

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева  
Сибирского отделения Российской академии наук

УТВЕРЖДАЮ

Врио директора ИГиЛ СО РАН  
д.ф.-м.н. \_\_\_\_\_ Е.М. Рудой

«09» *август* 2024 г.



**Рабочая программа**

**Б4. «ГОСУДАРСТВЕННАЯ ИТОГОВАЯ АТТЕСТАЦИЯ»**

**Направление подготовки аспирантов Института: 01.06.01 — «Математика и механика»,  
направленность:**

1.1.8 Механика деформируемого твердого тела (физико-математические науки,  
технические науки)

Квалификация выпускника  
Исследователь. Преподаватель-исследователь.

Форма обучения — очная

Новосибирск  
2024

# 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

Государственная итоговая аттестация относится к базовой части ОПОП (основной профессиональной образовательной программы).

Целью ГИА является установление уровня подготовки выпускника к выполнению профессиональных задач и соответствия его подготовки требованиям государственного образовательного стандарта по одному из направлений основной образовательной программы высшего образования подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 01.06.01 "Математика и механика", направленности 1.1.8 Механика деформируемого твердого тела.

Задачей ГИА является проверка уровня сформированности компетенций (универсальные и общепрофессиональные), определенных федеральным государственным образовательным стандартом.

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
УК-1: способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	ВЛАДЕТЬ: навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях; ВЛАДЕТЬ навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
УК-2: способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки;	ВЛАДЕТЬ: навыками анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в т.ч. междисциплинарного характера, возникающих в науке на современном этапе ее развития. ВЛАДЕТЬ: технологиями планирования в профессиональной деятельности в сфере научных исследований
УК-3: готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач	ВЛАДЕТЬ: навыками анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в т.ч. междисциплинарного характера, возникающих при работе по решению научных и научнообразовательных задач в российских или международных исследовательских коллективах
УК-4: готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках	ВЛАДЕТЬ: навыками анализа научных текстов на государственном и иностранном языках
УК-5: способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития;	УМЕТЬ: определять актуальные направления исследовательской деятельности с учётом тенденций развития науки и техники.
ОПК-1: способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области	ВЛАДЕТЬ методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности.

профессиональной деятельности с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;	
ОПК-2: готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования;	ВЛАДЕТЬ: технологией проектирования образовательного процесса на уровне высшего образования. ВЛАДЕТЬ: методиками и технологиями преподавания и оценивания успеваемости обучающихся
ПК-1: способность разрабатывать и применять математический аппарат в исследовательской и прикладной деятельности	УМЕТЬ: определять актуальные направления исследовательской деятельности с учётом тенденций развития науки
ПК-2: способность принятия решений по обработке информации применительно к сложным системам, как в научных исследованиях, так и в практических задачах);	УМЕТЬ: критически анализировать современные проблемы механики контактного взаимодействия и разрушения с учетом мировых тенденций развития вычислительных технологий, самостоятельно ставить цель исследования и определять пути её достижения;
ПК-3: способность объективно оценивать профессиональный уровень результатов научных исследований, в том числе с помощью международных баз данных публикационной активности;	УМЕТЬ: применять знания в профессиональной деятельности с привлечением необходимого физико-математического аппарата;
ПК-4: способность выполнять теоретические и/или экспериментальные исследования процессов создания, накопления и обработки информации	УМЕТЬ: использовать современные математические программные средства для решения прикладных задач механики деформируемого твёрдого тела;
ПК-5: способность выполнять теоретические и/или экспериментальные исследования по изучению методик получения материалов с новыми прочностными характеристиками, в частности, изучение методики напыления	ЗНАТЬ: основные физические свойства и эксплуатационные характеристики материалов, их различные классификации, методы получения традиционными технологиями, а также основные методы получения новых материалов.

## 2. ВИДЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

К государственной итоговой аттестации допускается обучающийся, не имеющий академической задолженности и в полном объеме выполнивший учебный план или индивидуальный учебный план по соответствующей образовательной программе высшего образования.

Государственная итоговая аттестация выпускников аспирантуры ИГиЛ СО РАН (далее Институт) проводится в форме:

- сдачи государственного экзамена (ГЭ) ;
- представления научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации), оформленной в соответствии с требованиями, устанавливаемыми Министерством образования и науки Российской Федерации.

Государственная итоговая аттестация проводится в 8 семестре. Для проведения ГИА создается приказом по Институту государственная экзаменационная комиссия (ГЭК) из

ведущих учёных-исследователей и ведущих специалистов в области профессиональной деятельности по направленности 1.1.8 «Механика деформируемого твердого тела» направления подготовки аспирантов 01.06.01 «Математика и механика».

Государственная аттестация носит комплексно-системный характер, и должна оцениваться государственной комиссией по следующим этапам обучения аспиранта:

1. ГЭ.
2. Практики.
3. Научно-квалификационная работа (диссертация).

Государственный экзамен проводится по одной или нескольким дисциплинам образовательной программы, результаты освоения которых имеют определяющее значение для профессиональной деятельности выпускников, устно или письменно.

### 3. Структура и содержание дисциплины

Объем государственной итоговой аттестации составляет 9 зачетных единиц (6 недель), в том числе 6 зачетных единиц – подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена, 3 зачетные единицы – представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации).

#### 3.1 Структура программы

№ п/п	Раздел программы	Объем учебной работы (в часах)						Вид итогового контроля	
		Всего	Всего аудит.	Из аудиторных			КСР		Сам. работа
				Лекц.	Лаб.	Прак.			
	Всего, в том числе	324	108	72		36	36	180	
1.	Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена	216	108	72		36	36	72	экзамен
2.	Представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)	108	-					108	научный доклад

Программа составлена по дисциплинам «Механика разрушения», «Специальная дисциплина 1.1.9 – механика деформируемого твердого тела».

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий(лекции, семинары и т.д.)
2.	Теория упругости	Лагранжева и Эйлерова система координат. Переход от Эйлерова описанию к Лагранжеву и обратно.	Лекции, практика, самостоятельная

		<p>Тензор напряжений. Главные оси тензора напряжений. Инварианты тензора напряжений. Главные напряжения. Дифференциальные уравнения равновесия. Тензоры малых и линейных деформаций. Тензоры Лагранжа и Эйлера конечных деформаций. Главные оси и главные деформации. Главные сдвиги. Тензор малых линейных деформаций Коши. Уравнения совместности деформаций. Тензор скоростей деформаций. Динамические уравнения Эйлера-Коши. Законы сохранения массы и механической энергии. Постановка задачи МДТТ при конечных и дифференциальных связях между напряжениями и деформациями. Термодинамика упругого деформирования. Законы Коши-Гука. Связь между напряжениями и деформациями для изотропных и анизотропных сред. Основные уравнения теории упругости. Пространственные задачи теории упругости. Плоская задачи теории упругости. Бигармоническое уравнение и граничные условия для функции напряжений. Вариационные принципы теории упругости: принцип минимума полной потенциальной энергии, принцип минимума дополнительной энергии, принцип Рейснера. Теорема Бетти.</p>	<p>работа</p>
3.	Теория пластичности	<p>Пластическое деформирование твёрдых тел. Предел текучести. Упрочнение. Остаточные деформации. Идеальная пластичность. Критерий текучести и поверхность текучести. Критерии Треска и Мизеса. Пространство главных напряжений. Геометрическая интерпретация условий текучести. Условия пластичности Сен-Венана и Мизеса. Теория пластического течения. Законы пластического течения. Теория малых упругопластических деформаций. Соотношения общей теории пластического течения.</p>	<p>Лекции, практика, самостоятельная работа</p>
4.	Теория вязкоупругости	<p>Линейная теория вязкоупругости. Вязкоупругое поведение материалов. Простейшие модели линейно вязкоупругих сред: модель Максвелла, модель Фохта, модель Томсона.</p>	<p>Лекции, практика, самостоятельная работа</p>
5.	Теория ползучести и релаксации	<p>Свойства ползучести и релаксации. Кривые ползучести. Неограниченная ползучесть материалов. Теории старения,</p>	<p>Лекции, практика, самостоятельная</p>

		течения, упрочнения и наследственности. Ползучесть при сложном напряженном состоянии. Определяющие соотношения.	работа
6.	Теория разрушения	Вязкое и хрупкое разрушение. Линейная механика разрушения. Поля напряжений в окрестности вершины трещины. Коэффициент интенсивности напряжений. Концентраторы напряжений. Коэффициент концентрации напряжений: растяжение упругой полуплоскости с круговым и эллиптическим отверстиями. Концепция квазихрупкого разрушения Гриффитса, Ирвина, Орована. Основы нелинейной механики разрушения. Устойчивость упругого сжатого стержня. Решения Эйлера, Энгессера, Кармана. Выпучивание стержней за пределом упругости при продольном изгибе.	Лекции, практика, самостоятельная работа

### Вопросы к экзамену

1. Лагранжева и Эйлера система координат. Переход от Эйлера описанию к Лагранжеву и обратно.
2. Тензор напряжений. Главные оси тензора напряжений. Инварианты тензора напряжений. Главные напряжения. Дифференциальные уравнения равновесия.
3. Тензоры малых и линейных деформаций. Тензоры Лагранжа и Эйлера конечных деформаций. Главные оси и главные деформации. Главные сдвиги.
4. Тензор малых линейных деформаций Коши. Уравнения совместности деформаций. Тензор скоростей деформаций.
5. Динамические уравнения Эйлера-Коши. Законы сохранения массы и механической энергии.
6. Постановка задачи МДТТ при конечных и дифференциальных связях между напряжениями и деформациями.
7. Термодинамика упругого деформирования. Законы Коши-Гука. Связь между напряжениями и деформациями для изотропных и анизотропных сред.
8. Основные уравнения теории упругости. Пространственные задачи теории упругости. Плоская задачи теории упругости. Бигармоническое уравнение и граничные условия для функции напряжений.
9. Вариационные принципы теории упругости: принцип минимума полной потенциальной энергии, принцип минимума дополнительной энергии, принцип Рейснера. Теорема Бетти.
10. Пластическое деформирование твёрдых тел. Предел текучести. Упрочнение. Остаточные деформации. Идеальная пластичность.
11. Критерий текучести и поверхность текучести. Критерии Треска и Мизеса. Пространство главных напряжений. Геометрическая интерпретация условий текучести.
12. Условия пластичности Сен-Венана и Мизеса. Теория пластического течения. Законы пластического течения.
13. Теория малых упругопластических деформаций. Соотношения общей теории пластического течения.

14. Линейная теория вязкоупругости. Вязкоупругое поведение материалов. Простейшие модели линейно вязкоупругих сред; модель Максвелла, модель Фохта, модель Томсона.
15. Свойства ползучести и релаксации. Кривые ползучести. Неограниченная ползучесть материалов.
16. Теории старения, течения, упрочнения и наследственности. Ползучесть при сложном напряженном состоянии. Определяющие соотношения.
17. Вязкое и хрупкое разрушение. Линейная механика разрушения. Поля напряжений в окрестности вершины трещины. Коэффициент интенсивности напряжений.
18. Концентраторы напряжений. Коэффициент концентрации напряжений: растяжение упругой полуплоскости с круговым и эллиптическим отверстиями.
19. Концепция квазихрупкого разрушения Гриффитса, Ирвина, Орована. Основы нелинейной механики разрушения.
20. Устойчивость упругого сжатого стержня. Решения Эйлера, Энгессера, Кармана. Выпучивание стержней за пределом упругости при продольном изгибе.

#### **Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

1. Зубчанинов В.Г. Механика сплошных деформируемых сред. Тверь: ТГТУ, 2000. 703с.
2. Качанов Л.М. Теория пластичности. М.: Наука, 1969.
3. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести : учебное пособие для вузов. М: Машиностроение, 1975. 400 с.
4. Новацкий В. Теория упругости : пер. с польск. М: Мир, 1975. 872 с.
5. Работнов Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела : учебное пособие. М: Наука, Физматлит, 1988. 712с.
6. Тимошенко С.П. Теория упругости : пер. с англ. М: Наука, Физматлит, 1979. 560 с.
7. Черепанов Т.П. Механика хрупкого разрушения. М: Наука, Физматлит, 1974. 640 с.

#### **Научный доклад**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятий
1.	Научный доклад	Представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы, оформленной в соответствии с требованиями пунктами 15,16 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013г. № 842	Самостоятельная работа, контроль над самостоятельной работой

#### **Документы для сдачи заведующему аспирантурой:**

- Бумажный носитель на правах рукописи (подготовленная научно-квалификационная работа).
- Автореферат;
- Отзыв научного руководителя;
- Заключение квалификационного семинара Института.

### 3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина является обязательной для аспиранта. Входные требования для прохождения государственной итоговой аттестации: **выполнение аспирантом полностью учебного плана в части освоения блоков: «Дисциплины (модули)», «Практики», «Научные исследования»**

### 4. Оценочные средства

Оценочные средства включают в себя вопросы к государственному экзамену, по обоснованию выбора темы научной работы, научному содержанию работы, обзору научной литературы и выводам из него, особенностям методик получения данных и их обработки и пр., задаваемые в ходе публичной защиты на заседании государственной экзаменационной комиссии.

Индивидуальное экзаменационное задание/билет может содержать не более трёх вопросов, 1 – 2-ой вопросы оцениваются с позиции «иметь представление», «знать», «уметь»; 3-й вопрос должен быть комплексным и оцениваться в компетентностном формате.

Оценивается уровень педагогической и исследовательской компетентности аспиранта: результаты ГЭ, защита научного доклада.

При определении оценки учитывается грамотность представленных ответов, изложения научного доклада, способность ответить на поставленный вопрос по существу.

Итоги государственного аттестационного испытания оцениваются исходя из следующих критериев:

«Отлично» - аспирант демонстрирует как знание, так и понимание вопроса, а также проявляет способность применить педагогические и/или исследовательские и информационные компетенции на практике по направленности своего обучения.

«Хорошо» - аспирант демонстрирует как знание, так и понимание вопроса, но испытывает незначительные проблемы при проявлении способности применить педагогические или исследовательские и информационные компетенции на практике по направленности своего обучения.

«Удовлетворительно» - имеются фактические пробелы и не полное владение литературой. Нарушаются нормы философского языка; имеется нечеткость и двусмысленность ответов. Слабая практическая применимость педагогических, исследовательских и информационных компетенций по направленности своего обучения.

«Неудовлетворительно» - имеются грубые ошибки, а также незнание ключевых определений и литературы.

### 5. Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение дисциплины

Кроме того, основная и дополнительная литература берутся из рабочих программ дисциплин, находящихся на сайте Аспирантура Института.

### 6. Программное обеспечение и интернет-ресурсы

1. Научная электронная библиотека - <http://elibrary.ru/>
2. Общероссийский математический портал - <http://www.mathnet.ru/>
3. Elsevier - <http://www.elsevier.com/>
4. Springer - <http://link.springer.com/>
5. Scopus - <http://www.scopus.com/>
6. Web of Sciences <http://apps.webofknowledge.com/>
7. УФН - <http://ufn.ru/ru/articles/>
8. ФТИ им. Иоффе РАН - <http://www.ioffe.ru/index.php?row=12&subrow=0#>
9. APS - American Physical Society - <http://www.aps.org>
10. AMS - American Physical Society - <http://www.ams.org/home/page>
11. RSC - Royal Society of Chemistry - <http://www.rsc.org/Publishing/>
12. Wiley - <http://eu.wiley.com/>



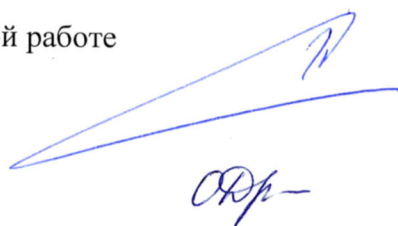
## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

- Аудиторный фонд ИГиЛ СО РАН.
- Ноутбук, мультимедиа-проектор, экран.
- Программное обеспечение для демонстрации презентаций (Windows 7, MS Office)
- Рабочее место с выходом в Интернет.
- Библиотечный фонд ИГиЛ СО РАН.
- Электронно-библиотечная система <http://library.hydro.nsc.ru/>

## 8. Программа составлена в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

1. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29 декабря 2012 года № 273-ФЗ.
2. Приказ Министерства образования и науки РФ от 19.11.2013 года № 1259 «Об утверждении порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)».
3. Приказ Минобрнауки России № 1192. от 2 сентября 2014г. (соответствие направлений подготовки ВО научным специальностям, предусмотренным номенклатурой научных специальностей);
4. «Положение о присуждении ученых степеней», утвержденное постановлением Правительства РФ от 24.09.2013г. № 842;
5. Приказ Министерства образования и науки РФ от 18.03.2016 года № 227 «Об утверждении Порядка проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам ВО – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), программам ординатуры, программам ассистентуры –стажировки»;
6. «Порядок проведения Государственной итоговой аттестации», утверждённый директором ИГиЛ СО РАН от 13.03.2017г.
7. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки кадров высшей квалификации: 01.06.01 -" Математика и механика" - приказ Минобрнауки России от 30.07.2014 г. № 866.

Заместитель директора по научной работе  
д.ф.-м.н.



Е.М.Рудой

Заведующий аспирантурой



О.В. Дрожжина