



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ДВФУ

«СОГЛАСОВАНО»

«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель ОП

Заведующий кафедрой механики и математического
моделирования


_____ Бочарова А.А. _____
(подпись) (Ф.И.О. рук. ОП)
«24 » января 2020 г.


_____ Бочарова А.А. _____
(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.)
«24 » января 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Обратные и некорректные задачи

Направление подготовки: 15.04.03 Прикладная механика

Магистерская программа Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг

Форма подготовки (очная)

курс 1 семестр 3
лекции час.
практические занятия 18 час.
лабораторные работы 18 час.
в том числе с использованием МАО лек. /пр.4 /лаб. 4 час.
всего часов аудиторной нагрузки 36 час.
в том числе с использованием МАО 8 час.
самостоятельная работа 72 час.
в том числе на подготовку к экзамену - час.
контрольные работы (количество)
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены
зачет 3 семестр
экзамен семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно установленного федеральным государственным автономным учреждением высшего профессионального образования «Дальневосточный федеральный университет» для реализуемых основных профессиональных образовательных программ, утвержденного приказом ректора от 07.07.2015 г. № 1282.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры механики и математического моделирования протокол №5 от «24 » января 2020 г.

Заведующий кафедрой: к.ф-м.н., доцент А.А.Бочарова

Составитель: к.ф-м.н., доцент Е.В.Амосова

-

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

Цели и задачи освоения дисциплины

Учебная дисциплина «Обратные и некорректные задачи» предназначена для студентов 2 курса, обучающихся по направлению 15.04.03 «Прикладная механика», магистерская программа «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг». Дисциплина входит в вариативную часть блока «Дисциплины (модули)», является дисциплиной выбора (Б1.В.ДВ.03.02).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 часов. Учебным планом предусмотрены практические занятия (18 часов), лабораторные работы (18 часов), самостоятельная работа студента (72 часа). Дисциплина реализуется на 2 курсе в 3-м семестре. Форма контроля – зачет.

Цель: знакомство магистрантов с теорией обратных и некорректных задач математической физики.

Задачи:

- изучение понятия корректности задачи;
- изучение основных постановок обратных задач;
- изучение особенностей их решения и некоторые алгоритмы

Для успешного изучения дисциплины «Обратные и некорректные задачи» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- владения методиками использования программных средств при решении практических задач;
- основы математического анализа функций и линейной алгебры;
- основные понятия и конструкции аналитической геометрии;
- умение использовать правила логического вывода и анализа математической модели.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции (элементы компетенций):

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-3 способностью критически анализировать современные проблемы прикладной механики с учетом потребностей промышленности, современных достижений науки и мировых тенденций развития техники и технологий, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач, анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты	Знает	основную проблематику задач прикладной механики с учетом потребностей промышленности и современных тенденций развития технологий, и адекватные методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач прикладной механики
	Умеет	критически анализировать современные проблемы прикладной механики с учетом мировых тенденций развития техники и технологий, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач, анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты
	Владеет	способностью научно грамотно ставить задачи и разрабатывать программу исследования с учетом мировых тенденций развития техники и технологий, выбирать адекватные способы и методы решения, анализа и интерпретации с целью эффективного решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач прикладной механики
ПК-5 способностью самостоятельно выполнять научные исследования в области прикладной механики для различных отраслей промышленности, топливно-энергетического комплекса, транспорта и строительства, решать сложные научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультимедийного анализа (CAE-систем мирового уровня)	Знает	современные требования в области динамики и прочности, долговечности, безопасности жизнедеятельности, качества, стоимости, сроков исполнения и конкурентоспособности техники для различных отраслей промышленности
	Умеет	разрабатывать математические модели и применять программные системы мультимедийного анализа для решения сложных научно-технических задач различных отраслей промышленности
	Владеет	навыками применения наукоемких компьютерных технологий моделирования и мультимедийного анализа для решения сложных научно-технических задач прикладной механики в различных отраслях промышленности
ПК-8 способностью самостоятельно овладевать современными вычислительными методами и пакетами прикладных программ для решения задач вычислительной гидромеханики и численного моделирования процессов тепло-и массообмена, создания универсальных инженерных методов	Знает	требования контроля качества материалов, элементов и узлов машин и установок, механических систем различного назначения
	Умеет	применять вычислительные методы и пакеты прикладных программ для решения задач вычислительной гидромеханики и численного моделирования процессов тепло-и массообмена
	Владеет	навыками создания универсальных инженерных методов расчетного моделирования гидро- и газодинамических

расчетного моделирования гидро- и газодинамических задач вместе с сопряженными процессами тепло- и массопереноса в произвольных трехмерных областях различной сложности		задач вместе с сопряженными процессами тепло- и массопереноса в произвольных трехмерных областях различной сложности на основе пакетов прикладных программ
---	--	--

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Обратные и некорректные задачи» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения: «групповая консультация»

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Лекционные занятия не предусмотрены учебным планом

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Практические занятия (18 часов)

Занятие 1. Вырожденные и плохо обусловленные системы линейных уравнений (2 час.)

Псевдорешение. Нормальное решение. Метод регуляризации. Приближенное нахождение нормального решения по неточно известным правой части и матрице. Числа обусловленности.

Занятие 2. Дискретная аппроксимация регуляризирующих алгоритмов (4 час.)

Разложение квазирешения в ряд (теорема, доказательство) приближенное нахождение квазирешений (доказательство). Замена уравнения близким к нему.

Занятие 3. Выбор параметра регуляризации (2 час.)

Определение параметра регуляризации по невязке. Квазимонотонное значение параметра регуляризации.

Занятие 4. Приложения теории некорректных задач для обработки изображений (4 час.)

Итеративно регуляризованные методы последовательных приближений, Ньютона, Гаусса-Ньютона, Левенберга–Марквардта и методы градиентного типа.

Занятие 5. Приложения теории некорректных задач для решения задач геофизики (2 час.)

Расчет коэффициентов Фурье. Восстановление функции по приближенным значениям коэффициентов Фурье.

Занятие 6. Классификация обратных и некорректных задач. (2 час.)

Таблица основных примеров корректных и некорректных задач. Некорректные задачи. Примеры постановок прямых и обратных (некорректных) задач: система линейных алгебраических уравнений; суммирование рядов Фурье; дифференциальное уравнение; дифференциальное уравнение второго порядка.

Занятие 7. Интегральное уравнение Вольтерра первого рода (2 час.).

Задача Коши для уравнения Лапласа; обратная задача в частных производных первого порядка; задача Коши для уравнения теплопроводности с обратным временем; коэффициентная обратная задача теплопроводности; интерпретация показателей физических приборов.

Лабораторные работы (18 часов)

Лабораторная работа 1. Интегральная геометрия. (4 час)

Лабораторная работа 2. Спектральные обратные задачи и обратные задачи рассеивания. (2 час.)

Лабораторная работа 3. Линеаризованная многомерная обратная задача для волнового уравнения. (2час)

Лабораторная работа 4. Обратные задачи для параболических уравнений и их связи с соответствующими обратными задачами для гиперболических уравнений. (4 час.)

Лабораторная работа 5. Граничные обратные задачи о восстановлении решения на недоступной части границы (2 час.)

Лабораторная работа 6. Внутренние обратные задачи (2час)

Лабораторная работа 7. Линейные задачи для эллиптических уравнений (2 час)

Самостоятельная работа (72 часов)

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине:

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1-12 неделя семестра	Подготовка к тестированию по темам занятий 1 – 7	6 час.	УО-1
2	3-17 неделя семестра	Выполнение индивидуальных заданий по темам занятий 1 – 7	30 час.	ПР-12
3	5-18 неделя семестра	Подготовка к зачёту	36 час.	Зачёт
Итого			72 часов	

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Тестирование

Цель тестирования – определение уровня усвоения студентами знаний по вопросам механики в соответствии с учебной программой при проведении промежуточной аттестации.

Содержание тестов. В соответствии с учебной рабочей программой тесты соответствуют темам практических занятий и лабораторных работ дисциплины «Обратные и некорректные задачи»:

Индивидуальные домашние задания

При организации самостоятельной работы преподаватель должен учитывать уровень подготовки каждого студента и предвидеть трудности, которые могут возникнуть при выполнении самостоятельной работы.

Преподаватель даёт каждому студенту индивидуальные и дифференцированные задания. Некоторые из них могут осуществляться в группе. Выдача индивидуальных заданий производится в зависимости от проходимой тематики курса и определяется преподавателем. Далее приводится пример индивидуального задания.

Пример. Рассмотрим в пространстве R^n оператор $A:R^n \rightarrow R^n$, то есть $Ax=y$, причём $x,y \in R^n$, $x=\{x_1,x_2,\dots,x_n\}$, $y=\{y_1,y_2,\dots,y_n\}$, $A=\|a_{ij}\|_{n \times n}$. По определению $(Ax,y)=(x,A^*y)$, то

$$(Ax,y) = \sum_i (\sum_j a_{i,j} x_j) y_i = (x, A^* y) = \sum_i (\sum_j a^*_{i,j} y_j) x_i.$$

есть

Поменяв местами индексы, сразу получим, что $a^*_{i,j}=a_{j,i}$, то есть переход к сопряженному оператору в действительном n -мерном пространстве означает транспонирование матрицы этого оператора.

Пример. Рассмотрим СЛАУ
$$\begin{cases} x + 10y = 11, \\ 100x + 1001y = 1101. \end{cases}$$

Её решение $\{x,y\}=\{1,1\}$. Однако решение

СЛАУ
$$\begin{cases} x + 10y = 11,01, \\ 100x + 1001y = 1101 \end{cases}$$
 уже $\{x,y\}=\{11,01;0\}$, то есть погрешность решения существенно больше, погрешности определения коэффициента. Для

матрицы $A = \begin{pmatrix} 1 & 10 \\ 100 & 1001 \end{pmatrix}$ обратная матрица имеет

вид $A^{-1} = \begin{pmatrix} 1001 & -10 \\ -100 & 1 \end{pmatrix}$. Тогда число обусловленности $\text{cond}A$,

вычисленное, например, по строчной норме, оказывается равным более 10^6

Пример. Проиллюстрируем некорректность и плохую обусловленность на

примере СЛАУ
$$\begin{cases} a_{11}x + a_{12}y = b_1, \\ a_{21}x + a_{22}y = b_2. \end{cases}$$
 Этот пример предложил А.Н.Тихонов.

Рассмотрим **вырожденную** СЛАУ: $\begin{cases} x + 7y = 5, \\ x + 7y = 5. \end{cases}$ Её решение $\{x,y\}=\{5-7t,t\}$, $t \in \mathbb{R}$. То есть, эта СЛАУ некорректна в смысловом поле конкретной задачи. А.Н. Тихонов рассматривает систему, первое уравнение которой имеет вид $x+7y=5$, а второе получается из первого умножением его

на $\sqrt{2}$: $\begin{cases} x + 7y = 5, \\ \sqrt{2}x + \sqrt{98}y = \sqrt{50}. \end{cases}$ Далее вычисляется $\sqrt{2}$ с точностью до: 1) 10^{-5} ; 2) 10^{-6} ; 3) 10^{-50} ; 4) 10^{-200} . В результате

получается: $\begin{cases} x + 7y = 5, \\ 1,41421x + 9,89949y = 7,07107 \end{cases}$ и так далее. В этих случаях получаются следующие значения для x :

1) $x=2,0$; 2) $x=-1,33333$; 3) $x=9,6666$; 4) $x=-5,50$... При точности в 100, 300 и 500 десятичных знаков компьютер выдаёт следующие результаты: $x^{(100)}=0,0$...; $x^{(300)}=1,6$...; $x^{(500)}=5,0$

Если вычисления производятся с конечной точностью, то отличить вырожденные и плохо обусловленные системы невозможно. Поэтому говорят о **практической некорректности СЛАУ** и применяют одинаковые методы борьбы с ней.

Пример. Покажем, что оператор дифференцирования $Dx(t)$ не ограничен, если действует из $C[0,1]$ в $C[0,1]$.

□ Рассмотрим операторное уравнение $AX=Y$ в пространствах $C[a,b]$. Пусть оператор дифференцирования действует из $C[0,1]$ в $C[0,1]$, то есть операторное уравнение имеет вид $Dx(t)=x'(t)$. Этот оператор определен не на всем пространстве непрерывных функций, а лишь на подпространстве непрерывных функций, имеющих непрерывную производную. Вообще, характерной особенностью разрывных операторов является то, что они не определены на всём пространстве.

$$\|x\| = \max_{t \in [0,1]} |x(t)|.$$

В пространстве $C[0,1]$ норма Возьмем из $C[0,1]$
 последовательность $x_n(t)=t^n$. Она ограничена в

$C[0,1]$: $\|x_n(t)\| = \max_{t \in [0,1]} |t^n| = 1$. Рассмотрим $Dx_n(t)=x'_n(t)=nt^{n-1}$

$\|x'_n(t)\| = \max_{t \in [0,1]} |nt^{n-1}| = n$.
 1. Тогда Таким образом, оператор D переводит

ограниченное множество в неограниченное, то есть этот оператор не
 является ограниченным. Такая же ситуация с

последовательностью $\{x_n(t)\} = \frac{1}{\sqrt{n}} \sin nt$. В $C[a,b]$

норма $\|x_n(t)\| = \max \left| \frac{1}{\sqrt{n}} \sin nt \right| = \max \left| \frac{1}{\sqrt{n}} \right|$, а $\|x'_n(t)\| = \max |\sqrt{n}|$. Т

огда $\|Dx(t)\| = \sup_{\|x\| \neq 0} \frac{\|Dx_n\|}{\|x_n\|} \Big|_{n \rightarrow \infty} \rightarrow \infty$, то есть оператор

дифференцирования $Dx(t)$ не ограничен, то есть не является непрерывным.
 Это значит, что прямая задача некорректна на данной паре пространств
 $C[a,b] \rightarrow C[a,b]$. \square

Но если в пространстве исходных данных X выбрать более сильную
 норму, то ситуация изменится.

Рассмотрим пространство X как пространство $C[a,b] \subset C[a,b]$, а
 пространство Y - как пространство $C[a,b]$. Тогда
 $\|x(t)\|_{C^1[0,1]} = \max \{ \max |x(t)|, \max \{|x'(t)|\} \} = \max \{ 1, \sqrt{n} \} = \sqrt{n}$.

Теперь $\|Dx(t)\| = \sup_{\|x\| \neq 0} \frac{\|Dx_n\|}{\|x_n\|} \Big|_{n \rightarrow \infty} = 1$ и задача дифференцирования стала

корректной, но на паре пространств $C^1[a,b] \rightarrow C[a,b]$.

На паре пространств $C[a,b] \rightarrow C[a,b]$ оператор дифференцирования
 является замкнутым, если область его определения есть $C^1[a,b]$.

Действительно, пусть последовательность $\{x_n(t)\} \rightarrow x(t)$ в $D(A) \subset X$, $D(A) = C^1[a, b]$. Тогда последовательности $\{x_n(t)\} \rightarrow x(t)$ и $\{x'_n(t)\} \rightarrow y(t)$ сходятся равномерно на сегменте $[a, b]$ и работает теорема о почленном дифференцировании последовательности функций.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} x'_n(t) = (\lim_{n \rightarrow \infty} x_n(t))' = (x(t))' = y(t),$$

Отсюда то есть функция принадлежит области определения оператора $Dx(t)$ и $y = Dx$. Но это и означает замкнутость оператора D .

Пример. Найти проекцию вектора $x = \{2, -5, 3, 4\}$ на линейную оболочку $L(a_1, a_2, a_3)$, где $a_1 = \{1, 3, 3, 5\}$, $a_2 = \{1, 3, -5, -3\}$, $a_3 = \{1, -5, 3, -3\}$.

$$(a_1 a_1) = 1 + 9 + 9 + 25 = 44,$$

$$(a_2 a_2) = 1 + 9 + 25 + 9 = 44,$$

$$(a_3 a_3) = 1 + 25 + 9 + 9 = 44,$$

$$(a_1 a_2) = (a_2 a_1) = 1 + 9 - 15 - 15 = -20,$$

$$(a_1 a_3) = (a_3 a_1) = 1 - 15 + 9 - 15 = -20,$$

$$(a_2 a_3) = (a_3 a_2) = 1 - 15 - 15 + 9 = -20,$$

$$(a_1 x) = 2 - 15 + 9 + 20 = 16,$$

$$(a_2 x) = 2 - 15 - 15 - 15 = -40,$$

$$(a_3 x) = 2 + 25 + 9 - 12 = 24,$$

$$\begin{pmatrix} 44 & -20 & -20 \\ -20 & 44 & -20 \\ -20 & -20 & 44 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 16 \\ -40 \\ 24 \end{pmatrix}.$$

Решение с минимальной невязкой, принадлежащее линейной оболочке $L(a_1, a_2, a_3)$, то есть псевдорешение, имеет

$$x = (x_1, x_2, x_3)^T = \left(\frac{1}{4}, -\frac{5}{8}, \frac{3}{8} \right).$$

Следовательно,

$$x_L = \frac{1}{4} a_1 - \frac{5}{8} a_2 + \frac{3}{8} a_3 = (0, -3, 5, 2), \text{ а } h = (x - x_L) = (2, -2, -2, 2).$$

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

Результатом самостоятельной работы студентов являются:

1. Теоретический материал, вынесенный на самостоятельное изучение.

Проверяется преподавателем при помощи тестовых заданий.

2. Результаты самостоятельной работы студент выполняет в виде письменного отчета, содержащего пояснительную записку.

Изложение в пояснительной записке должно быть сжатым, ясным и сопровождаться формулами, цифровыми данными, схемами. Цифровой материал необходимо оформлять в виде таблиц.

Материал представляется в следующей последовательности:

- титульный лист;
- задание на ИДЗ;
- материал по теме индивидуального задания;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Материалы пояснительной записки должны быть изложены последовательно, лаконично, логически связаны. Пояснительная записка выполняется на компьютере на одной стороне листа формата А4. Таблицы и схемы могут быть выполнены на листах иного формата, но должны быть аккуратно сложены по формату А4. Объем отчета составляет не более 6-8 страниц.

Титульный лист не нумеруется. На следующем листе ставится номер «2». Номер проставляется арабскими цифрами в нижнем правом углу страницы.

Текст оформляется в соответствии с требованиями делопроизводства, печатается через 1,5 интервала. Сверху страницы делается отступ 20 мм, слева – 25 мм, справа – 15 мм, снизу – 20 мм. Абзацные отступы должны быть равны 5 знакам.

Текст должен быть разделен на разделы и подразделы (заголовки 1-го и 2-го уровней), в случае необходимости – пункты, подпункты (заголовки 3-го и 4-го уровней). Заголовки должны быть сформулированы кратко. Все заголовки иерархически нумеруются.

Основной текст следует набирать шрифтом Times New Roman с обычным начертанием. Заголовки 1-го и 2-го уровней следует набирать с полужирным начертанием, заголовки 3-го и 4-го уровней – обычным. Названия рисунков и таблиц рекомендуется набирать 12 шрифтом с полужирным начертанием.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов включает работы по всему изучаемому курсу, которые должны быть защищены у преподавателя, а также подготовку к устным опросам. Выполнение и защита работ обязательны для сдачи зачёта. Критерии оценки каждого вида работы приведены в фондах оценочных средств

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Практические занятия 1-2; лабораторные работы 1-2	ПК-3 ПК-5	знает	Тестирование (ПР-1)	Вопросы к зачету 1-6
			умеет	ИДЗ №1 (ПР-12)	
			владеет		
2	Практические занятия 3-4; лабораторные работы 3-4	ПК-5 ПК-8	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы к зачету 7-12
			умеет	ИДЗ №2 (ПР-12)	
			владеет		
3	Практические занятия 5-7; лабораторные работы 5-7	ПК-5 ПК-8	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы к зачету 13-20
			умеет	ИДЗ №3 (ПР-12)	
			владеет		

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Данилов, В. Л. Стационарные обратные краевые задачи геофизики и механики и их решение методами установления / В. Л. Данилов. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2013. — 296 с.
<http://www.iprbookshop.ru/28915.html>

2. Обратные и некорректные задачи : учебник / А. О. Ватульян, О. А. Беляк, Д. Ю. Сухов, О. В. Явруян. — Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2011. — 232 с. — ISBN 978-5-4358-0908-9.
<http://www.iprbookshop.ru/47033.html>

3. Короткий, А. И. Моделирование прямых и обратных граничных задач для стационарных моделей тепломассопереноса : монография / А. И. Короткий, Ю. В. Стародубцева ; под редакцией А. Б. Ложников. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 168 с. — ISBN 978-5-7996-1606-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL:
<http://www.iprbookshop.ru/69637.html>

4. Холостова, О. В. Задачи динамики твердых тел с вибрирующим подвесом : монография / О. В. Холостова. — Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2016. — 308 с. — ISBN 978-5-4344-0378-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL:
<http://www.iprbookshop.ru/69349.html>

Дополнительная литература

1. Баргуев, С. Г. Математическое моделирование колебаний систем твердых тел закрепленных на упругом стержне : монография / С. Г. Баргуев. — Саратов : Вузовское образование, 2020. — 285 с.
<http://www.iprbookshop.ru/87386.html>

2. Андрианов, И. Методы асимптотического анализа и синтеза в нелинейной динамике и механике деформируемого твердого тела / И. Андрианов, Я. Аврейцевич. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2013. — 276 с.
<http://www.iprbookshop.ru/28899.html>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. www.edulib.ru – сайт Центральной библиотеки образовательных ресурсов.
2. <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека.
3. <http://www.auditorium.ru> – сайт «Российское образование».
4. <http://www.rating.fio.ru> – сайт Федерации Интернет-образования.
5. <http://www.netlibrary.com> – Сетевая библиотека.
6. <http://www.rsl.ru> – Российская Государственная библиотека.

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используются следующие информационно-справочные системы:

Научная электронная библиотека eLIBRARY.

Электронно-библиотечная система издательства «Лань».

Электронно-библиотечная система «IPRbooks».

Электронно-библиотечная система «Znanium»

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

На изучение дисциплины отводится 36 часов аудиторных занятий и 72 часа самостоятельной работы.

На практических и лабораторных занятиях преподаватель контролирует работу студентов, отвечает на возникающие вопросы, подсказывает ход и метод решения. Если полученных в аудитории знаний окажется

недостаточно, студент может самостоятельно повторно прочесть лекцию или соответствующую литературу, просмотреть практикум с разобранными примерами. После выполнения задания, студент защищает его преподавателю в назначенное время.

Рекомендации по работе с литературой. Теоретический и практический материал курса разъяснён в материалах рабочей учебной программы дисциплины, предлагаемого преподавателем на занятиях, также в учебниках и учебных пособиях из списка основной и дополнительной литературы.

Рекомендации по подготовке к зачету. Успешная подготовка к зачету включает работу на практических занятиях в течение семестра, выполнение и защита ИДЗ. При подготовке к зачету необходимо разобрать основные темы, постановки задач и используемые методы.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Оборудование, размещенное в аудиториях для проведения практических и лабораторных занятий по дисциплине:

Моноблоки Lenovo C360G-i34164G500UDK – 20 шт;

Мультимедийный проектор, Mitsubishi EW330U, 3000 ANSI Lumen, 1280x800 – 1 шт;

Экран проекционный ScreenLine Trim White Ice, 50 см, размер рабочей области 236x147 см – 1 шт;

Акустическая система для потолочного монтажа с низким профилем, Extron SI 3CT LP (пара) – 3 шт;

Документ-камера Avervision CP355AF – 1 шт;

ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716CCBA – 1 шт;

Сетевая видеочка Multipix MP-HD718 – 1 шт.

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы

пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.

VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПАСПОРТ ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-3 способностью критически анализировать современные проблемы прикладной механики с учетом потребностей промышленности, современных достижений науки и мировых тенденций развития техники и технологий, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач, анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты	Знает	основную проблематику задач прикладной механики с учетом потребностей промышленности и современных тенденций развития технологий, и адекватные методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач прикладной механики
	Умеет	критически анализировать современные проблемы прикладной механики с учетом мировых тенденций развития техники и технологий, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач, анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты
	Владеет	способностью научно грамотно ставить задачи и разрабатывать программу исследования с учетом мировых тенденций развития техники и технологий, выбирать адекватные способы и методы решения, анализа и интерпретации с целью эффективного решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач прикладной механики
ПК-5 способностью самостоятельно выполнять научные исследования в области прикладной механики для различных отраслей промышленности, топливно-энергетического комплекса, транспорта и строительства, решать сложные научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультимедийного анализа (САЕ-систем мирового уровня)	Знает	современные требования в области динамики и прочности, долговечности, безопасности жизнедеятельности, качества, стоимости, сроков исполнения и конкурентоспособности техники для различных отраслей промышленности
	Умеет	разрабатывать математические модели и применять программные системы мультимедийного анализа для решения сложных научно-технических задач различных отраслей промышленности
	Владеет	навыками применения наукоемких компьютерных технологий моделирования и мультимедийного анализа для решения сложных научно-технических задач прикладной механики в различных отраслях промышленности

ПК-8 способностью самостоятельно овладеть современными вычислительными методами и пакетами прикладных программ для решения задач вычислительной гидромеханики и численного моделирования процессов тепло-и массообмена, создания универсальных инженерных методов расчетного моделирования гидро- и газодинамических задач вместе с сопряженными процессами тепло- и массопереноса в произвольных трехмерных областях различной сложности	Знает	требования контроля качества материалов, элементов и узлов машин и установок, механических систем различного назначения
	Умеет	применять вычислительные методы и пакеты прикладных программ для решения задач вычислительной гидромеханики и численного моделирования процессов тепло-и массообмена
	Владеет	навыками создания универсальных инженерных методов расчетного моделирования гидро- и газодинамических задач вместе с сопряженными процессами тепло- и массопереноса в произвольных трехмерных областях различной сложности на основе пакетов прикладных программ

Контроль достижений целей курса

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Практические занятия 1-2; лабораторные работы 1-2	ПК-3 ПК-5	знает	Тестирование (ПР-1)	Вопросы к зачету 1-6
			умеет	ИДЗ №1 (ПР-12)	
			владеет		
2	Практические занятия 3-4; лабораторные работы 3-4	ПК-5 ПК-8	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы к зачету 7-12
			умеет	ИДЗ №2 (ПР-12)	
			владеет		
3	Практические занятия 5-7; лабораторные работы 5-7	ПК-5 ПК-8	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы к зачету 13-20
			умеет	ИДЗ №3 (ПР-12)	
			владеет		

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ПК-3 способностью критически анализировать современные проблемы прикладной	Знает	основную проблематику задач прикладной механики с учетом потребностей промышленности и современных тенденций развития технологий, и	Способность постановки обратных задач математической физики, понятие некорректно поставленной задачи	Знание типов постановок обратных задач в математической физике

механики с учетом потребностей промышленности, современных достижений науки и мировых тенденций развития техники и технологий, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач, анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты		адекватные методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач прикладной механики		
	Умеет	критически анализировать современные проблемы прикладной механики с учетом мировых тенденций развития техники и технологий, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач, анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты	Умение классифицировать постановки обратных задач и применять теоремы, к ним относящиеся	Умение ставить различные типы обратных задач в математической физике
ПК-5 способностью самостоятельно выполнять научные исследования в области прикладной механики для различных отраслей промышленности, топливно-энергетического комплекса, транспорта и строительства, решать сложные	Владеет	способностью научно грамотно ставить задачи и разрабатывать программу исследования с учетом мировых тенденций развития техники и технологий, выбирать адекватные способы и методы решения, анализа и интерпретации с целью эффективного решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач прикладной механики	Способность формировать утверждения об обратных задачах, применять основные методы регуляризации	Владение подходами к решению некорректно поставленных задач
	Знает	современные требования в области динамики и прочности, долговечности, безопасности жизнедеятельности, качества, стоимости, сроков исполнения и конкурентоспособности техники для различных отраслей промышленности	Знание типов обратных задач, приемов формирования утверждений об этих задачах, методов регуляризации задач	Знание особенностей решения обратных задач, проекционные и итерационные методы их решения
Умеет	разрабатывать математические модели и применять программные системы мультидисциплинарного анализа для решения сложных научно-	Способность применять проекционные и итерационные методы решения обратных задач	Способность разрабатывать новые методы решения обратных задач	

научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультидисциплинарного анализа (CAE-систем мирового уровня)	Владеет	технических задач различных отраслей промышленности		
		навыками применения наукоемких компьютерных технологий моделирования и мультидисциплинарного анализа для решения сложных научных задач прикладной механики в различных отраслях промышленности	Способность оперировать математическими результатами об обратных задачах и границами их применения	Владение приемами регуляризации некорректно поставленных задач
ПК-8 способностью самостоятельно овладеть современными вычислительными методами и пакетами прикладных программ для решения задач вычислительной гидромеханики и численного моделирования процессов тепло-и массообмена, создания универсальных инженерных методов расчетного моделирования гидро- и газодинамических задач вместе с сопряженными процессами тепло- и массопереноса в произвольных трехмерных областях различной сложности	Знает	требования контроля качества материалов, элементов и узлов машин и установок, механических систем различного назначения	Иметь представление о возможностях проекционных и итерационных методов решения обратных задач	Знание постановки обратных и некорректно поставленных задач и их особенности
	Умеет	применять вычислительные методы и пакеты прикладных программ для решения задач вычислительной гидромеханики и численного моделирования процессов тепло-и массообмена	Способность строить регуляризации некорректно поставленных обратных задач	Способность строить математические модели задач, приводящих к обратным задачам
	Владеет	навыками создания универсальных инженерных методов расчетного моделирования гидро- и газодинамических задач вместе с сопряженными процессами тепло- и массопереноса в произвольных трехмерных областях различной сложности	Владение приемами построения методов решения обратных задач различных типов	Владение приемами исследование и решения прикладных задач в предметной области

**Методические материалы, определяющие процедуры оценивания
результатов освоения дисциплины**

Оценочные средства для текущей аттестации

Пример тестового задания по дисциплине:

1) Какие из перечисленных краевых условий не подходят при решении задачи для уравнения колебаний

$$u_{tt} = a^2 u_{xx}, \text{ где } 0 \leq x < l$$

а) $u(0,t) = 0;$ $u(l,t) = 0;$ $u(x,0) = 0;$ $u(x,0) = x \cdot (x-l)$ $u(x,l) = 0;$	б) $u(0,t) = 0;$ $u(l,t) = 0;$ $u(x,0) = x \cdot (x-l)$ $u_t(x,0) = 0;$	в) $\frac{du}{dx}(x=0) = 0$ $\frac{du}{dx}(l,t) = 0;$ $\frac{du}{dx}(x=l) = u_0$ $u(x,0) = 0$ $u_t(x,0) = 0$	г) $\frac{du}{dx}(x=0) = u_0$ $\frac{du}{dx}(x=l) = 0$ $u(x,0) = 0$ $u(x,0) = 0$
--	---	---	--

2) Для уравнения какого типа применяется задача Коши:

- а) гиперболический и эллиптический;
- б) параболический и эллиптический ;
- в) гиперболический и параболический;**
- г) правильного ответа нет;

3) Сила натяжения струны постоянна и равна T_0 , её концы закреплены неподвижно. В момент времени $t = 0$ точкам струны сообщаются начальные отклонения $u(x,0) = \varphi_0$ и начальные скорости $\frac{\partial u}{\partial t}(t=0) = \varphi_1$. Поставьте краевую задачу для определения отклонений струны при $t > 0$:

а) $u_{tt} = a^2 u_{xx},$ где $-l \leq x < l,$ $0 \leq t < \infty$ $u(0,t) = 0;$ $u(l,t) = 0;$ $u(x,0) = \varphi_0,$ $\frac{\partial u}{\partial t}(t=0) = \varphi_1$	б) $u_{tt} = a^2 u_{xx},$ где $-l \leq x < 0,$ $0 \leq t < \infty$ $u(0,t) = 0;$ $u(l,t) = 0;$ $u(x,0) = \varphi_0,$ $\frac{\partial u}{\partial t}(t=0) = \varphi_1$	в) $u_{tt} = a^2 u_{xx},$ где $0 \leq x < l,$ $0 \leq t < \infty$ $u(0,t) = 0;$ $u(l,t) = 0;$ $u(x,0) = \varphi_0,$ $\frac{\partial u}{\partial t}(t=0) = \varphi_1$	г) Правильного ответа нет
--	--	---	----------------------------------

4) Неограниченный стержень постоянного сечения с теплоизолированной боковой поверхностью в момент времени $t = 0$ имеет температуру

$u(x,0) = \varphi_0(x)$. Поставьте краевую задачу об определении температуры в этом стержне при $t > 0$:

<p>а) $u_{tt} = a^2 u_{xx}$, где $0 \leq x < l$, $0 \leq t < \infty$ $u(x,0) = \varphi_0(x)$;</p>	<p>б) $u_{tt} = a^2 u_{xx}$, где $0 \leq x < \infty, 0 \leq t < \infty$ $u(x,0) = \varphi_0(x)$;</p>	<p>в) $u_{tt} = a^2 u_{xx}$, где $-\infty \leq x < 0, 0 \leq t < \infty$ $u(x,0) = \varphi_0(x)$;</p>	<p>г) правильного ответа нет</p>
---	---	--	---

5*) . Объём V , ограниченный поверхностью S , состоит из двух частей V_1 и V_2 , которые разделены поверхностью S_1 . В каждой из указанных частей, коэффициенты теплопроводности материала постоянны и равны соответственно k_1 и k_2 . Поставьте краевую задачу о стационарном распределении температуры в объёме V , если задана температура на поверхности S .

<p>а) $\Delta u_1 = 0$ в V_1 $\Delta u_2 = 0$ в V_2 $u _S = u_0$;</p>	<p>$u_1 = u_2$ в S_1 $k_1 \frac{\partial u}{\partial n} = k_2 \frac{\partial u}{\partial n}$ в S_1;</p>	<p>) $\Delta u_1 = 0$ в V_1 $\Delta u_2 = 0$ в V_2 $u _S = u_0$ $u_1 = u_2$ в S_1 $k_1 \frac{\partial u}{\partial n} = k_2 \frac{\partial u}{\partial n}$ в S_1;</p>	<p>г) Правильного ответа нет.</p>
---	---	---	-----------------------------------

6) Выберите из предложенных вариантов значения для коэффициентов x, y , чтобы уравнение $xu_{xx} + bu_{xy} + yu_{yy} = 0$ было уравнением параболического типа

<p>а) $x > 3$ $y > 3$;</p>	<p>) $x < 3$ $y > 3$;</p>	<p>в) $x > 3$ $y < 3$;</p>	<p>г) $x = 3$ $y = 3$;</p>
--	---	--	---

7) Выберите из данных каким должен быть коэффициент x , чтобы уравнение $u_{xx} - xu_{yy} = 0$ было уравнением гиперболического типа

<p>а) $x \leq 0$;</p>	<p>б) $x < 0$</p>	<p>в) $x > 0$</p>	<p>г) $x \geq 0$</p>
----------------------------------	---------------------------------	--	---------------------------------

8) Выберите из данных каким должен быть коэффициент x , чтобы уравнение $u_{xx} + xu_{yy} = 0$ было уравнением эллиптического типа

<p>а) $x \geq 0, y > 0$ $x < 0, y \leq 0$;</p>	<p>б) $x > 0, y > 0$ $x < 0, y < 0$;</p>	<p>в) $x > 0, y < 0$ $x < 0, y > 0$;</p>	<p>г) Правильного ответа нет</p>
--	---	--	----------------------------------

9) Приведите к каноническому виду уравнение

$$u_{xx} + 2u_{xy} - 3u_{yy} + 2u_x + 6u_y = 0$$

а) $u_{\xi\eta} + u_\xi = 0$ $\xi = 3x - y$ $\eta = x + y;$	б) $u_{\xi\eta} + u_\eta = 0$ $\xi = 3x - y$ $\eta = x + y;$	в) $u_{\xi\eta} + \frac{1}{2}u_\xi = 0$ $\xi = 3x - y$ $\eta = x + y$	г) $u_{\xi\eta} + \frac{1}{2}u_\eta = 0$ $\xi = 3x - y$ $\eta = x + y$
---	--	---	--

10) Приведите к каноническому виду уравнение

$$u_{xx} - 2u_{xy} + u_{yy} + \alpha u_x + \beta u_y + cu = 0$$

а) $u_{\eta\eta} + (\alpha + \beta)u_\xi + \beta u_\eta + cu = 0$ $\xi = x + y$ $\eta = y;$	б) $u_{\xi\eta} + (\alpha + \beta)u_\xi + \beta u_\eta + cu = 0$ $\xi = x - y$ $\eta = y;$
в) $u_\eta + (\alpha + \beta)u_\xi + \beta u_{\eta\eta} + cu = 0$ $\xi = x + y$ $\eta = y;$	г) Правильного ответа нет

11) Приведите к каноническому виду уравнение $y^2 u_{xx} + x^2 u_{yy} = 0$

а) $u_{\xi\xi} + u_{\eta\eta} + \frac{1}{2\xi}u_\xi + \frac{1}{2\eta}u_\eta = 0$ $\xi = y^2$ $\eta = x^2;$	б) $u_{\xi\xi} - u_{\eta\eta} + \frac{1}{2\xi}u_\xi + \frac{1}{2\eta}u_\eta = 0$ $\xi = y^2$ $\eta = x^2;$
в) $u_{\xi\xi} + u_{\eta\eta} + \frac{1}{2\xi}u_\xi + \frac{1}{2\eta}u_\eta = 0$ $\xi = y$ $\eta = x^2;$	г) $u_{\xi\xi} + u_{\eta\eta} + \frac{1}{2\xi}u_\xi + \frac{1}{2\eta}u_\eta = 0$ $\xi = y^2$ $\eta = x$

12) Найти функцию $u(x, y)$ для уравнения $3u_{xx} + 4u_{xy} + u_{yy} = 0$

а) $u(x, y) = F(x - 3y) + g(x - y);$	б) $u(x, y) = F(x - \frac{y}{3}) + g(3x - 3y);$
--------------------------------------	---

$$\text{в) } u(x, y) = F(x + 3y) + g(x + y)$$

$$\text{г) } u(x, y) = F(x) + g\left(\frac{y}{3}\right)$$

Критерии оценки теста

- ✓ 6-12 баллов – считается, что тест пройден.
- ✓ 0-5 баллов – тест не засчитывается

Критерии оценки ИДЗ:

✓ 10-8 баллов выставляется студенту, если он выполнил все задания в ИДЗ, в том числе и самостоятельные. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; все изучаемые методы решения задач используются верно. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

✓ 7-6 баллов – работа выполнена полностью; студент выполнил все предложенные в ИДЗ задания, не реализовано одно самостоятельное; все изучаемые методы решения задач используются верно. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

✓ 5-4 балла – работа выполнена полностью. Два самостоятельных задания не выполнено; часть методов решения задач не используется. При защите студент не отвечает на 1-2 вопроса преподавателя.

✓ 1-3 балла – работа выполнена не полностью. Самостоятельные задания не выполнены или студент демонстрирует слабое владение методами их решения. При защите студент не отвечает более, чем на 2 вопроса преподавателя.

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Вопросы к зачету

1. Причины некорректности обратных задач.
2. Прямые и обратные задачи математической физики.

3. Постановка начально-краевой задачи для гиперболического уравнения.
4. Физические постановки, приводящие к обратным задачам в науках о Земле.
5. Постановка задачи сейсмического зондирования Земли для слоистой среды.
6. Одномерное приближение системы Ламе и постановки задач для этого уравнения.
7. Система Максвелла и ее следствия
8. Постановка прямой задачи для уравнения с кусочно-непрерывными коэффициентами.
9. Переход к частной области в уравнении Гельмгольца.
10. Уравнение Лапласа.
11. Уравнение Пуассона.
12. Обратные задачи сейсмического зондирования
13. Полуаналитический метод решения задачи для слоистых сред
14. Алгоритм решения обратной задачи для уравнения Гельмгольца в рамках гипотезы Гупилла
15. Постановка задачи электромагнитного каротажа скважины.
16. Одномерные и двумерные модели электромагнитного скважинного каротажа.
17. Интерпретация данных геофизических измерений.
18. Совместное обращение данных, полученных разными методами.
19. Постановка задачи электромагнитного зондирования с поверхности земли.
20. Модели систем с распределенными параметрами.

Критерии оценки зачета

Баллы (рейтингово й оценки)	Оценка экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
60-100	«зачет»	«Зачет» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил учебный материал по дисциплине, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач в области профессиональной деятельности.
0-59	«не зачет»	«Не зачет» выставляется студенту, который не знает значительной части учебного материала по дисциплине, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. «Не зачет» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине