

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе БГУ

А.Л.Голстик
(подпись) (И.О.Фамилия)
08.06.2017
(дата утверждения)

Регистрационный № УД- 4988 /уч.

ПРОЦЕССЫ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине для специальности:

1-31 03 02 Механика и математическое моделирование

2017 г.

Учебная программа составлена на основе образовательных стандарта ОСВО 1-31 03 02-2013 и учебного плана № G31-136/уч. от 30.05.2013 г. По специальности 1-31 03 02 Механика и математическое моделирование

СОСТАВИТЕЛЬ:

Г.П.Бровка, профессор кафедры теоретической и прикладной механики Белорусского государственного университета, доктор технических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой теоретической и прикладной механики БГУ
(протокол № 9 от 28 апреля 2017 г.);
Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 5 от 27 июня 2017 г.)



Пояснительная записка

Дисциплина специализации посвящена математическим моделям процессов переноса в горных породах. Рассматриваются конкретные приложения и примеры решения задач теплопереноса.

В качестве базовых рассматриваются технологии вычислительного эксперимента с иллюстрациями на примерах предобработки данных, их интерпретации, оснастки математических моделей, корректной постановки крайних задач для описания изучаемых процессов, основные подходы аппроксимации уравнений и граничных условий.

Теоретический материал, изучаемый на лекциях, закрепляется практикой при выполнении индивидуальных работ и групповых заданий-проектов. Лабораторные работы ориентированы на освоение численных и аналитических методов решения и визуализации взаимосвязанных процессов переноса тепла, влаги и водорастворимых соединений в горных породах.

Основная цель – ввести студентов в проблематику компьютерного моделирования процессов переноса тепла в горных породах.

Задачи дисциплины:

- ознакомление студентов с основами теплопереноса в горных породах;
- обучение студентов корректной постановке задач теплопереноса;
- формирование навыков аналитического и численного решений типичных задач теплопереноса.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- проблематику компьютерного моделирования процессов переноса тепла в горных породах;
- постановку и методы решения задач по переносу тепла в горных породах;

уметь:

- рассчитывать и визуализировать с помощью компьютерных средств процессы теплопереноса в горных породах с учетом их теплофизических характеристик, начальных и граничных условий.

— владеть:

- аналитическими и численными методами решения типичных задач теплопереноса.

Учебная дисциплина строится таким образом, чтобы обучающийся приобретал следующие компетенции специалиста:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

- АК-4. Уметь работать самостоятельно.
- АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).
- АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.
- ПК-18. Владеть современными средствами телекоммуникаций.

На изучение учебной дисциплины «Процессы теплопроводности в горных породах» по специальности 1-31 03 02 «Механика и математическое моделирование» отводится в шестом семестре всего: 80 часов, из них аудиторных – 46 часов, по видам занятий: лекций – 20 часов, лабораторных – 22 часов, УСР – 4 часа. Форма текущей аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Физические основы теплопроводности в горных породах

Способы переноса вещества и теплоты. Температурное поле. Тепловой поток. Законы Фика и Фурье. Вывод уравнений переноса. Уравнение теплопроводности в различных координатах.

Тема 2. Постановка задач диффузии и теплопроводности

Формулировка задач теплопроводности. Краевые условия. Начальные условия. Виды граничных условий. Критерии и числа подобия.

Тема 3. Постановка и анализ типичных задач теплопроводности с граничными условиями первого рода

Полуограниченная среда. Неограниченная пластина. Неограниченный цилиндр. Шар. Расчет и визуализация теплопроводности с граничными условиями первого рода.

Тема 4. Постановка и анализ типичных задач теплопроводности с граничными условиями второго рода

Полуограниченная среда. Неограниченная пластина. Неограниченный цилиндр. Шар. Расчет и визуализация задач теплопроводности с граничными условиями второго рода.

Тема 5. Постановка и анализ типичных задач теплопроводности с граничными условиями третьего рода

Полуограниченная среда. Неограниченная пластина. Неограниченный цилиндр. Шар. Расчет и визуализация задач теплопроводности с граничными условиями третьего рода.

Тема 6. Постановка и численный анализ типичных задач диффузии и теплопроводности с граничными условиями четвертого рода

Контакт двух полуограниченных сред. Контакт полуограниченной среды и неограниченной пластины.

Тема 7. Постановка и анализ типичных задач теплопроводности с фазовыми переходами. Задача Стефана

Решение классической задачи Стефана. Приближенные формулы для расчета параметров промерзания-оттаивания. Решения задач с фазовыми переходами для цилиндра, шара. Расчет и визуализация задачи Стефана.

Тема 8 . Стационарное температурное поле

Теплопроводность многослойных плоских, цилиндрических и шаровых стенок. Расчет и визуализация теплопроводности многослойных стенок.

Тема 9. Численные методы решения задач теплопроводности

Построение разностных схем. Явные и неявные разностные схемы. Консервативные разностные схемы. Расчет и визуализация температурных полей сеточными методами.

Тема 10. .Решение нелинейной задачи теплопроводности. Расчет температурных полей в грунте с фазовыми переходами вода-лед в спектре температуры

Постановка задачи. Теплофизические характеристики. Расчетная схема. Алгоритм интегрирования нелинейного уравнения теплопроводности.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Название раздела	Количество аудиторных часов			Кол-во часов УСР	Формы контроля знаний
	Общее количество	Лекции	Лабораторные занятия		
Тема 1. Физические основы теплопроводности в горных породах	2	2	-		
Тема 2. Постановка задач теплопроводности	2	2	-		
Тема 3. Постановка и анализ типичных задач теплопроводности с граничными условиями первого рода	6	2	4		Отчет по лабораторной работе
Тема 4. Постановка и анализ типичных задач теплопроводности с граничными условиями второго рода	7	2	4	1	Отчет по лабораторной работе Устн опрос
Тема 5. Постановка и анализ типичных задач теплопроводности с граничными условиями третьего рода	7	2	4	1	Отчет по лабораторной работе Устн опрос
Тема 6. Постановка и анализ типичных задач теплопроводности с граничными условиями четвертого рода	6	2	4		Отчет по лабораторной работе
Тема 7. Постановка и анализ типичных задач теплопроводности с фазовыми переходами. Задача Стефана	7	2	4	1	Отчет по лабораторной работе Отчет по ДЗ
Тема 8. Стационарное температурное поле	5	2	2	1	Устн опрос
Тема 9. Численные методы решения задач теплопроводности	2	2	-		

Тема 10. Решение нелинейной задачи теплопроводности. Расчет температурных полей в грунте с фазовыми переходами вода-лед в спектре температуры	2	2	-		
Итого	46	20	22	4	

Литература

Основная

1. Лыков А.В. Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1967– 599 с.
2. Лыков А.В. Теория сушки. М.: Энергия, 1968– 471 с.
3. Бровка Г.П. Тепло- и массоперенос в природных дисперсных системах при промерзании. Минск: Навука і тэхніка, 1991 – 191 с.
4. Беляев Н.М., Рядно А.А. Методы теории теплопроводности: В 2 т.- М.: Высшая школа, 1982.-Т.1-327 с.: Т.2- 304 с.
5. Павлов А. В. Энергообмен в ландшафтной сфере Земли. Новосибирск, 1984.

Дополнительная

6. Бровка Г.П., Сычевский В.А. Расчет температурных полей и теплопроводности в структурированных системах // Инженерно-физич. журн. - 1999.- Т.72- №4.- С. 607-613.
7. Бровка Г.П., Дедюля И.В., Сычевский В.А. Моделирование теплового и влажностного режимов верхнего слоя торфяных почв. // Инженерно-физич. журн.- 2000.- Т.73.- №5.- С. 999-1005.
8. Бровка Г. П., Иванов С. Н. Расчет температурных полей в грунте с фазовыми переходами вода-лед в спектре температуры //Инженерно-физич. Журн.- 2004. № 6. С. 112 – 119.
9. Бровка Г.П. Взаимосвязанные процессы тепло-и массопереноса в природных дисперсных средах. Минск -2011, «Беларуская навука» - 363 с.

Перечень заданий УСР

№ 1 Задача 1

Граничные условия 1-го рода. Полуограниченная среда.

$$T(x,0)=20\text{ }^{\circ}\text{C}; T(0,\tau)=0\text{ }^{\circ}\text{C}; a=10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}.$$

Найти распределение температуры при $\tau=4\cdot 10^6$ с в точках $x=0, 4\text{ м}; 0,8\text{ м}; 1,2\text{ м}; 1,6\text{ м}; 2,0\text{ м}; 2,8\text{ м}; 3,6\text{ м}; 4,4\text{ м}; 5,2\text{ м}; 6,0\text{ м}.$

Задача 26

Граничные условия 3-го рода. Шар.

$$T(x,0)=100\text{ }^{\circ}\text{C}; T_c=0\text{ }^{\circ}\text{C}; R=2\text{ м}; \alpha=20; a=10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}; \lambda=1,0\text{ Вт/м}\cdot\text{К}.$$

Найти распределение температуры при $\tau=0,5\cdot 10^6$ с в точках $x=0, 0\text{ м}; 0,1\text{ м}; 0,2\text{ м}; 0,3\text{ м}; 0,4\text{ м}; 0,5\text{ м}; 0,6\text{ м}; 0,7\text{ м}; 0,8\text{ м}; 0,9\text{ м}.$

№ 2 Задача 2

Граничные условия 1-го рода. Неограниченная пластина.

$$T(x,0)=20\text{ }^{\circ}\text{C}; T(0,\tau)=0\text{ }^{\circ}\text{C}; R=2\text{ м}; a=10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}.$$

Найти распределение температуры при $\tau=1\cdot 10^6$ с в точках $x=0, 0\text{ м}; 0,2\text{ м}; 0,4\text{ м}; 0,8\text{ м}; 1,0\text{ м}; 1,2\text{ м}; 1,4\text{ м}; 1,6\text{ м}; 1,8\text{ м}.$

Задача 25

Граничные условия 3-го рода. Шар.

$$T(x,0)=100\text{ }^{\circ}\text{C}; T_c=0\text{ }^{\circ}\text{C}; R=1\text{ м}; \alpha=20; a=10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}; \lambda=1,0\text{ Вт/м}\cdot\text{К}.$$

Найти распределение температуры при $\tau=0,5\cdot 10^6\text{ с}$ в точках $x=0, 0\text{ м}; 0,1\text{ м}; 0,2\text{ м}; 0,3\text{ м}; 0,4\text{ м}; 0,5\text{ м}; 0,6\text{ м}; 0,7\text{ м}; 0,8\text{ м}; 0,9\text{ м}$.

№ 3 Задача 3

Граничные условия 1-го рода. Неограниченная пластина.

$$T(x,0)=100\text{ }^{\circ}\text{C}; T(0,\tau)=0\text{ }^{\circ}\text{C}; R=1\text{ м}; a=10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}.$$

Найти распределение температуры при $\tau=0,5\cdot 10^6\text{ с}$ в точках $x=0, 0\text{ м}; 0,1\text{ м}; 0,2\text{ м}; 0,3\text{ м}; 0,4\text{ м}; 0,5\text{ м}; 0,6\text{ м}; 0,7\text{ м}; 0,8\text{ м}; 0,9\text{ м}$.

Задача 24

Граничные условия 3-го рода. Шар.

$$T(x,0)=100\text{ }^{\circ}\text{C}; T_c=0\text{ }^{\circ}\text{C}; R=1\text{ м}; \alpha=5; a=10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}; \lambda=1,0\text{ Вт/м}\cdot\text{К}.$$

Найти распределение температуры при $\tau=0,5\cdot 10^6\text{ с}$ в точках $x=0, 0\text{ м}; 0,1\text{ м}; 0,2\text{ м}; 0,3\text{ м}; 0,4\text{ м}; 0,5\text{ м}; 0,6\text{ м}; 0,7\text{ м}; 0,8\text{ м}; 0,9\text{ м}$.

№ 4 Задача 4

Граничные условия 1-го рода. Шар.

$$T(x,0)=20\text{ }^{\circ}\text{C}; T(0,\tau)=0\text{ }^{\circ}\text{C}; R=2\text{ м}; a=10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}.$$

Найти распределение температуры при $\tau=1\cdot 10^6\text{ с}$ в точках $x=0, 0\text{ м}; 0,2\text{ м}; 0,4\text{ м}; 0,6\text{ м}; 0,8\text{ м}; 1,0\text{ м}; 1,2\text{ м}; 1,4\text{ м}; 1,6\text{ м}; 1,8\text{ м}$.

Задача 21

Граничные условия 3-го рода. Неограниченный цилиндр.

$$T(x,0)=100\text{ }^{\circ}\text{C}; T_c=0\text{ }^{\circ}\text{C}; R=1\text{ м}; \alpha=5; a=10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}; \lambda=1,0\text{ Вт/м}\cdot\text{К}.$$

Найти распределение температуры при $\tau=0,5\cdot 10^6\text{ с}$ в точках $x=0, 0\text{ м}; 0,1\text{ м}; 0,2\text{ м}; 0,3\text{ м}; 0,4\text{ м}; 0,5\text{ м}; 0,6\text{ м}; 0,7\text{ м}; 0,8\text{ м}; 0,9\text{ м}$.

№ 5 Задача 5

Граничные условия 1-го рода. Шар.

$$T(x,0)=100\text{ }^{\circ}\text{C}; T(0,\tau)=0\text{ }^{\circ}\text{C}; R=1\text{ м}; a=10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}.$$

Найти распределение температуры при $\tau=0,5\cdot 10^6\text{ с}$ в точках $x=0, 0\text{ м}; 0,1\text{ м}; 0,2\text{ м}; 0,3\text{ м}; 0,4\text{ м}; 0,5\text{ м}; 0,6\text{ м}; 0,7\text{ м}; 0,8\text{ м}; 0,9\text{ м}$.

Задача 22

Граничные условия 3-го рода. Неограниченный цилиндр.

$$T(x,0)=100\text{ }^{\circ}\text{C}; T_c=0\text{ }^{\circ}\text{C}; R=1\text{ м}; \alpha=20; a=10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}; \lambda=1,0\text{ Вт/м}\cdot\text{К}.$$

Найти распределение температуры при $\tau=0,5\cdot 10^6\text{ с}$ в точках $x=0, 0\text{ м}; 0,1\text{ м}; 0,2\text{ м}; 0,3\text{ м}; 0,4\text{ м}; 0,5\text{ м}; 0,6\text{ м}; 0,7\text{ м}; 0,8\text{ м}; 0,9\text{ м}$.

№ 6 Задача 6

Граничные условия 1-го рода. Неограниченный цилиндр.

$$T(x,0)=20\text{ }^{\circ}\text{C}; T(0,\tau)=0\text{ }^{\circ}\text{C}; R=2\text{ м}; a=10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}.$$

Найти распределение температуры при $\tau=1\cdot 10^6\text{ с}$ в точках $x=0, 0\text{ м}; 0,2\text{ м}; 0,4\text{ м}; 0,6\text{ м}; 0,8\text{ м}; 1,0\text{ м}; 1,2\text{ м}; 1,4\text{ м}; 1,6\text{ м}; 1,8\text{ м}$.

Задача 23

Граничные условия 3-го рода. Шар.

$$T(x,0)=100\text{ }^{\circ}\text{C}; T_c=0\text{ }^{\circ}\text{C}; R=2\text{ м}; \alpha=0,5; a=10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}; \lambda=1,0\text{ Вт/м}\cdot\text{К}.$$

Найти распределение температуры при $\tau=1\cdot 10^6\text{ с}$ в точках $x=0, 0\text{ м}; 0,2\text{ м}; 0,4\text{ м}; 0,8\text{ м}; 1,0\text{ м}; 1,2\text{ м}; 1,4\text{ м}; 1,6\text{ м}; 1,8\text{ м}.$

№ 7 Задача 7

Граничные условия 1-го рода. Неограниченный цилиндр.

$$T(x,0)=100\text{ }^{\circ}\text{C}; T(0,\tau)=0\text{ }^{\circ}\text{C}; R=1\text{ м}; a=10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}.$$

Найти распределение температуры при $\tau=0,5\cdot 10^6\text{ с}$ в точках $x=0, 0\text{ м}; 0,1\text{ м}; 0,2\text{ м}; 0,3\text{ м}; 0,4\text{ м}; 0,5\text{ м}; 0,6\text{ м}; 0,7\text{ м}; 0,8\text{ м}; 0,9\text{ м}.$

Задача 17

Граничные условия 3-го рода. Неограниченная пластина.

$$T(x,0)=100\text{ }^{\circ}\text{C}; T_c=0\text{ }^{\circ}\text{C}; R=2\text{ м}; \alpha=0,5; a=10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}; \lambda=1,0\text{ Вт/м}\cdot\text{К}.$$

Найти распределение температуры при $\tau=1\cdot 10^6\text{ с}$ в точках $x=0, 0\text{ м}; 0,2\text{ м}; 0,4\text{ м}; 0,8\text{ м}; 1,0\text{ м}; 1,2\text{ м}; 1,4\text{ м}; 1,6\text{ м}; 1,8\text{ м}.$

№ 8 Задача 8

Граничные условия 2-го рода. Полуограниченная среда.

$$T(x,0)=0\text{ }^{\circ}\text{C}; q(0,\tau)=10\text{ Вт/м}^2; a=10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}; \lambda=1,0\text{ Вт/м}\cdot\text{К}$$

Найти распределение температуры при $\tau=4\cdot 10^6\text{ с}$ в точках $x=0, 4\text{ м}; 0,8\text{ м}; 1,2\text{ м}; 1,6\text{ м}; 2,0\text{ м}; 2,8\text{ м}; 3,6\text{ м}; 4,4\text{ м}; 5,2\text{ м}; 6,0\text{ м}.$

Задача 19

Граничные условия 3-го рода. Неограниченная пластина.

$$T(x,0)=100\text{ }^{\circ}\text{C}; T_c=0\text{ }^{\circ}\text{C}; R=1\text{ м}; \alpha=20; a=10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}; \lambda=1,0\text{ Вт/м}\cdot\text{К}.$$

Найти распределение температуры при $\tau=0,5\cdot 10^6\text{ с}$ в точках $x=0, 0\text{ м}; 0,1\text{ м}; 0,2\text{ м}; 0,3\text{ м}; 0,4\text{ м}; 0,5\text{ м}; 0,6\text{ м}; 0,7\text{ м}; 0,8\text{ м}; 0,9\text{ м}.$

№ 9 Задача 9

Граничные условия 2-го рода. Полуограниченная среда.

$$T(x,0)=20\text{ }^{\circ}\text{C}; q(0,\tau)=10\text{ Вт/м}^2; a=10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}; \lambda=0,5\text{ Вт/м}\cdot\text{К}$$

Найти распределение температуры при $\tau=4\cdot 10^6\text{ с}$ в точках $x=0, 4\text{ м}; 0,8\text{ м}; 1,2\text{ м}; 1,6\text{ м}; 2,0\text{ м}; 2,8\text{ м}; 3,6\text{ м}; 4,4\text{ м}; 5,2\text{ м}; 6,0\text{ м}.$

Задача 18

Граничные условия 3-го рода. Неограниченная пластина.

$$T(x,0)=100\text{ }^{\circ}\text{C}; T_c=0\text{ }^{\circ}\text{C}; R=1\text{ м}; \alpha=5; a=10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}; \lambda=1,0\text{ Вт/м}\cdot\text{К}.$$

Найти распределение температуры при $\tau=0,5\cdot 10^6\text{ с}$ в точках $x=0, 0\text{ м}; 0,1\text{ м}; 0,2\text{ м}; 0,3\text{ м}; 0,4\text{ м}; 0,5\text{ м}; 0,6\text{ м}; 0,7\text{ м}; 0,8\text{ м}; 0,9\text{ м}.$

№ 10 Задача 10

Граничные условия 2-го рода. Неограниченная пластина.

$$T(x,0)=0\text{ }^{\circ}\text{C}; q(0,\tau)=10\text{ Вт/м}^2; R=2\text{ м}; a=10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}; \lambda=1,0\text{ Вт/м}\cdot\text{К}$$

Найти распределение температуры при $\tau=1\cdot 10^6\text{ с}$ в точках $x=0, 0\text{ м}; 0,2\text{ м}; 0,4\text{ м}; 0,8\text{ м}; 1,0\text{ м}; 1,2\text{ м}; 1,4\text{ м}; 1,6\text{ м}; 1,8\text{ м}; 2,0\text{ м}.$

Задача 20

Граничные условия 3-го рода. Неограниченный цилиндр.

$$T(x,0)=100\text{ }^{\circ}\text{C}; T_c=0\text{ }^{\circ}\text{C}; R=2\text{ м}; \alpha=0,5; a=10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}; \lambda=1,0\text{ Вт/м}\cdot\text{К}.$$

Найти распределение температуры при $\tau=1\cdot 10^6\text{ с}$ в точках $x=0, 0\text{ м}; 0,2\text{ м}; 0,4\text{ м}; 0,8\text{ м}; 1,0\text{ м}; 1,2\text{ м}; 1,4\text{ м}; 1,6\text{ м}; 1,8\text{ м}.$

№ 11 Задача 11

Граничные условия 2-го рода. Неограниченная пластина.

$$T(x,0)=20\text{ }^{\circ}\text{C}; q(0,\tau)=10\text{ Вт/м}^2; R=1\text{ м}; a=10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}; \lambda=0,5\text{ Вт/м}\cdot\text{К}$$

Найти распределение температуры при $\tau=0,5\cdot 10^6\text{ с}$ в точках $x=0, 0\text{ м}; 0,1\text{ м}; 0,2\text{ м}; 0,3\text{ м}; 0,4\text{ м}; 0,5\text{ м}; 0,6\text{ м}; 0,7\text{ м}; 0,8\text{ м}; 0,9\text{ м}; 1,0\text{ м}.$

Задача 16

Граничные условия 3-го рода. Полуограниченная среда.

$$T(x,0)=10\text{ }^{\circ}\text{C}; T_c=0\text{ }^{\circ}\text{C}; \alpha=20; a=10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}; \lambda=0,5\text{ Вт/м}\cdot\text{К}.$$

Найти распределение температуры при $\tau=4\cdot 10^6\text{ с}$ в точках $x=0, 4\text{ м}; 0,8\text{ м}; 1,2\text{ м}; 1,6\text{ м}; 2,0\text{ м}; 2,8\text{ м}; 3,6\text{ м}; 4,4\text{ м}; 5,2\text{ м}; 6,0\text{ м}.$

№ 12 Задача 12

Граничные условия 2-го рода. Неограниченный цилиндр.

$$T(x,0)=0\text{ }^{\circ}\text{C}; q(0,\tau)=10\text{ Вт/м}^2; R=2\text{ м}; a=10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}; \lambda=1,0\text{ Вт/м}\cdot\text{К}$$

Найти распределение температуры при $\tau=1\cdot 10^6\text{ с}$ в точках $x=0, 0\text{ м}; 0,2\text{ м}; 0,4\text{ м}; 0,8\text{ м}; 1,0\text{ м}; 1,2\text{ м}; 1,4\text{ м}; 1,6\text{ м}; 1,8\text{ м}; 2,0\text{ м}.$

Задача 15

Граничные условия 3-го рода. Полуограниченная среда.

$$T(x,0)=100\text{ }^{\circ}\text{C}; T_c=0\text{ }^{\circ}\text{C}; \alpha=5; a=10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}; \lambda=1,0\text{ Вт/м}\cdot\text{К}.$$

Найти распределение температуры при $\tau=4\cdot 10^6\text{ с}$ в точках $x=0, 4\text{ м}; 0,8\text{ м}; 1,2\text{ м}; 1,6\text{ м}; 2,0\text{ м}; 2,8\text{ м}; 3,6\text{ м}; 4,4\text{ м}; 5,2\text{ м}; 6,0\text{ м}.$

№ 13 Задача 13

Граничные условия 2-го рода. Неограниченный цилиндр.

$$T(x,0)=20\text{ }^{\circ}\text{C}; q(0,\tau)=10\text{ Вт/м}^2; R=1\text{ м}; a=10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}; \lambda=0,5\text{ Вт/м}\cdot\text{К}$$

Найти распределение температуры при $\tau=0,5\cdot 10^6\text{ с}$ в точках $x=0, 0\text{ м}; 0,1\text{ м}; 0,2\text{ м}; 0,3\text{ м}; 0,4\text{ м}; 0,5\text{ м}; 0,6\text{ м}; 0,7\text{ м}; 0,8\text{ м}; 0,9\text{ м}; 1,0\text{ м}.$

Задача 14

Граничные условия 3-го рода. Полуограниченная среда.

$$T(x,0)=50\text{ }^{\circ}\text{C}; T_c=0\text{ }^{\circ}\text{C}; \alpha=1; a=10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}; \lambda=1,0\text{ Вт/м}\cdot\text{К}.$$

Найти распределение температуры при $\tau=4\cdot 10^6\text{ с}$ в точках $x=0, 4\text{ м}; 0,8\text{ м}; 1,2\text{ м}; 1,6\text{ м}; 2,0\text{ м}; 2,8\text{ м}; 3,6\text{ м}; 4,4\text{ м}; 5,2\text{ м}; 6,0\text{ м}.$

Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине

На лекционных занятиях по дисциплине «Процессы теплопроводности в горных породах» рекомендуется особое внимание обратить на способность студентов использовать математические модели для расчета и визуализации процессов переноса тепла в природных средах. При этом необходимо фиксировать внимание на физическом смысле и размерности характеристик тепло-и массопереноса, которые составляют информационное обеспечение используемых моделей.

На лабораторных занятиях по дисциплине «Процессы теплопроводности в горных породах» рекомендуется особое внимание обратить на способность студентов тестировать численные методы с помощью эталонных аналитических решений соответствующих задач.

В силу различного уровня готовности студентов к восприятию новых понятий на практических занятиях по дисциплине рекомендуется проводить регулярные самостоятельные работы и при необходимости проводить дополнительные консультации для объяснения и закрепления сложного материала.

Условия для самостоятельной работы студентов, в частности, для развития навыков самоконтроля, способствующих интенсификации учебного процесса, обеспечиваются наличием и полной доступностью электронных (и бумажных) вариантов курсов лекций, учебно-методических пособий и сборников задач по основным разделам дисциплины.

Диагностики результатов учебной деятельности

Текущий контроль усвоения знаний в течение семестра (теоретическая часть курса) рекомендуется осуществлять в виде проведения коллоквиума и двух письменных контрольных работ. Для закрепления и проверки знаний и умений студентов (практическая часть курса) рекомендуется решение задач по каждому разделу дисциплины с объяснением новых вводимых понятий, а также устного опроса студентов и регулярного проведения самостоятельных работ.

Успеваемость студентов в рамках дисциплины «Процессы теплопроводности в горных породах» рекомендуется оценивать в конце семестра в форме экзамена.

Методика формирования итоговой оценки

Итоговая оценка формируется на основе 3-ех документов:

1. Правила проведения аттестации (Постановление №53 от 29.05.2012 г.).
2. Положение о рейтинговой системе БГУ (ред. 2015 г.).
3. Критерии оценки студентов (10 баллов).

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

[illegible]

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО
на ____/____ учебный год

№п/ п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры теоретической и прикладной механики (протокол № ____ от _____ 201_ г.)

Заведующий кафедрой
д. физ.-мат. наук, профессор

М.А. Журавков

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
канд. физ.-мат. наук, доцент

Д.Г. Медведев