

Белорусский государственный университет



О.И. Чуприс

5 июня 2018г.

Регистрационный № УД- 6108/уч.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА В ГЕТЕРОГЕННЫХ СРЕДАХ

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 03 03 Прикладная математика (по направлениям)

направления специальности:

1-31 03 03-01 Прикладная математика

(научно-производственная деятельность)

2018 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-31 03 03-2013 и учебных планов G31-173/уч.-2013 и G31и-190/уч.-2013.

Составители:

Гринчик Н.Н., профессор кафедры компьютерных технологий и систем Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

Рекомендована к утверждению:

Кафедрой компьютерных технологий и систем Белорусского государственного университета (протокол № 9 от 24 апреля 2018г.);

Учебно-методическая комиссия факультета прикладной математики и информатики (протокол № 5 от 3 мая 2018 г.).

зав. каф.

 / Н.Н. Гринчик /
 / А.М. Резьвченко /



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная дисциплина «Математическое моделирование процессов переноса в гетерогенных средах» является дисциплиной специализации, читаемой студентам специальности первой ступени высшего образования «Прикладная математика»

Основой для изучения учебной дисциплины «Математическое моделирование процессов переноса в гетерогенных средах» являются учебные дисциплины «Математический анализ» и «Методы численного анализа» государственного компонента цикла специальных дисциплин.

Цели изучения дисциплины:

- ознакомить студентов с последними достижениями в области математического моделирования процессов переноса;
- изучить основные направления в разработке вычислительных алгоритмов.

В рамках поставленной цели задачи учебной дисциплины состоят в следующем:

- изучение теоретических основ по процессам тепло-, массообмена и переноса в гетерогенных средах;
- формирование навыков решения типовых задач практической направленности (задачи неизотермического влагопереноса в процессах термической сушки капиллярно-пористых материалов).

В результате изучения дисциплины студенты должны:

- знать:

проблематику механики гетерогенных сред, базовые понятия и методологию построения алгоритмов;

- уметь:

разрабатывать и реализовывать на компьютере вычислительные алгоритмы типовых задач переноса в двухфазных пористых средах.

- владеть:

аналитическими и численными методами решения типичных задач переноса в двухфазных пористых средах.

Требования к академическим компетенциям специалиста.

Специалист должен:

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

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-5. Быть способным порождать новые идеи (креативность).

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

Требования к профессиональным компетенциям специалиста.

Специалист должен быть способен:

Научно-исследовательская деятельность

ПК-9. Работать с научно-технической информацией с использованием современных информационных технологий.

Дисциплина изучается в 7 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Математическое моделирование процессов переноса в гетерогенных средах» отведено 179 часов, в том числе 68 аудиторных часов, из них: лекции – 34 часа, лабораторные занятия – 30 часов; в том числе УСП – 4 часа.

Форма текущей аттестации – экзамен и зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Анализ современного состояния проблемы моделирования процессов нестационарного тепломассопереноса в капиллярно-пористых средах.

Метастабильный характер жидкости в капиллярах и поверхностные силы. Сорбция паров воды пористой структурой. Адсорбционное равновесие. Теория двухфазной фильтрации. Модель А.В. Лыкова. Проблема определения критерия фазового перехода. Проблема экспериментального определения неизотермической функции Леверетта и теплоты фазового перехода жидкость-пар в пористой структуре.

Тема 2. Модель нестационарного тепломассопереноса в пористых средах с учетом поверхностных сил.

Основные допущения и предположения. Замыкающие соотношения. Тепловые эффекты при изменении насыщенности жидкостью пористых сред. Внутренняя энергия. Зависимости давления жидкости, удельной теплоты фазового перехода для различных капиллярно-пористых сред. Дифференциальные уравнения неизотермического массопереноса в пористых средах, в том числе с двойной пористостью и учетом неравновесности. Уравнение распространения тепла в пористой среде с учетом работы поверхностных сил. Основное уравнение динамики сорбции для больших концентраций сорбируемого вещества.

Тема 3. Система дифференциальных уравнений переноса тепла и массы в капиллярно-пористых средах на основе использования уравнений двухфазной фильтрации и изотерм сорбции.

Особенности тепломассопереноса в средах с двойной пористостью и учет неравновесности. Формулировка краевых условий для пористого образца в климатической камере для различного типа условий на его поверхности и для различной начальной влажности. Случай малых начальных влажностей в отсутствие капиллярного или пленочного перетока влаги.

Тема 4. Постановка краевых условий при наличии капиллярной или плёночной влаги.

Особенности численного решения задач тепломассопереноса в капиллярно-пористых материалах. Постановка задачи. Методика расчета нестационарных задач тепловлагопереноса при углублении зоны испарения.

Тема 5. Источниковые члены уравнений и устойчивость разностных схем.

Интегроинтерполяционный метод и особенности разностных нелинейных уравнений в криволинейных координатах. Разностный алгоритм решения уравнения переноса пара. Разностный алгоритм решения уравнения движения жидкости. Разностный алгоритм решения уравнения энергии.

Тема 6. Численное моделирование неизотермического влагопереноса в процессах термической сушки капиллярно-пористых материалов.

Нестационарный тепломассоперенос при сушке в вакууме электроизоляционной бумаги. Допущения, принимаемые при построении макромоделей тепломассопереноса в капиллярно-пористых телах. Теплофизические и переносные характеристики электроизоляционной бумаги.

Тема 7. Исследование влияния проницаемости жидкой фазы на процесс сушки и углубление зоны испарения.

Исследование влияния проницаемости пара на кинетику процесса сушки. Исследование влияния толщины образца, температуры и давления в камере на процесс сушки. Численные исследования режимов сушки при дискретном радиационном теплоподводе. Экспериментальная верификация результатов моделирования процессов термической сушки пористых материалов.

Тема 8. Нестационарный тепломассоперенос при увлажнении пористой гранулы паром.

Некоторые закономерности сушки капиллярно-пористых материалов при конвективном теплоподводе. Неизотермический массоперенос в пористых средах с учетом термоосмоса. Численное моделирование неизотермического влагопереноса с учетом неравновесности в средах с двойной пористостью.

Тема 9. Моделирование миграции примесей в почвенно-грунтовых средах при неизотермическом влагопереносе.

Общая характеристика проблемы. Физико-математическая модель конвективной диффузии примесей в почве при неизотермическом влагопереносе. Математическое описание конвективной диффузии примесей в почве. Математическое описание движения жидкости и газа в почве.

Тема 10. Математическое описание процесса переноса энергии в почве.

Формулировка краевых условий при изменении климатических факторов и влажности поверхности почвы. Особенности численного решения и программной реализации математической модели конвективной диффузии примесей в почве при неизотермическом влагопереносе.

Тема 11. Методика решения полученной системы уравнений методом конечных элементов (из темы 10).

Программная реализация разработанных моделей. Анализ и прогнозирование процессов переноса вещества в почве с использованием компьютерного моделирования. Экспериментальная верификация разработанных моделей. Численные исследования процессов влагопереноса и миграции примесей в почве с помощью разработанной модели. Область применения представленных математических моделей.

УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

№ раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов		Количество часов УСП	Форма контроля знаний
		Лекции	Лаб. занятия		
1.	Тема 1. Анализ современного состояния проблемы моделирования процессов нестационарного теплопереноса в капиллярно-пористых средах.	2	2		Устный опрос.
2.	Тема 2. Модель нестационарного теплопереноса в пористых средах с учетом поверхностных сил.	2	2		Устный опрос. Отчет по лабораторной работе.
3.	Тема 3. Система дифференциальных уравнений переноса тепла и массы в капиллярно- пористых средах на основе использования уравнений двухфазной фильтрации и изотерм сорбции.	6	6		Устный опрос. Отчет по лабораторной работе.
4.	Тема 4. Постановка краевых условий при наличии капиллярной или плёночной влаги.	2	2		Устный опрос. Отчет по лабораторной работе.
5.	Тема 5. Источниковые члены уравнений и устойчивость разностных схем.	4	4		Устный опрос. Отчет по лабораторной работе.
6.	Тема 6. Численное моделирование неизотермического влажностного переноса в процес- сах термической сушки капиллярно-пористых материалов.	4	2	2	Устный опрос. Отчет по лабораторной работе. Коллоквиум.

7.	Тема 7. Исследование влияния проницаемости жидкой фазы на процесс сушки и углубление зоны испарения.	2	2		Устный опрос. Отчет по лабораторной работе.
8.	Тема 8. Нестационарный тепломассоперенос при увлажнении пористой гранулы паром.	2	2		Устный опрос. Отчет по лабораторной работе.
9.	Тема 9. Моделирование миграции примесей в почвенно-грунтовых средах при неизотермическом влагопереносе.	2	2		Устный опрос. Отчет по лабораторной работе.
10.	Тема 10. Математическое описание процесса переноса энергии в почве.	2	2		Устный опрос. Отчет по лабораторной работе.
11.	Тема 11. Методика решения полученной системы уравнений методом конечных элементов (из темы 10).	6	4	2	Устный опрос. Отчет по лабораторной работе.
	Всего	34	30	4	

Информационно-методическая часть

Рекомендуемая литература

Основная

1. Моделирование процессов термовлагопереноса в капиллярно-пористых средах / С. П. Кундас, Н. Н. Гринчик, И. А. Гишкелюк, А. Л. Адамович. – Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси. – Минск : Институт тепло- и массообмена, 2007. – 292 с.
2. Водосодержащие капиллярно-пористые экраны электромагнитного излучения. Теория и практика. / Н. Н. Гринчик [и др.]. – Минск : Бестпринт, 2016. – 238 с.
3. Гринчик Н.Н., Моделирование тепломассопереноса и поверхностных явлений в ненасыщенных капилляропористых средах: автореф. дис. доктор физ.-мат. Наук / Институт теплофизики им. С.С. Катателадзе Сибирского отделения РАН. – Новосибирск, 1995. – 30 с.
4. Моделирование тепловлагопереноса в древесине при досушке энергией СВЧ-поля / Н. Н. Гринчик, А. Л. Адамович, О. А. Кизина, У. М. Харма // Инж.-физ. журн. – 2015. – Т. 88, № 1. – С. 37–42.

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Для текущего контроля работы студентов по усвоению знаний по учебной дисциплине «Математическое моделирование процессов переноса в гетерогенных средах» используются:

- защита отчетов при выполнении студентами лабораторных работ;
- устные опросы;
- коллоквиум.

Для контроля самостоятельности выполнения работ рекомендуется выдавать каждому студенту индивидуальные задания.

Рекомендуемая форма текущей аттестации – зачет и экзамен.

ПЕРЕЧЕНЬ ЗАДАНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЯЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

При изучении дисциплины организация самостоятельной работы студентов должна представлять единство трех взаимосвязанных форм:

- внеаудиторная самостоятельная работа;
- аудиторная самостоятельная работа, которая осуществляется под непосредственным руководством преподавателя;
- творческая, в том числе научно-исследовательская работа.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы студентов разнообразны: подготовка и написание рефератов, докладов, очерков и других письменных работ на заданные темы.

Аудиторная самостоятельная работа может реализовываться при проведении лабораторных занятий и во время чтения лекций.

Предлагаемые темы для управляемой самостоятельной работы.

Тема 6. Численное моделирование неизотермического влагопереноса в процессах термической сушки капиллярно-пористых материалов.

Тема 11. Методика решения системы уравнений методом конечных элементов.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ И ПРОВЕДЕНИЕ АТТЕСТАЦИИ

Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ИТОГОВОЙ ОЦЕНКИ

Формой текущей аттестации по дисциплине учебным планом предусмотрены зачет и экзамен.

Для общей оценки качества усвоения студентами учебного материала рекомендуется использование рейтинговой системы. Рейтинговая оценка дает возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения и предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний. Примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний в рейтинговую оценку:

- 1) Защита лабораторной работы – 0.5;
- 2) Коллоквиум – 0.5.

Итоговая оценка формируется на основе:

- Правил проведения аттестации студентов (Постановление Министерства образования Республики Беларусь № 53 от 29 мая 2012 г.);
- Положения о рейтинговой системе оценки знаний по дисциплине в БГУ (Приказ ректора БГУ от 18.08.2015 № 382-ОД);
- Критериев оценки знаний студентов (письмо Министерства образования от 22.12.2003 г.).

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Компьютерный сервис вычислительного эксперимента	Кафедра компьютерных технологий и систем	нет	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения, протокол № 10 от 22 мая 2018 г.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ

на ____ / ____ учебный год

№№ Пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры компьютерных технологий и систем (протокол № ____ от _____ 201_ г.)

Заведующий кафедрой

(ученая степень, звание)

(подпись)

(И.О. Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

(ученая степень, звание)

(подпись)

(И.О.Фамилия)