета тепловых режимов изделий РКТ; <i>Владеть</i> навыками использования и применения углубленных теоретических и практических знаний в области аэрогазодинамики для расчета тепловых режимов изделий РКТ;
ПК-3	Способен к разработке алгоритмов решения задач динамики, баллистики и управления полётом космических аппаратов.	ПК-3.1 Знает основы теории движения космических аппаратов, математические методы разработки алгоритмов и моделирования полетов космических аппаратов.  ПК-3.2 Демонстрирует умение разрабатывать модели динамики движения, аэродинамики, баллистики и управления полетом космических аппаратов.  ПК-3.3 Имеет навыки разработки алгоритмов решения задач аэрогазодинамики, гидродинамики, баллистики и управления полетом	<i>Знать</i> основные понятия и методы в области аэрогазодинамики; основные концепции и принципы теорий, связанных с системами координат в аэрогазодинамике для решения задач динамики, баллистики и управления полетом космических аппаратов; <i>Уметь</i> применять понятия и методы в области аэрогазодинамики; основные концепции и принципы теорий, связанных с системами координат в аэрогазодинамике для решения задач динамики, баллистики и управления полетом космических аппаратов; <i>Владеть</i> навыками



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Миасский филиал  
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 6 из 31

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

		космических аппаратов.	разработки алгоритмов решения задач аэрогазодинамики.
УК-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1. Обладает знаниями особенностей и правил личной и профессиональной устной и письменной коммуникации, в том числе на иностранном(ых) языке(ах) УК-4.2. Демонстрирует умение применять современные коммуникативные технологии для академического и профессионального взаимодействия в ситуации устной и письменной коммуникации, в том числе на иностранном(ых) языке(ах) УК-4.3. Имеет навыки академического и профессионального взаимодействия, в том числе на иностранном(ых) языке(ах)	<i>Знать</i> коммуникативные техники, отобранные и выстроенные в логике достижения цели развития коммуникативных способностей, необходимых для решения научно - технических задач <i>Уметь</i> применять коммуникативные техники, отобранные и выстроенные в логике достижения цели развития коммуникативных способностей, необходимых для решения научно - технических задач <i>Владеть</i> навыками применения коммуникативных техник, отобранных и выстроенных в логике достижения цели развития коммуникативных способностей, необходимых для решения научно - технических задач.

### 3. СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### 3.1 Виды оценочных средств



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Миасский филиал  
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 7 из 31

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

№ п/п	Контролируемые темы/ разделы	Код компетенции/ планируемые результаты обучения	Наименован ие оценочного средства для текущего контроля	Наименование оценочного средства на промежуточно й аттестации
1	Типы процессов теплообмена	ПК-2 <i>Знать</i> подходы использования современных методов для решения научных и практических задач в аэрогазодинамике; <i>Владеть</i> математическими методами исследования математических моделей в аэрогазодинамике; ПК-3 <i>Знать</i> основные понятия и методы в области аэрогазодинамики; <i>Уметь</i> применять понятия и методы в области аэрогазодинамики; УК-4 <i>Знает</i> технические термины и основные понятия аэрогазодинамики на английском языке. <i>Умеет</i> переводить технические и научные статьи по аэрогазодинамике с английского на русский язык. <i>Владеет</i> навыками чтения научных статей по аэрогазодинамике на английском языке	Практическая работа, собеседование, перевод статьи	Вопросы к экзамену
2	Системы координат в аэрогазодинамике	ПК-2 <i>Знать</i> подходы использования современных методов для решения научных и практических задач в аэрогазодинамике; принципы выбора методов и средств	Практическая работа, собеседование	Вопросы к экзамену



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Миасский филиал  
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 8 из 31

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

		<p>изучения математических моделей в аэрогазодинамике; <i>Владеть</i> математическими методами исследования математических моделей в аэрогазодинамике;</p> <p>ПК-3 <i>Знать</i> основные понятия и методы в области аэрогазодинамики; основные концепции и принципы теорий, связанных с системами координат в аэрогазодинамике. <i>Уметь</i> применять понятия и методы в области аэрогазодинамики; основные концепции и принципы теорий, связанных с системами координат в аэрогазодинамике для решения задач динамики, баллистики и управления полетом космических аппаратов.</p>		
3	Теория подобия	<p>ПК-2 <i>Знать</i> подходы использования современных методов для решения научных и практических задач в аэрогазодинамике; принципы выбора методов и средств изучения математических моделей в аэрогазодинамике;</p> <p><i>Уметь</i> использовать современные теории прикладной математики для решения научно-исследовательских и прикладных задач по теории подобия в аэрогазодинамике; осуществлять концептуальный</p>	Практическа я работа, собеседован ие	Вопросы к экзамену



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Миасский филиал  
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 9 из 31

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

		<p>анализ и формирование онтологического базиса при решении научных и прикладных задач в области математического моделирования в аэрогазодинамике;</p> <p><i>Владеть</i> методами исследования математического моделирования в аэрогазодинамике с применением пакетов прикладных программ; математическими методами исследования математических моделей в аэрогазодинамике; навыками использования методов математического, имитационного и информационного моделирования для решения научных и прикладных задач аэрогазодинамики.</p> <p>ПК-3 <i>Знать</i> основные понятия и методы в области аэрогазодинамики;</p>		
4	Прикладные программы в аэродинамике	<p>ПК-2 <i>Владеть</i> методами исследования математического моделирования в аэрогазодинамике с применением пакетов прикладных программ; математическими методами исследования математических моделей в аэрогазодинамике; навыками использования методов математического, имитационного и информационного</p>	Практическая работа, собеседование, перевод статьи	Вопросы к экзамену



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Миасский филиал  
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 10 из 31

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

		<p>моделирования для решения научных и прикладных задач аэрогазодинамики. ПК-3 <i>Владеть</i> навыками разработки алгоритмов решения задач аэрогазодинамики. УК-4 <i>Знает</i> технические термины и основные понятия аэрогазодинамики на английском языке. <i>Умеет</i> переводить технические и научные статьи по аэрогазодинамике с английского на русский язык. <i>Владеет</i> навыками чтения научных статей по аэрогазодинамике на английском языке</p>		
--	--	---	--	--

Типовые задания, критерии и показатели оценивания в рамках текущего контроля представлены в рабочей программе по дисциплине. Полные комплекты оценочных средств и контрольно-измерительных материалов хранятся на кафедре и являются учебно-методическими материалами ограниченного (конфиденциального) пользования.

### **3.2 Содержание оценочных средств для текущей аттестации Тестовые задания по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике» (уровень: магистратура) Часть 1. Открытые вопросы (10 заданий)**

№	Формулировка задания
1	Дайте определения физического и математического моделирования. В чём заключаются их принципиальные различия и основные требования к математической модели аэрогазодинамического процесса?
2	Сформулируйте определения геометрического, кинематического и динамического подобия потоков. Какие условия должны выполняться для обеспечения полного подобия двух аэрогазодинамических явлений?
3	Сформулируйте П-теорему (теорему Букингема). Как с её помощью осуществляется обезразмеривание параметров задачи и переход от функциональной зависимости физических величин к связи безразмерных критериев подобия?
4	Перечислите основные системы координат, используемые в аэрогазодинамике



МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Миасский филиал  
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 11 из 31

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

	(пространственная, полусвязанная, скоростная, связанная с пространственным углом). Опишите правила перехода между ними и приведите матрицу перехода из связанной СК в скоростную.
5	Запишите формулы для расчёта аэродинамической силы и аэродинамического момента в связанной системе координат. Как определяются безразмерные коэффициенты силы и момента, и от каких параметров они зависят?
6	Дайте определение полного и частичного подобия потоков. В каких случаях при моделировании летательных аппаратов допустимо использование частичного подобия, и какие критерии при этом являются определяющими?
7	Что характеризуют числа Рейнольдса ( $Re$ ), Прандтля ( $Pr$ ) и Эйлера ( $Eu$ )? Выведите их аналитические выражения и поясните физический смысл каждого критерия в контексте обтекания тел вязким газом.
8	Опишите основные типы термодинамических процессов в аэрогазодинамике (изохорный, адиабатический, изоэнтропический). Чем обратимый процесс отличается от необратимого, и как это влияет на выбор уравнений состояния?
9	Как определяется число Льюиса-Семенова ( $Le$ ) и турбулентное число Шмидта ( $Sc_t$ )? Какую роль играют эти критерии при моделировании многокомпонентных реагирующих потоков и теплообмена?
10	Опишите методику выбора критериев подобия при моделировании турбулентного движения вязкого газа. Какие дополнительные безразмерные комплексы ( $Pr_t$ , $Sc_t$ ) необходимо учитывать по сравнению с ламинарным режимом?

## Часть 2. Закрытые вопросы (выберите один правильный ответ) (10 заданий)

№	Формулировка задания	Варианты ответов
11	Число Рейнольдса ( $Re$ ) характеризует отношение:	а) сил давления к инерционным силам; б) инерционных сил к силам вязкого трения; в) работы внешних сил к кинетической энергии; г) теплопроводности к диффузии массы
12	Согласно П-теореме, если в задаче участвует $n$ физических параметров, а $k$ из них имеют независимые размерности, то функциональная связь сводится к виду:	а) $P_1 = f(P_2, \dots, P_{n-k})$ ; б) $P_1 \cdot P_2 \dots P_n = 0$ ; в) $F = f(n, k)$ ; г) $P_i = \text{const}$ для всех $i$
13	В скоростной системе координат ось $Ox$ направлена:	а) вдоль продольной оси летательного аппарата; б) по вектору скорости центра масс; в) перпендикулярно плоскости симметрии; г) в сторону Земли
14	Полное подобие потоков подразумевает:	а) пропорциональность только пространственных координат; б) одинаковое отношение всех однородных физических величин, характеризующих явление; в)



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Миасский филиал  
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 12 из 31


Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

		равенство только коэффициентов давления; г) совпадение только углов атаки
15	Число Прандтля ( $Pr$ ) определяется как отношение:	а) вязкости к коэффициенту теплопроводности; б) молекулярной диффузии импульса к молекулярной диффузии тепла; в) инерции к упругости; г) скорости звука к скорости потока
16	Изоэнтропический процесс характеризуется:	а) постоянной температурой; б) постоянным давлением; в) постоянной энтропией и отсутствием диссипации; г) постоянным объёмом
17	В связанной с пространственным углом системе координат начало расположено:	а) в центре масс Земли; б) в центре масс ЛА; в) в точке старта; г) на поверхности крыла
18	Число Льюиса-Семенова ( $Le$ ) характеризует соотношение:	а) интенсивностей переноса массы диффузией и переноса теплоты теплопроводностью; б) сил вязкости и инерции; в) давления и динамического напора; г) турбулентной и молекулярной вязкости
19	Коэффициент аэродинамической силы $c_x$ рассчитывается по формуле:	а) $c_x = \frac{X}{qS}$ ; б) $c_x = \frac{X}{\rho V}$ ; в) $c_x = \frac{X}{mg}$ ; г) $c_x = \frac{X}{pS}$
20	При моделировании неустановившихся колебательных процессов в потоке газа определяющим критерием является:	а) число Эйлера; б) число Струхаля; в) число Шмидта; г) число Ньютона

### Часть 3. Задания на соответствие (5 заданий)

№	Задание
2 1	<b>Установите соответствие между критерием подобия и его физическим смыслом:</b> А) Число Эйлера ( $Eu$ ) — 1) Отношение сил давления к инерционным силам Б) Число Ньютона ( $Nt$ ) — 2) Отношение работы внешних сил к кинетической энергии тела В) Число Рейнольдса ( $Re$ ) — 3) Отношение инерционных сил к силам вязкого трения Г) Число Струхаля ( $St$ ) — 4) Характеристика нестационарности и колебательных процессов в потоке
2 2	<b>Установите соответствие между системой координат и её определением:</b> А) Пространственная СК — 1) Начало в центре масс ЛА, оси параллельны осям неподвижной системы Б) Полусвященная СК — 2) Начало в центре масс ЛА, ось $Ox$ в плоскости симметрии, перпендикулярна $Oy$ В) Скоростная СК — 3) Начало в центре масс ЛА, ось $Ox$ направлена по вектору скорости

	МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») Миасский филиал Кафедра прикладной математики		
	Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике» по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического моделирования в ракетно-космической технике»		
Версия документа - 1	стр. 13 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

	Г) Связанная СК — 4) Начало в центре масс ЛА, оси совпадают с главными осями инерции корпуса
2 3	<b>Установите соответствие между типом подобия и его условием:</b> А) Геометрическое — 1) Пропорциональность пространственных координат сходственных точек Б) Кинематическое — 2) Пропорциональность скоростей в сходственных точках потока В) Динамическое — 3) Пропорциональность сил и равенство углов их направлений Г) Термодинамическое — 4) Пропорциональность температур, давлений и плотностей в сходственных объёмах
2 4	<b>Установите соответствие между термодинамическим процессом и его характеристикой:</b> А) Изохорный — 1) Постоянный объём ( $dV=0$ ) Б) Адиабатический — 2) Отсутствие теплообмена с окружающей средой ( $dQ=0$ ) В) Изобарный — 3) Постоянное давление ( $dp=0$ ) Г) Изозэнтропический — 4) Обратимый адиабатический процесс ( $dS=0$ )
2 5	<b>Установите соответствие между понятием моделирования и его содержанием:</b> А) Физическое моделирование — 1) Модель имеет ту же физическую природу, что и изучаемый объект Б) Математическое моделирование — 2) Описание процессов с помощью математического аппарата и уравнений В) Аналоговое моделирование — 3) Использование систем с различной физической природой, но одинаковыми уравнениями Г) Численное моделирование — 4) Решение математических моделей на ЭВМ с применением дискретных алгоритмов

### Ключи к тесту и критерии оценивания

№ задания	Верный ответ	Критерии оценивания
1	Физическое моделирование: модель имеет ту же физическую природу, что и натура. Математическое: описание процессов математическим аппаратом. Различия: природа модели, требования (физ. – одинаковая природа, мат. – адекватность, корректность, реализуемость).	<b>2 балла:</b> точные определения + различия + требования; <b>1 балл:</b> только определения/без требований; <b>0 баллов:</b> неверно
2	Геометрическое: пропорциональность координат. Кинематическое: пропорциональность скоростей. Динамическое: пропорциональность сил и углов. Полное подобие: одновременное выполнение всех трёх + термодинамического подобия, равенство всех однородных величин.	<b>2 балла:</b> все определения + условие полного подобия; <b>1 балл:</b> 1–2 определения/без полного подобия; <b>0 баллов:</b> неверно
3	П-теорема: связь $n$ величин с $k$ независимыми размерностями эквивалентна связи $n - k$	<b>2 балла:</b> формулировка + алгоритм



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Миасский филиал  
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 14 из 31

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

	безразмерных комбинаций $\Pi_j$ . Обезразмеривание: выбор базисных параметров, построение степенных мономов, переход от $f(a_1, \dots, a_n) = 0$ к $\Phi(\Pi_1, \dots, \Pi_{n-k}) = 0$ .	обезразмеривания + переход к $\Pi$ -форме; <b>1 балл:</b> только формулировка; <b>0 баллов:</b> неверно
4	Пространственная (неподвижная), полусвязанная (ось в плоскости симметрии), скоростная (по вектору $V$ ), связанная (по осям инерции). Переход: произведение матриц поворотов (рыскание, тангаж, крен). Матрица $[V] \rightarrow [B]$ ; углы $\alpha, \beta$ .	<b>2 балла:</b> описание СК + правила перехода + матрица; <b>1 балл:</b> только СК/без матрицы; <b>0 баллов:</b> неверно
5	$\vec{R} = X \vec{i} + Y \vec{j} + Z \vec{k}$ , $c_x = X/(qS)$ , $c_y = Y/(qS)$ , $c_z = Z/(qS)$ . Моменты: $M_x, M_y, M_z$ , коэффициенты $m_x = M_x/(qSL)$ и т.д. Зависят от $\mathfrak{R}, M, \alpha, \beta$ , формы, шероховатости.	<b>2 балла:</b> формулы силы/момента + коэффициенты + параметры зависимости; <b>1 балл:</b> только формулы; <b>0 баллов:</b> неверно
6	Полное: равенство всех критериев. Частичное: равенство только определяющих критериев. Допустимо при доминировании одних сил (напр., инерции над вязкостью при высоких $\mathfrak{R}$ ), или когда второстепенные эффекты слабо влияют на целевую функцию.	<b>2 балла:</b> определения + условия допустимости + примеры; <b>1 балл:</b> только определения; <b>0 баллов:</b> неверно
7	$\mathfrak{R} = \rho VL/\mu$ (инерция/вязкость), $Pr = \mu c_p/\lambda$ (диффузия импульса/тепла), $Eu = \Delta p/(\rho V^2)$ (давление/инерция). В вязком газе $\mathfrak{R}$ определяет режим обтекания, $Pr$ – тепловой пограничный слой, $Eu$ – сжимаемость/перепады давления.	<b>2 балла:</b> формулы + физический смысл в контексте вязкого газа; <b>1 балл:</b> только формулы/без контекста; <b>0 баллов:</b> неверно
8	Изохорный: $V = const$ . Адиабатический: $dQ = 0$ . Изэнтропический: $dS = 0$ (обратимый адиабатический). Необратимые процессы включают диссипацию и рост энтропии, что требует учёта вязких членов и теплопроводности в уравнениях Навье-Стокса.	<b>2 балла:</b> определения + влияние обратимости на уравнения; <b>1 балл:</b> только определения; <b>0 баллов:</b> неверно
9	$i a/D$ (теплопроводность/диффузия), $Sc_t = \mu_t/(\rho D_t)$ . Характеризуют соотношение переноса тепла и массы в реагирующих смесях. Определяют толщину тепловых и диффузионных пограничных слоёв, положение фронта пламени, скорость химических реакций.	<b>2 балла:</b> формулы + роль в реагирующих потоках; <b>1 балл:</b> только формулы; <b>0 баллов:</b> неверно
10	Ламинарный: $\mathfrak{R}, Pr, Eu, M$ . Турбулентный: добавляются $Pr_t, Sc_t$ (турбулентные числа Прандтля и Шмидта), отражающие соотношение	<b>2 балла:</b> сравнение режимов + дополнительные критерии



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Миасский филиал  
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 15 из 31

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

	турбулентной вязкости, тепло- и массопереноса. Выбор зависит от режима течения, цели моделирования и доступных экспериментальных данных.	+ методика выбора; <b>1 балл:</b> частично; <b>0 баллов:</b> неверно
11	б) инерционных сил к силам вязкого трения	<b>1 балл:</b> верный выбор; <b>0 баллов:</b> неверно
12	а) $\Pi_1 = f(\Pi_2, \dots, \Pi_{n-k})$	<b>1 балл:</b> верный выбор; <b>0 баллов:</b> неверно
13	б) по вектору скорости центра масс	<b>1 балл:</b> верный выбор; <b>0 баллов:</b> неверно
14	б) одинаковое отношение всех однородных физических величин, характеризующих явление	<b>1 балл:</b> верный выбор; <b>0 баллов:</b> неверно
15	б) молекулярной диффузии импульса к молекулярной диффузии тепла	<b>1 балл:</b> верный выбор; <b>0 баллов:</b> неверно
16	в) постоянной энтропией и отсутствием диссипации	<b>1 балл:</b> верный выбор; <b>0 баллов:</b> неверно
17	б) в центре масс ЛА	<b>1 балл:</b> верный выбор; <b>0 баллов:</b> неверно
18	а) интенсивностей переноса массы диффузией и переноса теплоты теплопроводностью	<b>1 балл:</b> верный выбор; <b>0 баллов:</b> неверно
19	а) $c_x = \frac{X}{qS}$	<b>1 балл:</b> верный выбор; <b>0 баллов:</b> неверно
20	б) число Струхала	<b>1 балл:</b> верный выбор; <b>0 баллов:</b> неверно
21	А-1, Б-2, В-3, Г-4	<b>2 балла:</b> все верно; <b>1 балл:</b> 1 ошибка; <b>0 баллов:</b> $\geq 2$ ошибок
22	А-1, Б-2, В-3, Г-4	<b>2 балла:</b> все верно; <b>1 балл:</b> 1 ошибка; <b>0 баллов:</b> $\geq 2$ ошибок
23	А-1, Б-2, В-3, Г-4	<b>2 балла:</b> все верно; <b>1 балл:</b> 1 ошибка; <b>0 баллов:</b> $\geq 2$ ошибок
24	А-1, Б-2, В-3, Г-4	<b>2 балла:</b> все верно; <b>1 балл:</b> 1 ошибка; <b>0 баллов:</b> $\geq 2$ ошибок
25	А-1, Б-2, В-3, Г-4	<b>2 балла:</b> все верно; <b>1 балл:</b> 1 ошибка; <b>0 баллов:</b> $\geq 2$ ошибок

### Шкала оценивания

Сумма баллов	Оценка	Уровень освоения компетенций
--------------	--------	------------------------------



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
 Федеральное государственное бюджетное образовательное  
 учреждение высшего образования  
 «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
 Миасский филиал  
 Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике»  
 по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
 моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1	стр. 16 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------------	------------------------	---------------

36–40	Отлично (5)	Продвинутый
28–35	Хорошо (4)	Базовый
20–27	Удовлетворительно (3)	Пороговый
0–19	Неудовлетворительно (2)	Компетенции не сформированы

### 3.2.1 Перечень задач для практических работ

№ п/п	Формулировка задачи	Решение/ответ	Код контролируемой компетенции
1	Вывести формулу для подъемной силы крыла в дозвуковом воздушном потоке.	$Y = C_y \frac{\rho v^2}{2} S$	ПК-2, ПК-3
2	Определить коэффициент сопротивления цилиндрического тела при его поперечном обтекании дозвуковым воздушным потоком.	$C = 0.82$	ПК-2, ПК-3
3	Определить коэффициент сопротивления шара при его обтекании дозвуковым потоком.	$C = 0.47$	ПК-2, ПК-3
4	Вывести уравнение неразрывности движения газа.	$\frac{dw}{w} \left( \frac{w^2}{a^2} - 1 \right) = \frac{dF}{F}$	ПК-2, ПК-3
5	Вывести уравнение движения невязкой жидкости.	$\rho \frac{d\vec{v}}{dt} = -\rho g - grad P$	ПК-2, ПК-3
6	Вывести уравнение движения невязкого нетеплопроводного сжимаемого газа.	$\rho \frac{d\vec{v}}{dt} = \rho \vec{F} - grad P + div \sigma$	ПК-2, ПК-3
7	Вывести уравнение энергии движения газа.	$\rho \frac{d\vec{E}}{dt} = \rho \vec{F} \cdot \vec{v} - div(P\vec{V}) + div(\sigma\vec{V}) + div \vec{q}_T$	ПК-2, ПК-3
8	Вывести систему уравнений Эйлера движения невязкого нетеплопроводного сжимаемого газа.	$\frac{d}{dt} U + \frac{d}{dx} F + \frac{d}{dy} G + \frac{d}{dz} H = 0$ $U = (\rho \quad \rho u \quad \rho v \quad \rho w \quad E)^T$ $F = (\rho u \quad \rho u^2 + p \quad \rho uv \quad \rho uw \quad u(E + p))^T$ $G = (\rho v \quad \rho uv \quad \rho v^2 + p \quad \rho vw \quad v(E + p))^T$ $H = (\rho w \quad \rho uw \quad \rho vw \quad \rho w^2 + p \quad w(E + p))^T$	ПК-2, ПК-3
9	Вывести систему уравнений Навье-Стокса движения вязкого газа.	$\frac{d\vec{v}}{dt} = -(\vec{d}\vec{v} \cdot \nabla)\vec{v} + \nu \Delta \vec{v} - \frac{1}{\rho} \nabla p + \vec{f}$	ПК-2, ПК-3



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Миасский филиал  
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 17 из 31

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

10	Найти критерии моделирования движения тела в воздухе.	Вычислить требуемые критерии подобия: $Eu$ , $Nt$ , $Re$ , $St$ , $Pr$ , $Sc$ , $Le$	ПК-2, ПК-3
11	Найти критерии моделирования при ламинарном движении.	Вычислить требуемые критерии подобия: $Eu$ , $Nt$ , $Re$ , $St$ , $Pr$ , $Sc$ , $Le$	ПК-2, ПК-3
12	Найти критерии моделирования при турбулентном движении.	Вычислить требуемые критерии подобия: $Eu$ , $Nt$ , $Re$ , $St$ , $Pr$ , $Pr_t$ , $Sc$ , $Sc_t$ , $Le$	ПК-2, ПК-3

### 3.2.2 Примеры вопросов для собеседования

1. Типы аэрогазодинамических и термодинамических процессов.
2. Физическое и математическое моделирование. Принципы и различия.
3. Геометрическое, кинематическое, динамическое подобия. Принципы и различия.
4. Полное и частичное подобия.

#### Перевод текста

Англоязычные научные статьи для перевода могут быть взяты из Вестника РФФИ, издание на английском языке.

### 3.3 Критерии оценивания по видам оценочных средств

#### Собеседование

«Отлично»

Свободно владеет понятийным аппаратом, умеет использовать его при анализе философских категорий.

Знание и свободное владение фактическим материалом по теме.

Достаточно глубоко знает принципы формулирования философской позиции.

Умеет выявлять и анализировать проблемы и предлагает способы их решения. Умеет оценивать результат.

Свободное владение речью, логичность и последовательность в изложении материала.

«Хорошо»

Владеет понятийным аппаратом, но при использовании его допускает неточности.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Миасский филиал  
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 18 из 31

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

Незначительные неточности в изложении фактического материала.

Допускает незначительные ошибки при формулировании философской позиции.

Допускает отдельные неточности и затруднения при анализе и выявлении проблем и предложении решений.

Испытывает отдельные затруднения в логичности и последовательности изложения материала.

«Удовлетворительно»

В основном знает содержание понятий, но допускает ошибки в их использовании.

Испытывает затруднения в изложении фактического материала.

Испытывает значительные затруднения при формулировании философской позиции.

Испытывает значительные трудности при анализе фактического материала и формировании решения проблем.

Материал в значительной степени излагается бессистемно и с нарушением логических связей.

«Неудовлетворительно»

Не владеет основными понятиями по предмету.

Не владеет фактическим материалом.

Отсутствуют знания основных принципов формулирования философской позиции.

Не умеет анализировать и выявлять проблемы философского характера в конкретных ситуациях.

Отсутствие логики в изложении материала

Отметка «отлично» ставится в том случае, если по четырём из пяти критериев ответ оценивается «отлично» и по одному – на «хорошо».

Отметка «хорошо» – если по четырём критериям – не ниже «хорошо» и по одному «удовлетворительно».

Отметка «удовлетворительно» – если по четырём критериям не ниже «удовлетворительно» и по одному – «неудовлетворительно».

Отметка «неудовлетворительно» – если по двум и более критериям «неудовлетворительно».



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Миасский филиал  
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 19 из 31

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

## **Практическая работа**

### **«Отлично»**

Задача практической работы выполнена полностью либо с незначительными недоработками. Магистрант легко ориентируется в содержании учебного материала, свободно пользуется понятийным аппаратом, обладает умением связывать теорию с практикой, высказывать и обосновывать свои суждения. Может проанализировать поставленную задачу, пояснить выбранный подход и обозначить шаги по устранению возможных недоработок

### **«Хорошо»**

Задача практической работы выполнена не полностью, с недоработками. Магистрант демонстрирует полное освоение теоретического материала, владеет понятийным аппаратом, ориентируется в изученном материале, грамотно излагает свою позицию, способен проанализировать поставленную задачу и выбор подхода к ней

### **«Удовлетворительно»**

Задача практической работы не выполнена, магистрант демонстрирует неполное освоение теоретического материала, плохо владеет понятийным аппаратом, плохо ориентируется в изученном материале, неуверенно излагает свою позицию, однако может проанализировать поставленную задачу и выбор подхода к ней


### **«Неудовлетворительно»**

Задача практической работы не выполнена, магистрант имеет разрозненные, бессистемные знания, не умеет выделять главное и второстепенное, допускает ошибки в определении понятий, искажающие их смысл; беспорядочно и неуверенно излагает материал. Не может проанализировать поставленную задачу и объяснить выбор подхода к ней.

## **Критерии оценивания перевода статьи**

“5” – «отлично» (96-100 баллов) «зачтено» – 100 – 75% понимания основного содержания текста, студент умеет свободно (почти свободно) и аргументировано высказываться, обстоятельно излагать содержание прочитанного, логически выстраивать свое сообщение, развивать отдельные положения и делать соответствующие выводы, изложение оформлено правильно грамматически и лексически.

“4” – «хорошо» (76-95 баллов) «зачтено» – 75% понимания основного содержания текста, студент может кратко излагать содержание прочитанного

	МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)		
	Миасский филиал Кафедра прикладной математики		
Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике» по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического моделирования в ракетно-космической технике»			
Версия документа - 1	стр. 20 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

обосновать и объяснить свои взгляды, в изложении допускаются 2-3 незначимые грамматические или лексические ошибки.

“3” – «удовлетворительно» (60-75 балл) «зачтено» – 75 – 50% понимания основного содержания текста, студент может использовать простые фразы и предложения, но недостаточно понятно и обстоятельно излагать содержание прочитанного, в изложении 2-3 грамматические или лексические ошибки.

"2" – «неудовлетворительно» (0-60 балл) «не зачтено» – менее 50% понимания основного содержания текста, искажение содержания, превышение количества грамматических и лексических ошибок, студент владеет недостаточным словарным запасом, затрудняется в изложении прочитанного.

#### **4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

##### **4.1 Порядок проведения и содержание оценочных средств для промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Во время экзамена студент отвечает на два вопроса из выбранного случайным образом билета. Во время выполнения можно использовать справочные материалы. Время подготовки к ответу – 20 минут.

Оценочные средства для промежуточной аттестации представлены базой вопросов к экзамену.

##### **4.1.1 База вопросов к экзамену**

№ п/ п	Формулировка вопроса	Варианты ответов/ правильный ответ/план ответа	Код контроли- руемой компетенции
<i>Раздел 1 Метрические пространства</i>			
1	Типы аэрогазодинамических и термодинамических процессов. Основные термины на английском языке.	Определение изохорных, адиабатических, изоэнтропических процессов. Определение обратимых и необратимых процессов.	УК-4, ПК-2, ПК-3
2	Расчёт аэродинамической силы и аэродинамических коэффициентов.	Привести формулы расчета аэродинамической силы для связанной системы координат и	УК-4, ПК-2, ПК-3



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Миасский филиал  
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 21 из 31

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

	Основные термины на английском языке.	аэродинамических коэффициентов	
3	Расчёт аэродинамического момента и аэродинамических коэффициентов. Основные термины на английском языке.	Привести формулы расчета аэродинамических моментов для связанной системы координат и аэродинамических коэффициентов	УК-4, ПК-2, ПК-3
4	Системы координат, используемые при различных расчётах в аэрогазодинамике: пространственная система координат. Основные термины на английском языке.	Перечислить основные системы координат, применяемые при аэродинамических расчетах (пространственная, полусвязанная, скоростная, связанная с пространственным углом). Описать пространственную систему координат: начало, направление осей	УК-4, ПК-2, ПК-3
5	Системы координат, используемые при различных расчётах в аэрогазодинамике: полусвязанная система координат. Основные термины на английском языке.	Перечислить основные системы координат, применяемые при аэродинамических расчетах (пространственная, полусвязанная, скоростная, связанная с пространственным углом). Описать полусвязанную систему координат: начало, направление осей	УК-4, ПК-2, ПК-3
6	Системы координат, используемые при различных расчётах в аэрогазодинамике: скоростная система координат. Основные термины на английском языке.	Перечислить основные системы координат, применяемые при аэродинамических расчетах (пространственная, полусвязанная, скоростная, связанная с пространственным углом). Описать скоростную систему координат: начало, направление осей	УК-4, ПК-2, ПК-3
7	Системы координат, используемые при различных расчётах в аэрогазодинамике: связанная с пространственным углом система координат. Основные термины на английском языке.	Перечислить основные системы координат, применяемые при аэродинамических расчетах (пространственная, полусвязанная, скоростная, связанная с пространственным углом). Описать систему координат, связанную с пространственным углом: начало, направление осей.	УК-4, ПК-2, ПК-3
8	Системы координат,	Перечислить основные системы	УК-4, ПК-2,



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Миасский филиал  
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 22 из 31

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

	используемые при различных расчётах в аэрогазодинамике: переход из одной системы координат в другую. Основные термины на английском языке.	координат, применяемые при аэродинамических расчетах (пространственная, полусвязанная, скоростная, связанная с пространственным углом). Объяснить принцип перехода между системами координат. Привести пример.	ПК-3
9	Теория подобия потоков. Основные термины на английском языке.	Определение подобия. Подобие потоков (это геометрическое, кинематическое и динамическое подобие потоков). Определение коэффициента подобия.	УК-4, ПК-2, ПК-3
10	Физическое и математическое моделирование. Принципы и различия. Основные термины на английском языке.	Определение физического моделирования (модель имеет ту же физическую природу, что и изучаемый объект). Определение математического моделирования (описание природы процессов с помощью мат. аппарата). Привести основные принципы (одинаковая природа модели и натуры при физическом моделировании, моделирования, аналоговые модели, детерминированные и статистические мат. модели, требования к мат. модели) и различия (различия следуют из определений).	УК-4, ПК-2, ПК-3
11	Геометрическое, кинематическое, динамическое подобия. Принципы и различия. Основные термины на английском языке.	Определение геометрического подобия (пространственные координаты одной системы пропорциональны пространственным координатам другой системы), кинематического подобия (пропорциональность скоростей в сходственных точках потока), динамического подобия (пропорциональность сил, действующих на сходственные объемы в кинематически подобных потоках и равенство углов, характеризующих направление этих сил). Привести их основные принципы (привести соотношения для каждого вида) и различия (различаются по физическим величинам, которые пропорциональны	УК-4, ПК-2, ПК-3



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Миасский филиал  
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 23 из 31

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

		пропорциональным).	
12	Полное и частичное подобия. Основные термины на английском языке.	Определение полного подобия (одинаковое отношение всех однородных физических величин, характеризующих явление). Определение частичного подобия (соблюдается подобие только некоторых физических свойств).	УК-4, ПК-2, ПК-3
13	Пи-теорема. Основные термины на английском языке.	Принцип обезразмеривание параметров. Формулировка ПИ-теоремы. Преимущества обезразмеривания.	УК-4, ПК-2, ПК-3
14	Основные критерии подобия: число Эйлера. Основные термины на английском языке.	Перечислить основные критерии подобия. Определение числа Эйлера (отношение между силами давления на единичный объём жидкости (или газа) и инерционными силами). Привести формулу.	УК-4, ПК-2, ПК-3
15	Основные критерии подобия: число Ньютона. Основные термины на английском языке.	Перечислить основные критерии подобия. Определение числа Ньютона (отношение работы внешних сил к кинетической энергии тела). Привести формулу для сплошной среды и для твердого тела.	УК-4, ПК-2, ПК-3
16	Основные критерии подобия: число Рейнольдса. Основные термины на английском языке.	Перечислить основные критерии подобия. Определение числа Рейнольдса (отношение инерционных сил к силам вязкого трения в вязких жидкостях и газах). Привести формулу (через плотность среды и через кинематическую вязкость).	УК-4, ПК-2, ПК-3
17	Основные критерии подобия: число Струхала. Основные термины на английском языке.	Перечислить основные критерии подобия. Определение числа Струхала - формула для колебательных процессов и непериодических процессов.	УК-4, ПК-2, ПК-3
18	Основные критерии подобия: число Прандтля, турбулентное число Прандтля. Основные термины на английском языке.	Перечислить основные критерии подобия. Определение числа Прандтля (учитывает влияние физических свойств теплоносителя на теплоотдачу). Привести формулу. Определение турбулентного числа Прандтля (критерий подобия) - формула.	УК-4, ПК-2, ПК-3
19	Основные критерии	Перечислить основные критерии	УК-4, ПК-2,



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Миасский филиал  
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 24 из 31

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

	подобия: число Шмидта, турбулентное число Шмидта. Основные термины на английском языке.	подобия. Определение числа Шмидта (соотношение вязкости и диффузии вещества). Привести формулу. Определение турбулентного числа Шмидта (отношение динамической турбулентной вязкости к произведению плотности и коэффициента турбулентной диффузии, формула).	ПК-3
20	Основные критерии подобия: число Льюиса-Семёнова. Основные термины на английском языке.	Перечислить основные критерии подобия. Определение числа Льюиса-Семенова (соотношение между интенсивностями переноса массы примеси диффузией и переноса теплоты теплопроводностью). Привести формулу.	УК-4, ПК-2, ПК-3

#### 4.1.2 Образец билета к экзамену:

ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет»  
Миасский филиал  
Кафедра прикладной математики

Направление «Прикладная математика и информатика»

Дисциплина «Математическое моделирование в аэрогазодинамике»

#### Билет №1

1. Расчёт аэродинамического момента и аэродинамических коэффициентов. Основные термины на английском языке.
2. Системы координат, используемые при различных расчётах в аэрогазодинамике: переход из одной системы координат в другую. Основные термины на английском языке.

Преподаватель  
Зав. кафедрой прикладной математики  
Дутикова

Ю.А. Мокин  
Е.В.

#### 4.2 Критерии оценивания компетенций в ходе промежуточной аттестации



МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Миасский филиал  
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 25 из 31

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

Код компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания			
		отлично	хорошо	удовлетворительно	Неудовлетворительно
ПК-2	Знает подходы использования современных методов для решения научных и практических задач в аэрогазодинамике; принципы выбора методов и средств изучения математических моделей в аэрогазодинамике для расчета тепловых режимов изделий РКТ;	Знает и понимает подходы использования современных методов для решения научных и практических задач в аэрогазодинамике; принципы выбора методов и средств изучения математических моделей в аэрогазодинамике для расчета тепловых режимов изделий РКТ;	Знает подходы использования современных методов для решения научных и практических задач в аэрогазодинамике; принципы выбора методов и средств изучения математических моделей в аэрогазодинамике для расчета тепловых режимов изделий РКТ;	Знает в целом подходы использования современных методов для решения научных и практических задач в аэрогазодинамике; принципы выбора методов и средств изучения математических моделей в аэрогазодинамике для расчета тепловых режимов изделий РКТ;	Не знает подходы использования современных методов для решения научных и практических задач в аэрогазодинамике; принципы выбора методов и средств изучения математических моделей в аэрогазодинамике для расчета тепловых режимов изделий РКТ;
	Умеет использовать современные теории прикладной математики для решения научно-исследовательских и прикладных задач по теории подобия в аэрогазодинамике для расчета	Умеет самостоятельно использовать современные теории прикладной математики для решения научных и прикладных	Умеет использовать современные теории прикладной математики для решения научных и прикладных задач по теории	Умеет в целом использовать современные теории прикладной математики для решения научных и прикладных задач по	Не умеет использовать современные теории прикладной математики для решения научных и прикладных задач по теории



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Миасский филиал  
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 26 из 31

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

	тепловых режимов изделий РКТ;	задач по теории подобия в аэрогазодинамике для расчета тепловых режимов изделий РКТ;	подобия в аэрогазодинамике для расчета тепловых режимов изделий РКТ;	теории подобия в аэрогазодинамике для расчета тепловых режимов изделий РКТ;	подобия в аэрогазодинамике для расчета тепловых режимов изделий РКТ;
	Владеет навыками использования и применения углубленных теоретических и практических знаний в области аэрогазодинамики и для расчета тепловых режимов изделий РКТ	Владеет уверенно навыками использования и применения углубленных теоретических и практических знаний в области аэрогазодинамики для расчета тепловых режимов изделий РКТ	Владеет навыками использования и применения углубленных теоретических и практических знаний в области аэрогазодинамики для расчета тепловых режимов изделий РКТ	Владеет в целом навыками использования и применения углубленных теоретических и практических знаний в области аэрогазодинамики для расчета тепловых режимов изделий РКТ	Не владеет навыками использования и применения углубленных теоретических и практических знаний в области аэрогазодинамики для расчета тепловых режимов изделий РКТ
ПК-3	Знает основные понятия и методы в области аэрогазодинамики; основные концепции и принципы теорий, связанных с системами координат в аэрогазодинамике.	Знает и понимает основные понятия и методы в области аэрогазодинамики; основные концепции и принципы теорий, связанных с системами координат в аэрогазодинамике.	Знает основные понятия и методы в области аэрогазодинамики; основные концепции и принципы теорий, связанных с системами координат в аэрогазодинамике.	Знает в целом основные понятия и методы в области аэрогазодинамики; основные концепции и принципы теорий, связанных с системами координат в аэрогазодинамике.	Не знает основные понятия и методы в области аэрогазодинамики; основные концепции и принципы теорий, связанных с системами координат в аэрогазодинамике.



МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Миасский филиал  
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 27 из 31

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

	Умеет применять понятия и методы в области аэрогазодинамики; основные концепции и принципы теорий, связанных с системами координат в аэрогазодинамике для решения задач динамики, баллистики и управления полетом космических аппаратов.	Умеет самостоятельно применять понятия и методы в области аэрогазодинамики; основные концепции и принципы теорий, связанных с системами координат в аэрогазодинамике для решения задач динамики, баллистики и управления полетом космических аппаратов.	Умеет применять понятия и методы в области аэрогазодинамики; основные концепции и принципы теорий, связанных с системами координат в аэрогазодинамике для решения задач динамики, баллистики и управления полетом космических аппаратов.	Умеет в целом применять понятия и методы в области аэрогазодинамики; основные концепции и принципы теорий, связанных с системами координат в аэрогазодинамике для решения задач динамики, баллистики и управления полетом космических аппаратов.	Не умеет применять понятия и методы в области аэрогазодинамики; основные концепции и принципы теорий, связанных с системами координат в аэрогазодинамике для решения задач динамики, баллистики и управления полетом космических аппаратов.
	Владеет навыками разработки алгоритмов решения задач аэрогазодинамики.	Владеет уверенно навыками разработки алгоритмов решения задач аэрогазодинамики.	Владеет навыками разработки алгоритмов решения задач аэрогазодинамики.	Владеет некоторыми навыками разработки алгоритмов решения задач аэрогазодинамики.	Не владеет навыками разработки алгоритмов решения задач аэрогазодинамики.
УК-4	Знает коммуникативные техники, отобранные и выстроенные в логике достижения цели развития коммуникативных	Знает и понимает коммуникативные техники, отобранные и выстроенные в логике достижения	Знает в целом коммуникативные техники, отобранные и выстроенные в логике достижения	Знает некоторые коммуникативные техники, отобранные и выстроенные в логике достижения	Не знает коммуникативные техники, отобранные и выстроенные в логике достижения цели развития коммуникативных



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Миасский филиал  
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 28 из 31

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

способностей, необходимых для решения научно - технических задач	цели развития коммуникативных способностей , необходимых для решения научно - технических задач	цели развития коммуникативных способностей, необходимых для решения научно - технических задач	цели развития коммуникативных способностей, необходимых для решения научно - технических задач	способностей, необходимых для решения научно - технических задач
Умеет применять коммуникативные техники, отобранные и выстроенные в логике достижения цели развития коммуникативных способностей, необходимых для решения научно - технических задач	Умеет самостоятельно применять коммуникативные техники, отобранные и выстроенные в логике достижения цели развития коммуникативных способностей , необходимых для решения научно - технических задач	Умеет применять коммуникативные техники, отобранные и выстроенные в логике достижения цели развития коммуникативных способностей, необходимых для решения научно - технических задач	Умеет в целом применять коммуникативные техники, отобранные и выстроенные в логике достижения цели развития коммуникативных способностей, необходимых для решения научно - технических задач	Не умеет применять коммуникативные техники, отобранные и выстроенные в логике достижения цели развития коммуникативных способностей, необходимых для решения научно - технических задач
Владеет навыками применения коммуникативных техник, отобранных и выстроенных в логике достижения цели	Владеет уверенно навыками применения коммуникативных техник, отобранных и выстроенных	Владеет навыками применения коммуникативных техник, отобранных и выстроенных в логике	Владеет некоторыми навыками применения коммуникативных техник, отобранных и выстроенных	Не владеет навыками применения коммуникативных техник, отобранных и выстроенных в логике достижения



МИНОБНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Миасский филиал  
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 29 из 31

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

развития коммуникативных способностей, необходимых для решения научно - технических задач.	в логике достижения цели развития коммуникативных способностей , необходимых для решения научно - технических задач.	достижения цели развития коммуникативных способностей, необходимых для решения научно - технических задач.	в логике достижения цели развития коммуникативных способностей, необходимых для решения научно - технических задач.	цели развития коммуникативных способностей, необходимых для решения научно - технических задач.
--	--	--	---	---

#### 4.3 Критерии оценивания экзамена

«Отлично» (5) – магистрант глубоко и полно владеет содержанием учебного материала; умеет связывать теорию с практикой, теоретические выводы подтверждает примерами, фактами, данными научных исследований; осуществляет межпредметные связи, предложения. Делает выводы логично, четко. Ясно и кратко излагает ответы на поставленные вопросы; умеет обосновывать свои суждения и профессионально-личностную позицию по излагаемому вопросу. Ответ носит самостоятельный характер.

«Хорошо» (4) – ответ магистранта соответствует указанным выше критериям, но содержание ответа имеет отдельные неточности (несущественные ошибки) в изложении теоретического и практического материала, отличается меньшей обстоятельностью, глубиной, обоснованностью и полнотой; допущенные ошибки исправляются магистрантом после дополнительных вопросов экзаменатора.

«Удовлетворительно» (3) – магистрант обнаруживает знание и понимание основных положений учебного материала, но излагает его неполно, непоследовательно, допускает неточности и существенные ошибки в определении понятий, формулировке положений, не привлекает для аргументации ответа основные положения исследовательских, концептуальных, не умеет обосновать свои суждения; наблюдается нарушение логики изложения. Ответ отличается низким уровнем самостоятельности, не содержит собственной профессионально-личностной позиции.

«Неудовлетворительно» (2) – магистрант имеет разрозненные,



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Миасский филиал  
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 30 из 31

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

бессистемные знания: не умеет выделять главное и второстепенное; допускает ошибки в определении понятий, формулировке теоретических положений, искажает их смысл; не ориентируется в программно-методических, исследовательских материалах, беспорядочно и неуверенно излагает материал; не умеет соединять теоретические положения с практикой; не умеет применять знания для обоснования и объяснения фактов, не устанавливает межпредметные связи.

### **Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций**

<b>Уровень освоения компетенций</b>	<b>Оценка</b>
Продвинутый	отлично
Базовый	хорошо
Пороговый	удовлетворительно
компетенции не сформированы	Неудовлетворительно

#### **Уровни формирования компетенций:**

##### **1. Пороговый уровень:**

- предполагает формирование компетенций на начальном уровне: знание базовых терминов, основных понятий и методов математического моделирования в аэрогазодинамике, в том числе на английском языке;

- студент способен давать ответы на теоретические вопросы дисциплины, использовать базовые термины; знает основные системы координат, знает критерии подобия; владеет базовыми приемами работы в прикладных пакетах.

##### **2. Базовый уровень:**

- предполагает формирование компетенций на более высоком уровне: формируется понимание определений и теорем теории подобия;

- студент способен решать более сложные задачи математического моделирования в аэрогазодинамике, умеет применять основные положения теории, читать научную литературу по аэрогазодинамике на английском языке.

##### **3. Продвинутый уровень:**

- предполагает формирование компетенций на высоком уровне, готовность к самостоятельной профессиональной деятельности: формируется знание системы терминов, межпредметные связи; глубокое понимание



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Миасский филиал  
Кафедра прикладной математики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование в аэрогазодинамике»  
по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Методы математического  
моделирования в ракетно-космической технике»

Версия документа - 1

стр. 31 из 31

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

теории подобия;

● студент способен использовать систему научных понятий аэрогазодинамики (в том числе на английском языке), самостоятельно решать задачи математического моделирования в аэрогазодинамике с использованием прикладных программ на английском языке.