

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Ректор БГТУ _____ И.М. Жарский

«__» _____ 2010г.

Регистрационный № УД- _____/баз.

**моделирование и оптимизация
технологических процессов**

**Учебная программа для специальности
1-36 07 01 Машины и аппараты химических производств и предприятий
строительных материалов**

СОСТАВИТЕЛЬ:

Виталий Станиславович Францкевич, старший преподаватель кафедры машин и аппаратов химических и силикатных производств учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат технических наук.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Валерий Васильевич Крахотко, доцент кафедры методов оптимального управления Белорусского государственного университета, кандидат технических наук.

Станислав Иванович Акунович, доцент кафедры информационных систем и технологий учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат технических наук.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ

Кафедрой машин и аппаратов химических и силикатных производств учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 7 от 18 марта 2010 г.).

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 5 от 29.04.2010 г.).

Ответственный за выпуск

В. С. Францкевич

СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка	4
Примерный тематический план	6
Содержание дисциплины	7
Примерный тематический план лабораторных занятий	9
Информационная часть	10

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Актуальность изучения дисциплины «Моделирование и оптимизация технологических процессов»

Широкое применение современных средств вычислительной техники для решения различных технологических задач и задач управления производственными процессами требует от инженера-механика любого профиля соответствующего образования и умения на должном инженерном уровне применять ЭВМ и проводить оценку целесообразности использования компьютеров.

Цель и задачи учебной дисциплины

Цель дисциплины:

ознакомление студентов с возможностями моделирования, оптимизации и управления производственными процессами;

привитие навыков корректной постановки инженерных задач для решения на ЭВМ, реализации вычислительных алгоритмов и получение физически обоснованных результатов расчета;

обучение методологии проведения расчетных исследований технологических процессов на ЭВМ и использование последних для решения задач проектирования и оптимизации производства.

Основные задачи изучения дисциплины состоят в получении студентами основных научно-практических знаний в области математического моделирования объектов химической техники, изучении численных и аналитических методов решения уравнений математических моделей и умения использовать и применять на практике необходимые методы оптимизации.

Эти цели и задачи достигаются:

– на лекциях, где излагаются теоретические вопросы, раскрывающие целесообразность использования физического и математического моделирования процессов и оборудования. Изучаются основные этапы моделирования, виды моделей, методы их реализации. Рассматриваются модели типовых процессов химических производств и изучаются современные методы оптимизации технологических процессов.

– на лабораторных занятиях, на которых студенты закрепляют теоретические знания путём получения навыков по корректной постановке технологических задач для решения на ЭВМ, реализации вычислительных алгоритмов и получение физически обоснованных результатов расчета по моделированию и оптимизации технологических процессов.

Требования для усвоения учебной дисциплины

В результате изучения дисциплины студент должен **знать:**

- основные понятия, цели и задачи математического моделирования;
- основные типы математических моделей химико-технологических объектов;
- современные методы оптимизации задач химической технологии.

Студент обязан **уметь:**

- использовать аналитические методы составления моделей технологических процессов;
- выполнять алгоритмизацию задачи и ее реализацию на ПК и освоить основные численные и аналитические методы решения всех типов уравнений математических моделей;
- использовать основные методы оптимизации для поиска оптимальных условий ведения химико-технологических процессов.

Структура содержания учебной дисциплины

Структура содержания учебной дисциплины «Моделирование и оптимизация технологических процессов» включает:

- курс лекций, в котором рассматриваются основные типы моделей и методы оптимизации с представлением конкретных примеров их использования;
- лабораторные занятия, где студенты закрепляют полученные на лекциях знания.

Учебным планом для изучения данной дисциплины предусмотрено 114 часов из которых 48 аудиторных: 32 часа лекций, 16 лабораторных занятий.

Методы (технологии) обучения

Из числа наиболее перспективных и эффективных современных образовательных систем и технологий рекомендуется использовать: учебно-методические комплексы, вариативные модели управляемой самостоятельной работы студентов, блочно-модульные и модульно-рейтинговые системы, информационные технологии, методики активного обучения.

Диагностика компетенции студентов

Для диагностики сформированности полученных знаний рекомендуется использовать тесты, индивидуальные задания, контрольные работы, а также экзамены.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ те мы	Название темы	Аудиторные часы	
		Лекции	Лабораторные занятия
1	Раздел 1. Моделирование технологических процессов и оборудования		
1.1	Введение в моделирование	2	
1.2	Физическое моделирование	2	
1.3	Математическое моделирование	6	2
1.4	Моделирование типовых технологических процессов и оборудования	8	6
2	Раздел 2. Оптимизация технологических процессов и оборудования		
2.1	Общая постановка задач оптимизации	2	
2.2	Методы исследования функции классического анализа	2	2
2.3	Линейное программирование	2	2
2.4	Нелинейное программирование	4	2
2.5	Экспериментально-статистическая оптимизация	2	2
2.6	Динамическое программирование	2	

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1. Моделирование технологических процессов и оборудования

1.1. Введение в моделирование

История развития, состояние и задачи моделирования химико-технологических процессов. Основные понятия и принципы моделирования. Физическое и математическое моделирование. Этапы моделирования. Моделирование как основа оптимизации технологических процессов.

1.2. Физическое моделирование

Подобные явления, геометрическое и физическое подобие. Теория подобия как аппарат моделирования. Критерии подобия, критериальные уравнения. Метод анализа размерностей. Метод аналогии. Использование физического моделирования для исследования объектов и масштабного перехода от моделей к промышленным аппаратам.

1.3. Математическое моделирование

Особенности использования математического моделирования в исследовании технологических процессов. Типы математических моделей, аналитические и экспериментально-статистические модели. Составление и алгоритмизация математических моделей. Адекватность математических моделей. Структура потоков в аппаратах как основа для составления математических моделей. Модели структуры потоков.

Типы дифференциальных уравнений, используемые для описания технологических процессов, методы их составления и решения. Методы регрессионного и корреляционного анализа. Виды регрессий, уравнения регрессий. Критерии значимости коэффициентов уравнений регрессии, коэффициенты корреляции. Переход от уравнений регрессии к натуральному масштабу.

1.4. Моделирование типовых технологических процессов и оборудования

Механические процессы. Модели кинетики измельчения и механической классификации. Модель распределения продуктов измельчения по размерам, уравнение кривой распределения. Дифференциальные уравнения движения измельчающих тел и материала в помольных агрегатах.

Гидромеханические процессы. Моделирование процессов перемешивания, осаждения, фильтрования, центрифугирования. Двухфазные течения и их моделирование. Моделирование движения твердых частиц в осевом и закрученном потоках.

Тепломассообменные процессы. Математические модели процессов переноса, учет гидродинамики потоков. Моделирование теплообменных аппаратов. Модели и алгоритмы расчета массообменных аппаратов.

Реакторы. Модели реакторов идеального вытеснения и идеального смешения. Модель каскада реакторов. Эффективность реакторов.

Раздел 2. Оптимизация технологических процессов и оборудования

2.1. Общая постановка задач оптимизации

Формулировка задачи оптимизации. Критерии оптимизации. Оптимизационные факторы и ограничения. Целевая функция. Характеристика методов оптимизации.

2.2. Методы исследования функции классического анализа

Экстремум функции одной переменной, глобальный и локальный экстремум. Экстремумы функций многих переменных. Примеры использования аналитических методов для оптимизации процессов и аппаратов.

2.3. Линейное программирование

Постановка задачи линейного программирования, ее графическое отображение. Преобразование ограничений. Ограничения типа равенств и неравенств. Симплексный метод решения задач линейного программирования, алгоритм симплексного метода.

2.4. Нелинейное программирование

Основные понятия. Целевая функция. Геометрическая интерпретация целевой функции и ограничений. Градиентные методы. Метод релаксации, градиента, наискорейшего спуска. Оптимум при известном аналитическом выражении градиента. Безградиентные методы. Метод локализации экстремума функции одной переменной. Оптимизация с использованием чисел Фибоначчи, метод «золотого сечения». Методы сканирования и последовательного изменения переменных. Метод случайных направлений. Сравнение различных методов.

2.5. Экспериментально-статистическая оптимизация

Планирование экспериментов. Полный факторный эксперимент, дробные реплики. Оптимизация методом крутого восхождения по поверхности отклика. Исследование поверхности отклика. Симплексный метод планирования эксперимента.

2.6. Динамическое программирование

Многостадийные процессы. Принцип оптимальности. Комбинаторные модели, решение комбинаторных задач. Математическая формулировка принципа оптимальности для дискретных процессов. Вычислительные аспекты динамического программирования. Оптимальное распределение реакционных объемов в каскаде реакторов.

ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Во время лабораторных занятий студенты изучают основные пакеты программ по моделированию и оптимизации технологических процессов. Знакомятся с современными методами моделирования и оптимизации на примерах конкретных технических объектов и процессов. Для данной дисциплины рекомендуется следующий перечень лабораторных работ:

1. Определение параметров экспериментально-статистической модели.
2. Моделирование механических процессов.
3. Моделирование гидродинамических процессов.
4. Моделирование и оптимизация тепломассообменных процессов.
5. Использование встроенных функций Excel для решения оптимизационных задач.
6. Решение задач оптимизации с использованием линейного и нелинейного программирования в среде MathCad.
7. Составление математической модели на примере дробного факторного эксперимента.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Кафаров, В. В. Математическое моделирование основных процессов химических производств / В. В. Кафаров, М. В. Глебов. – М.: Высш. шк., 1991. – 400 с.
2. Закгейм, А. Ю. Введение в моделирование химико-технологических процессов / А. Ю. Закгейм. – М.: Химия, 1982. – 288 с.
3. Колесников, В. Л. Математические основы компьютерного моделирования химико-технологических систем: учеб. пособие / В. Л. Колесников. – Минск: БГТУ, 2003. – 312 с.
4. Бояринов, А. И. Методы оптимизации в химической технологии / А. И. Батунер, В. В. Кафаров. – М.: Химия, 1975. – 576 с.
5. Холоднов, В.А. Математическое моделирование и оптимизация химико-технологических процессов. Практическое руководство / В.А. Холоднов. – СПб.: АПО НПО “Профессионал”, 2003. – 486 с.
6. Крылов, В.М. Теория и практика математического моделирования / В.М. Крылов, В.А. Холоднов. – СПб.: ГТИ(ТУ), 2007. – 178 с.

Дополнительная литература

7. Поршневу, С. В. Компьютерное моделирование физических процессов с использованием пакета MathCAD / С. В. Поршневу. – М.: Новая планета, 2002. – 252 с.
8. Колесников, В. Л. Компьютерное моделирование и оптимизация химико-технологических систем: учеб. пособие / В. Л. Колесников, И. М. Жарский, П. П. Урбанович. – Минск: БГТУ, 2004. – 532 с.
9. Андрижиевский, А. А. Моделирование и оптимизация тепломассообменных процессов: учеб. пособие / А. А. Андрижиевский, А. Г. Трифионов. – Минск: БГТУ, 2005. – 320 с.
10. Банди, Б. Методы оптимизации. Вводный курс / Б. Банди. – М.: Радио и связь, 1988. – 128 с.
11. Банди, Б. Основы линейного программирования / Б. Банди. – М.: Радио и связь, 1989. – 174 с.