

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» *Инварь* 2024 г.



Рабочая программа

Б4. «ГОСУДАРСТВЕННАЯ ИТОГОВАЯ АТТЕСТАЦИЯ»

Направление подготовки аспирантов Института 01.06.01 - "Математика и механика",
направленность:

1.1.6 Вычислительная математика (физико-математические науки).

Квалификация выпускника
Исследователь. Преподаватель- исследователь.

Форма обучения - очная, заочная

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», направленность 1.1.6 Вычислительная математика (физико-математические науки).

Задачей ГИА является проверка уровня сформированности компетенций (универсальные, общепрофессиональные и профессиональные), 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 научно-образовательных 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-исследователь-	ВЛАДЕТЬ методологией теоретических и

скую деятельность в области профессиональной деятельности с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности.
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 объективно оценивать профессиональный уровень результатов научных исследований, в том числе с помощью международных баз данных публикационной активности	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 принятия решений по обработке информации применительно к сложным системам, как в научных исследованиях, так и в практических задачах ;	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 теоретических и прикладных задач механики жидкости, газа и плазмы;
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:

- государственного экзамена (ГЭ) ;
- представления научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации) (далее – НКР).

Государственная итоговая аттестация проводится по окончании теоретического периода обучения 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 1.1.6 «Вычислительная математика» 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. Педагогическая практика.
3. НКР.

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

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

3.1 Структура дисциплины

№ п/п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)					КСР	Сам. работа	Вид итогового контроля
		Всего	Всего аудит.	Из аудиторных					
				Лекц.	Лаб.	Прак.			
	Государственная итоговая аттестация	324	108	72		36	36	180	
1.	Подготовка и сдача государственного экзамена	216	108	72		36	36	72	экзамен
2.	Научный доклад	108	-					108	научный доклад

Программа государственного экзамена (Государственная Итоговая аттестация по направленности «Вычислительная математика»
Направление обучения в аспирантуре 01.06.01)

Программа составлена по дисциплине Б1.В.ОД.1– Вычислительная математика.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)
1	Функциональный анализ.	<i>Метрические, нормированные, гильбертовы пространства. Принцип сжатых отображений, методы последовательных приближений и их приложения. Сильная и слабая</i>

		<p>сходимость. Задача о наилучшем приближении. Ряды Фурье. <i>Линейные функционалы и операторы</i>. Теоремы о сходимости операторов и о существовании обратного оператора. Мера обусловленности линейного оператора и ее применение при замене точного уравнения (решения) приближенным. Сопряженное пространство. Спектр оператора. Сопряженные, симметричные, самосопряженные, положительно определенные, вполне непрерывные операторы и их спектральные свойства. Вариационные методы минимизации квадратичных функционалов, решения уравнений и нахождения собственных значений (методы Ритца, Бубнова-Галеркина, наименьших квадратов). <i>Пространства функций C, L_2, L_p, W_p^l</i>. Понятие о теоремах вложения.</p>
2	Уравнения математической физики.	<p><i>Основные уравнения математической физики (гиперболические, параболические, эллиптические, смешанные)</i>; постановки задач. Корректно и некорректно поставленные задачи. <i>Обобщенное решение краевых задач для эллиптических уравнений</i>. Основные свойства гармонических функций (формулы Грина, теоремы о среднем, принцип максимума). Фундаментальное решение и функция Грина для уравнения Лапласа. <i>Задачи Коши для уравнения колебаний и уравнения теплопроводности</i> (в одномерном и многомерном случаях). Фундаментальные решения. Характеристики. Обобщенные решения задач для уравнений параболического и гиперболического типов; существование, единственность и непрерывная зависимость решений от данных задачи.</p>
3	Методы решения алгебраических уравнений	Численные методы решения алгебраических уравнений. Отделение корней. Метод золотого сечения деления отрезка пополам. Итерационные методы и теорема об их сходимости.
4	Числительные методы линейной алгебры.	Прямые и итерационные методы решения систем линейных уравнений. Одношаговые итерационные методы. Метод прогонки решения линейных систем алгебраических уравнений с трехдиагональными матрицами. Устойчивость метода прогонки. Чебышевские итерационные методы. Методы спуска и метод сопряженных градиентов.
5	Методы численного анализа.	<i>Интерполяция</i> . Интерполяционный многочлен, его запись в форме Лагранжа и в форме Ньютона. Оценка точности интерполяционного многочлена. Многочлены Лежандра и Чебышева. Интерполяция сплайнами. <i>Численное интегрирование</i> . Формулы численного интегрирования прямоугольников, трапеций, парабол (Симпсона) и оценка их точности. Интегро-интерполяционные формулы общего вида. Квадратурные формулы типа Гаусса.
6	Задачи Коши и краевые задачи для обыкновенных	Численные методы решения задачи Коши и краевых задач для ОДУ. Аппроксимация, устойчивость и сходимость. Методы прогонки и стрельбы. Понятие о жестких системах

	дифференциальных уравнений (ОДУ)	обыкновенных дифференциальных уравнений и методах их решения.
7	Методы решения уравнений математической физики	<p>Методы построения разностных схем и их применение к решению краевых и начально-краевых задач для эллиптических, параболических и гиперболических уравнений. Оценка порядка аппроксимации. Способы исследования устойчивости и сходимости разностных схем. Явные и неявные методы решения сеточных уравнений, в частности, метод прогонки. Методы решения нестационарных многомерных задач, в частности, методы расщепления и переменных направлений.</p> <p>Консервативные разностные схемы для систем законов сохранения и теорема Лакса-Вендроффа об их сходимости. Понятие монотонности разностной схемы по Годунову. Критерий монотонности линейной разностной схемы. Теорема об отсутствии линейных монотонных схем повышенной точности. Современные численные схемы повышенной точности (MUSCL, TVD, WENO, CABARET), в которых «запрет Годунова» преодолевается за счет различных видов нелинейной коррекции потоков. Примеры применения этих схем.</p> <p>Понятие слабой аппроксимации слабой аппроксимации гиперболических систем законов сохранения. Критерий повышенного порядка слабой аппроксимации. Пример устойчивой разностной схемы третьего порядка слабой аппроксимации.</p>

Вопросы для экзамена по вычислительной математике

1. Теорема о неподвижной точке сжимающего оператора в полном метрическом пространстве. Пример ее применения.
2. Линейное уравнение переноса. Линейная гиперболическая система дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами. Характеристика и инварианты. Решение задачи Коши. Пример системы уравнений акустики.
3. Квазилинейные гиперболические системы законов сохранения. Классические и обобщенные решения. Условия Гюгонио. Устойчивые ударные волны.
4. Система уравнений мелкой воды. Ее гиперболичность и запись в форме инвариантов. Центрированные и ударные волны в мелкой воде.
5. Численные методы решения алгебраических уравнений. Итерационные методы и теорема об их сходимости.
6. Прямые и итерационные методы решения систем линейных уравнений. Одношаговые итерационные методы.
7. Метод прогонки решения линейных систем алгебраических уравнений с трехдиагональными матрицами. Устойчивость метода прогонки.
8. Интерполяционный многочлен, его запись в форме Лагранжа и в форме Ньютона. Оценка точности интерполяционного многочлена.
9. Сплайн интерполяция. Пример построения сплайн интерполяции третьего порядка.
10. Формулы численного интегрирования прямоугольников, трапеций, парабол (Симпсона) и оценка их точности. Интегро-интерполяционные формулы общего вида.

11. Численные методы решения задачи Коши и краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. Аппроксимация, устойчивость и сходимость.
12. Методы построения разностных схем для гиперболических уравнений и систем уравнений. Оценка порядка аппроксимации.
13. Консервативные разностные схемы для систем законов сохранения и теорема Лакса-Вендроффа об их сходимости.
14. Понятие монотонности разностной схемы по Годунову. Критерий монотонности явной двухслойной по времени линейной разностной схемы.
15. Теорема об отсутствии линейных монотонных схем повышенной точности (запрет Годунова).
16. Современные численные схемы повышенной точности (в частности, WENO схемы), в которых «запрет Годунова» преодолевается за счет различных видов нелинейной коррекции потоков. Примеры применения этих схем.
17. Спектральное условие устойчивости разностных схем и примеры его применения. Схемы Годунова, Лакса, Лакса-Вендроффа.
18. Слабая аппроксимация гиперболической системы законов сохранения. Критерий повышенного порядка слабой аппроксимации.
19. Компактная разностная схема третьего порядка слабой аппроксимации и примеры ее применения.
20. О точности разностных схем сквозного счета в областях влияния ударных волн и внутри централизованных волн разрежения.

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

- [1] Понтрягин Л.С. Обыкновенные дифференциальные уравнения. Москва - Ижевск: Изд-во "РХД", 2001.
- [2] Петровский И.Г. Лекции по теории обыкновенных дифференциальных уравнений. М.: Едиториал УРСС, 2003.
- [3] Бибииков Ю.Н. Курс обыкновенных дифференциальных уравнений. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2005.
- [4] Степанов В.В. Курс дифференциальных уравнений. М.: "Издательство ЛКИ", 2008.
- [5] Годунов С.К. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1979.
- [6] Владимиров В.С. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1988.
- [7] Михайлов В.П. Дифференциальные уравнения в частных производных. М.: Наука, 1983.
- [8] Ладыженская О.А. Краевые задачи математической физики. М.: Наука, 1973.

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 ОПВО

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. Образовательные технологии

Лекционная форма обучения предусматривает использование современных демонстрационных возможностей для облегчения понимания основных понятий теории. Для активизации познавательного процесса слушателям даются задания для самостоятельной работы. Основной акцент воспитательной работы делается на добросовестном, профессиональном выполнении всех учебных заданий.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости по итогам освоения дисциплины

Формированию и развитию навыков самостоятельной профессиональной деятельности служит система индивидуальных заданий, выполняемых аспирантами при изучении дисциплины. Задачи для домашнего задания предлагаются по пройденной теме данной дисциплины.

6. Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение дисциплины

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

7. 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. Wiley - <http://eu.wiley.com/>

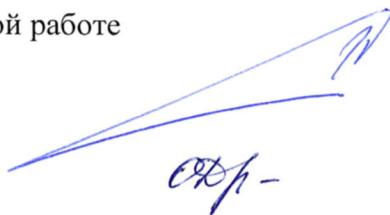
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

- 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/>

9. 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», утверждённй 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