

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

Актуализировано:  
на заседании кафедры  
протокол от «30» июня 2017 г. № 9

Согласовано:  
Председатель УМК факультета

Зав. кафедрой  /У.Ш. Шаяхметов

 /А.Я.Мельникова

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Дисциплина «Основы моделирования и оптимизации материалов и технологических процессов»

Дисциплина по выбору

**программа бакалавриата**

Направление подготовки  
22.03.01 – Материаловедение и технологии материалов.

Направленность (профиль) подготовки  
Конструирование и производство изделий из композиционных материалов

Квалификация  
Бакалавр

|   |   |
|---|---|
| Разработчик (составитель)<br>доцент, к.п.н.<br>(должность, ученая степень, ученое звание) | _____/ Батршина Г.С.<br>(подпись, Фамилия И.О.) |
|---|---|

Для приема 2015 г.

Уфа 2017 г.

Составитель/составители: \_\_\_\_\_ Батршина Г.С.

Рабочая программа дисциплины актуализирована на заседании кафедры инженерной физики и физики материалов протокол от «30» июня 2017 г. № 9

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры: обновлены ФОСы, экзаменационные вопросы и список литературы, протокол № 12 от «21» июня 2018 г.

Заведующий кафедрой

 / У.Ш. Шаяхметов

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_ от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ф.И.О/

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_ от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ф.И.О/

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_ от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ф.И.О/

## Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы 4
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы 6
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся) 6
4. Фонд оценочных средств по дисциплине 7
  - 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания 7
  - 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций 10
  - 4.3. *Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)* 14
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины 15
  - 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины 15
  - 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины 15
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине 16

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**  
(с ориентацией на карты компетенций)

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

ПК-3 готовностью использовать методы моделирования при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов

ПК-7 способностью выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов

| Результаты обучения |   | Формируемая компетенция (с указанием кода)  | Примечание |
|---------------------|---|---|------------|
| Знания              | Методы разработки математических моделей процессов в различных типах аппаратов.                     | ПК-3 готовностью использовать методы моделирования при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов |            |
|                     | Современные методы идентификации моделей и проверки их адекватности.                                | ПК-3 готовностью использовать методы моделирования при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов |            |
|                     | Составлять математическую модель технологического процесса с выделением переменных оптимизации;     | ПК-7 способностью выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов  |            |
| Умения              | Составлять математическую модель технологического процесса с выделением переменных оптимизации;     | ПК-3 готовностью использовать методы моделирования при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов |            |
|                     | Реализовать математические решения на основе построенных моделей на ЭВМ                             | ПК-3 готовностью использовать методы моделирования при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов |            |
|                     | Применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения конкретных задач | ПК-7 способностью выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и  |            |

|                                       |  |   |  |
|---------------------------------------|--|---|--|
|                                       | расчета, проектирования, моделирования, идентификации параметров и оптимизации процессов химической технологии.    | технологических процессов   |  |
| Владения (навыки / опыт деятельности) | Методами построения математической модели типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов.   | ПК-3 готовностью использовать методы моделирования при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов |  |
|                                       | Навыками работы в программных продуктах, позволяющих решать задачи моделирования химико-технологических процессов. | ПК-3 готовностью использовать методы моделирования при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов |  |
|                                       | Использования методов моделирования и оптимизации при проектировании оборудования в области материаловедения.      | ПК-7 способностью выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов  |  |

## 2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина по выбору Б1.В.1.ДВ.05.01 Основы моделирования и оптимизации материалов и технологических процессов

Дисциплина изучается на 4 курсе в 7 семестре.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин:

*Математика*

*Физика*

*Математическое моделирование*

*Математическое программирование*

*Информационное обеспечение базы данных*

Целью данного курса является освоение методов построения математических моделей технологических процессов, а также изучение алгоритмов идентификации параметров математических моделей и способов проверки их адекватности, освоение специализированных программно-вычислительных комплексов, позволяющих решать задачи моделирования технологических процессов.

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы следующие компетенции:

ПК-3 готовностью использовать методы моделирования при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов

ПК-7 способностью выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов

## 3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

## 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

### 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции:

ПК-3 готовностью использовать методы моделирования при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов

| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения) | Критерии оценивания результатов обучения |            |
|-------------------------------------|---|--|------------|
|                                     |   | Зачтено                                  | Не зачтено |
|                                     |   |  |            |

|                          |   |   |  |
|--------------------------|---|---|--|
|                          | компетенций)  |   |  |
| Первый этап<br>(уровень) | Знать:<br>Методы разработки математических моделей процессов в различных типах аппаратов, современные методы идентификации моделей и проверки их адекватности.  | Знает методы разработки математических моделей процессов в различных типах аппаратов, современные методы идентификации моделей и проверки их адекватности.  | Не знает методы разработки математических моделей процессов в различных типах аппаратов, современные методы идентификации моделей и проверки их адекватности.  |
| Второй этап<br>(уровень) | Уметь:<br>Составлять математическую модель технологического процесса с выделением переменных оптимизации, реализовать математические решения на основе построенных моделей на ЭВМ.  | Умеет составлять математическую модель технологического процесса с выделением переменных оптимизации, реализовать математические решения на основе построенных моделей на ЭВМ.  | Не умеет составлять математическую модель технологического процесса с выделением переменных оптимизации, реализовать математические решения на основе построенных моделей на ЭВМ.  |
| Третий этап<br>(уровень) | Владеть:<br>Методами построения математической модели типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов, навыками работы в программных продуктах, позволяющих решать задачи моделирования химико-технологических процессов. | Владеет методами построения математической модели типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов, навыками работы в программных продуктах, позволяющих решать задачи моделирования химико-технологических процессов. | Не владеет методами построения математической модели типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов, навыками работы в программных продуктах, позволяющих решать задачи моделирования химико-технологических процессов. |

Код и формулировка компетенции:

ПК-7 способностью выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов

| Этап (уровень) освоения | Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов обучения |            |
|-------------------------|---------------------------------|--|------------|
|                         |                                 | Зачтено                                  | Не зачтено |

| компетенции           | (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)   |   |  |
|-----------------------|---|---|--|
| Первый этап (уровень) | Знать:<br>Составлять математическую модель технологического процесса с выделением переменных оптимизации;   | Знает составлять математическую модель технологического процесса с выделением переменных оптимизации;   | Не знает составлять математическую модель технологического процесса с выделением переменных оптимизации;   |
| Второй этап (уровень) | Уметь:<br>Применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения конкретных задач расчета, проектирования, моделирования, идентификации параметров и оптимизации процессов химической технологии. | Умеет применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения конкретных задач расчета, проектирования, моделирования, идентификации параметров и оптимизации процессов химической технологии. | Не умеет применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения конкретных задач расчета, проектирования, моделирования, идентификации параметров и оптимизации процессов химической технологии. |
| Третий этап (уровень) | Владеть:<br>Навыками использования методами моделирования и оптимизации при проектировании оборудования в области материаловедения.   | Владеет навыками использования методами моделирования и оптимизации при проектировании оборудования в области материаловедения.   | Не владеет навыками использования методами моделирования и оптимизации при проектировании оборудования в области материаловедения.   |

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (*для экзамена*: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10; *для зачета*: текущий контроль – максимум 50 баллов; рубежный контроль – максимум 50 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

*для зачета*:

зачтено – от 60 до 90 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),  
не зачтено – от 0 до 59 рейтинговых баллов).

#### **4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы**



**формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.  
Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений,  
навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования  
компетенций**

| Этапы освоения               | Результаты обучения   | Компетенция | Оценочные средства              |
|------------------------------|---|-------------|---------------------------------|
| 1-й этап<br>Знания           | Методы разработки математических моделей процессов в различных типах аппаратов.   | ПК-3        | Реферат                         |
|                              | Современные методы идентификации моделей и проверки их адекватности.  | ПК-3        | Коллоквиум                      |
|                              | Составлять математическую модель технологического процесса с выделением переменных оптимизации;   | ПК-7        |                                 |
| 2-й этап<br>Умения           | Составлять математическую модель технологического процесса с выделением переменных оптимизации;   | ПК-3        | Практическая – проектная работа |
|                              | Составлять математическую модель технологического процесса с выделением переменных оптимизации;   | ПК-3        | Проект                          |
|                              | Реализовать математические решения на основе построенных моделей на ЭВМ   | ПК-7        | Реферат                         |
| 3-й этап<br>Владеть навыками | Применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения конкретных задач расчета, проектирования, моделирования, идентификации параметров и оптимизации процессов химической технологии. | ПК-3        | Коллоквиум                      |
|                              | Методами построения математической модели типовых профессиональных задач и интерпретации полученных   | ПК-3        | Практическая работа             |

|  |  |      |                            |
|--|--|------|----------------------------|
|  | результатов.   |      |                            |
|  | Навыками работы в программных продуктах, позволяющих решать задачи моделирования химико-технологических процессов. | ПК-7 | Контрольная работа<br>Тест |

### Примерный перечень оценочных средств

| № | Наименование оценочного средства | Характеристика оценочного средства  | Представление оценочного средства в ФОС                               | Методы оценки результатов  |
|---|----------------------------------|---|---|----------------------------|
| 1 | Отчет по лабораторным заданиям   | Совместная деятельность группы обучающихся и преподавателя под управлением преподавателя с целью решения учебных и профессионально-ориентированных задач путем игрового моделирования реальной проблемной ситуации. Позволяет оценивать умение анализировать и решать типичные профессиональные задачи.   | Тема (проблема), концепция, роли и ожидаемый результат по каждой игре | Бально рейтинговая система |
| 2 | Коллоквиум                       | Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися.  | Вопросы по темам/разделам дисциплины                                  | Бально рейтинговая система |
| 3 | Решение контрольных задач        | Различают задачи и задания:<br>а) репродуктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать знание фактического материала (базовые понятия, алгоритмы, факты) и умение правильно использовать специальные термины и понятия, узнавание объектов изучения в рамках определенного раздела дисциплины;<br>б) реконструктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей;<br>в) творческого уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения. | Комплект разноуровневых задач и заданий                               | экспертный / электронный   |
| 4 | Тест                             | Средство, позволяющее оценить   | Тестовые задания  | экспертный /               |

|  |  |   |  |             |
|--|--|---|--|-------------|
|  |  | уровень знаний обучающегося путем выбора им одного из нескольких вариантов ответов на поставленный вопрос. Возможно использование тестовых вопросов, предусматривающих ввод обучающимся короткого и однозначного ответа на поставленный вопрос. |  | электронный |
|--|--|---|--|-------------|

Вопросы к коллоквиуму и зачету  
КОЛЛОКВИУМ 1

1. Понятия модели и аналогии. Типы моделей и виды моделирования.
2. Физическое и математическое моделирование. Достоинства и недостатки методов.
3. Внешние связи системы. Факторы. Контролируемые (регулируемые, нерегулируемые) и неконтролируемые входы. Отклики. Причины неконтролируемости факторов. Шум.
4. Этапы построения математической модели химико-технологических систем. Способы составления математического описания ХТП.
5. Понятие случайной величины и ее характеристики. Вероятность. Понятие о дискретных и непрерывных случайных величинах. Законы распределения случайной величины.
6. Дифференциальная и интегральная функции распределения (плотность вероятности) случайной величины. Нормальный закон распределения случайной величины и его параметры.
7. Генеральная совокупность, выборка. Статистические оценки. Проверка статистических гипотез. Критерий исключения грубой ошибки.
8. Нуль и альтернативная гипотезы. Ошибки первого и второго рода. Уровень значимости. Сравнение двух выборочных средних значений случайной величины. Проверка однородности дисперсий.
9. Проверка гипотезы о нормальности закона распределения случайной величины.
10. Экспериментально-статистические методы построения моделей. Классификация экспериментально-статистических методов построения моделей. Уравнение регрессии.
11. Понятие «черного ящика». Статистические модели на основе пассивного эксперимента. Достоинства и недостатки пассивного эксперимента.
12. Корреляция случайных величин. Выборочный коэффициент корреляции, проверка его значимости. Корреляционное отношение и его свойства.
13. Статистические модели в виде линейных полиномов. Метод наименьших квадратов для линейного уравнения регрессии. Система нормальных уравнений.
14. Метод наименьших квадратов при линейной связи между  $n$ -переменными. Система нормальных уравнений и ее решение в матричном виде.
15. Проверка гипотез о значимости коэффициентов и адекватности уравнения регрессии, построенного по данным пассивного эксперимента.
16. Построение матрицы планирования при полнофакторном эксперименте (ПФЭ) в кодированных и не кодированных величинах. Нулевой уровень. Интервал варьирования.
17. Расчет коэффициентов и статистический анализ уравнения регрессии, полученного при использовании полного факторного эксперимента.
18. Дробный факторный эксперимент. Генерирующее соотношение, определяющий контраст.

## КОЛЛОКВИУМ2

19. Расчет коэффициентов полинома полученного при использовании дробного факторного эксперимента, проверка их значимости. Проверка адекватности статистической модели.
20. Планы второго порядка. Центральный рототабельный композиционный план (ЦКРП). Расчет коэффициентов полинома для ЦКРП. Статистический анализ уравнения регрессии для ЦКРП.
21. Математическое моделирование гидродинамической структуры однофазных потоков. Типовые модели.
22. Экспериментальное изучение распределения частиц потока во времени. Интегральная и дифференциальная функции распределения времени пребывания элементов потока.
23. Модель идеального перемешивания. Дифференциальное уравнение модели идеального перемешивания.
24. Модель идеального вытеснения. Дифференциальное уравнение модели идеального вытеснения.
25. Понятие конвективной и молекулярной диффузии. Однопараметрическая диффузионная модель.
26. Ячеечная модель.
27. Оптимизация химико-технологических процессов. Формулировка задачи оптимизации. Критерий оптимальности. Управляющие параметры.
28. Этапы решения оптимизационных задач. Методы оптимизации химико-технологических процессов. Оптимизация аналитическим методом.
29. Оптимизация химико-технологических процессов методом линейного программирования. Задачи линейного программирования: транспортная, о смесях.
30. Поиск оптимума численными методами. Метод перебора, сканирования, случайный поиск.
31. Методы направленного поиска оптимума. Оптимизация химико-технологических процессов методами дихотомии и покоординатного спуска.
32. Оптимизация химико-технологических процессов методом градиента.
33. Поиск оптимума методом симплексов.
34. Экспериментальный поиск оптимума. Метод Гаусса-Зайделя.
35. Оптимизация химико-технологических процессов методом Бокса-Уилсона.
36. Планирование эксперимента по методике Шеффе для описания свойств многокомпонентных смесей. Описание зависимости состав–свойство с использованием приведенных полиномов Шеффе. Проверка адекватности полученных моделей.
37. Планирование эксперимента по методике Шеффе при исследовании локальных участков диаграмм состав–свойство.
38. Решение компромиссных оптимизационных задач в химической технологии с использованием функции желательности. Обобщенная и частная функции желательности. Преобразование откликов в шкалу желательности.

**Критерии оценки (в баллах)** (должны строго соответствовать рейтинг плану по макс. и мин. колич. баллов и только для тех, кто учится с использованием модульно-рейтинговой системы обучения и оценки успеваемости студентов):

- 20 баллов выставляется студенту, если ответил на 80-100% вопросов
- 15 баллов выставляется студенту, если ответил на 60-70% вопросов
- 10 баллов выставляется студенту, если ответил на 50% вопросов
- 5-6 баллов выставляется студенту, ответил на 30% вопросов

### **Список примерных тем рефератов**

- 1) Основы моделирования. Типы моделирования;
- 2) Математическое моделирование.
- 3) Компьютерное моделирование объектов;
- 4) Сравнительная характеристика моделей;
- 5) Обзор прикладного ПО, используемого для построения моделей.
- 6) Мир трехмерных моделей;
- 7) Современные редакторы 3D – графики.

**Критерии оценки (в баллах)** (должны строго соответствовать рейтинг плану по макс. и мин. колич. баллов и только для тех, кто учится с использованием модульно-рейтинговой системы обучения и оценки успеваемости студентов):

- 10 баллов выставляется студенту, если раскрыл тему на 80-100%
- 8-9 баллов выставляется студенту, если раскрыл тему на 60-70%;
- 6-7 баллов выставляется студенту, если раскрыл тему на 50%;
- 4-5 баллов выставляется студенту, если раскрыл тему на 30%.

#### **4.3. *Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)***

Рейтинг–план дисциплины представлен в приложении 2.

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

#### **Основная литература:**

1. Закгейм, А.Ю. Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие / А.Ю. Закгейм. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : Логос, 2012. - 304 с. - (Новая университетская библиотека). - ISBN 978-98704-471-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=84988>
2. Данилов, Н.Н. Математическое моделирование : учебное пособие / Н.Н. Данилов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кемеровский государственный университет». - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2014. - 98 с. - ISBN 978-5-8353-1633-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=278827>
3. Беликова, Н.А. Математическое моделирование : учебное пособие / Н.А. Беликова, В.В. Горелова, О.В. Юсупова. - Москва : Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2009. - Ч. 2. - 66 с. - ISBN 978-5-9585-0359-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=144941>
4. Захаров, Ю.В. Математическое моделирование технологических систем : учебное пособие / Ю.В. Захаров ; Поволжский государственный технологический университет. - Йошкар-Ола : ПГТУ, 2015. - 84 с. : ил. - Библиогр.: с. 81. - ISBN 978-5-8158-1501-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=477400>

#### **Дополнительная литература:**

1. Маликов, Р.Ф. Основы математического моделирования : учебное пособие для вузов / Р.Ф. Маликов. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2010. - 366 с. : ил. - Библиогр.: с. 331-337. - ISBN 978-5-9912-0123-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=253550>
2. Математическое моделирование. Практикум : учебное пособие / Л.А. Коробова, Ю.В. Бугаев, С.Н. Черняева, Ю.А. Сафонова ; науч. ред. Л.А. Коробова ; Министерство образования и науки РФ, Воронежский государственный университет инженерных технологий. - Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2017. - 113 с. : табл., граф., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-00032-247-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=482006>

### **5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины**

1. Учебный Комплект Компас-3D V13 на 50 мест. Проектирование и конструирование в машиностр. (лицензия)
2. Права на программу для ЭВМ Office Standard 2013 Russian OLP NL AcademicEdition
3. Учебный Комплект программного обеспечения Расчетно-информационная система Электронный справочник Конструктора, редакция 3 на 50 мест, лицензия.
4. [www.moodle.bashedu.ru](http://www.moodle.bashedu.ru).
5. «Электронная библиотека БашГУ» <http://www.bashlib.ru/echitzal/>
6. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.bashlib.ru/echitzal/>
7. ЭБС «ЛАНЬ» <http://www.bashlib.ru/echitzal/>

**6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

| Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы  | Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы   | Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа   |
|--|---|--|
| <p><b>1. учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа:</b> аудитория № 403 (Учебный корпус, ул.Мингажева, д. 100)</p> <p><b>2. учебная аудитория для проведения лабораторных работ:</b> аудитория № 403. (Учебный корпус, ул.Мингажева, д. 100)</p> <p><b>3. учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций:</b> аудитория № 402 (Учебный корпус, ул. Мингажева, д. 100), аудитория № 403 (Учебный корпус, ул.Мингажева, д. 100)</p> <p><b>4. учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации:</b> аудитория № 402 (Учебный корпус, ул. Мингажева, д. 100), аудитория № 403 (Учебный корпус, ул.Мингажева, д. 100)</p> <p><b>5. помещения для самостоятельной работы:</b> читальный зал, библиотека (Главный корпус, ул. Заки Валиди, д. 32), библиотека (Учебный корпус, ул.Мингажева, д. 100).</p> <p><b>6. помещение для хранения и обслуживания учебного оборудования:</b> аудитория № 309б (Учебный корпус, ул. Мингажева, д. 100)</p> | <p><b>Аудитория № 403</b><br/>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, персональные компьютеры – 24 шт.</p> <p><b>Аудитория № 402</b><br/>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска</p> <p><b>Аудитория 309б</b><br/>Учебная мебель, стеллаж, набор инструментов, мультиметр, индикаторная отвертка</p> <p><b>Читальный зал(Главный корпус, ул.Заки Валиди, д. 32)</b><br/>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, стенд по пожарной безопасности, моноблоки стационарные – 5 шт, принтер – 1 шт., сканер – 1 шт.</p> <p><b>Библиотека(Главный корпус, ул.Заки Валиди, д. 32)</b><br/>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, стенд по пожарной безопасности, моноблоки стационарные – 4 шт, сканер – 1 шт.</p> <p><b>Библиотека(Учебный корпус, ул. Мингажева, д. 100)</b><br/>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, PentiumG2130/4Гб/500Гб/21,5”/ Кл/мышь</p> | <p>1. Windows 8 Russian. Windows Professional Upgrade. Договор № 104 от 17.16.2013 г. Лицензии – бессрочные.</p> <p>2. MicrosoftOfficeStandart 2013 Russian. Договор № 114 от 12.11.2014 г. Лицензии – бессрочные.</p> <p>3. Система централизованного тестирования БашГУ (Moodle) GNUGeneralPublicLicense</p> |



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

### СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины «Основы моделирования и оптимизации материалов и технологических процессов» на 7 семестр  
очная

| Вид работы  | Объем дисциплины |
|---|------------------|
| Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)   | 4 / 144          |
| Учебных часов на контактную работу с преподавателем:  | 54,2             |
| лекций  | 18               |
| практических/ семинарских   | 36               |
| лабораторных  | -                |
| других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР) | 0,2              |
| Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)  | 89,8             |
| Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)   |                  |

Форма контроля:  
зачет 7 семестр

| №<br>п/п | Тема и содержание   | Форма изучения материалов: лекции,<br>практические занятия, семинарские занятия,<br>лабораторные работы, самостоятельная<br>работа и трудоемкость (в часах) |        |    |    | Основная и<br>дополнительная<br>литература,<br>рекомендуемая студентам<br>(номера из списка) | Задания по<br>самостоятельной<br>работе<br>студентов | Форма текущего<br>контроля<br>успеваемости<br>(коллоквиумы,<br>контрольные<br>работы,<br>компьютерные<br>тесты и т.п.) |
|----------|---|---|--------|----|----|--|--|--|
|          |   | ЛК  | ПР/СЕМ | ЛР | СР |  |  |  |
| 1        | 2   | 3   | 4      | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  |
| 1.       | <b>Тема 1. Введение.</b><br>История развития,<br>состояние и задачи<br>моделирования<br>химико-<br>технологических<br>процессов. Основные<br>понятия и принципы<br>моделирования.<br>Физическое и<br>математическое<br>моделирование. Этапы<br>моделирования.<br>Моделирование как<br>основа оптимизации<br>технологических<br>процессов. | 2   | 4      |    | 10 | 1, 2, 3, 4   | Задачи   | Коллоквиум,<br>компьютерные<br>тесты   |
| 2.       | <b>Тема 2. Физическое<br/>моделирование.</b><br>Подобные явления,<br>геометрическое и<br>физическое подобие.<br>Теория подобия как<br>аппарат   | 2   | 4      |    | 10 | 1, 2, 3, 4   | Задачи   | Коллоквиум,<br>компьютерные<br>тесты   |

|    |  |    |   |   |  |    |            |        |                                |
|----|--|----|---|---|--|----|------------|--------|--------------------------------|
|    | <p>моделирования.<br/>Критерии подобия, критериальные уравнения. Метод анализа размерностей. Метод аналогии. Использование физического моделирования для исследования объектов и масштабного перехода от моделей к промышленным аппаратам.</p>   |    |   |   |  |    |            |        |                                |
| 3. | <p><b>Тема</b><br/><b>Математическое моделирование.</b><br/>Особенности использования математического моделирования в исследовании технологических процессов. Типы математических моделей, аналитические и экспериментально-статистические модели. Составление и алгоритмизация математических моделей. Адекватность</p> | 3. | 2 | 4 |  | 10 | 1, 2, 3, 4 | Задачи | Коллоквиум, компьютерные тесты |

|    |  |   |   |  |    |            |        |                          |
|----|--|---|---|--|----|------------|--------|--------------------------|
|    | <p>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.</p> |   |   |  |    |            |        |                          |
| 4. | <b>Тема 4. Моделирование</b>   | 2 | 4 |  | 10 | 1, 2, 3, 4 | Задачи | Коллоквиум, компьютерные |

|   |  |  |  |  |  |  |              |
|---|--|--|--|--|--|--|--------------|
| <p><b>типовых технологических процессов и оборудования.</b><br/> 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.</p> |  |  |  |  |  |  | <p>тесты</p> |
|---|--|--|--|--|--|--|--------------|

|    |  |   |   |  |    |            |        |                                |
|----|--|---|---|--|----|------------|--------|--------------------------------|
|    | <p>Тепломассообменные процессы.</p> <p>Математические модели процессов переноса, учет гидродинамики потоков.</p> <p>Моделирование теплообменных аппаратов. Модели и алгоритмы расчета массообменных аппаратов.</p> <p>Реакторы. Модели реакторов идеального вытеснения и идеального смешения.</p> <p>Модель каскада реакторов.</p> <p>Эффективность реакторов.</p> |   |   |  |    |            |        |                                |
| 5. | <p><b>Тема 5. Оптимизация технологических процессов и оборудования.</b></p> <p>Формулировка задачи оптимизации.</p> <p>Критерии оптимизации.</p> <p>Оптимизационные факторы и ограничения. Целевая функция.</p>  | 2 | 4 |  | 10 | 1, 2, 3, 4 | Задачи | Коллоквиум, компьютерные тесты |

|    |  |   |   |  |    |            |        |                                |
|----|--|---|---|--|----|------------|--------|--------------------------------|
|    | Характеристика методов оптимизации.  |   |   |  |    |            |        |                                |
| 6. | <p><b>Тема 6. Методы исследования функций классического анализа.</b></p> <p>Экстремум функции одной переменной, глобальный и локальный экстремум. Экстремумы функций многих переменных. Примеры использования аналитических методов для оптимизации процессов и аппаратов.</p> | 2 | 4 |  | 10 | 1, 2, 3, 4 | Задачи | Коллоквиум, компьютерные тесты |
| 7. | <p><b>Тема 7. Линейное программирование.</b></p> <p>Постановка задачи линейного программирования, ее графическое отображение. Преобразование ограничений. Ограничения типа равенств и неравенств. Симплексный метод решения задач линейного</p>                                | 2 | 4 |  | 10 | 1, 2, 3, 4 | Задачи | Коллоквиум, компьютерные тесты |

|    |   |   |   |  |    |            |        |                                |
|----|---|---|---|--|----|------------|--------|--------------------------------|
|    | программирования, алгоритм симплексного метода.   |   |   |  |    |            |        |                                |
| 8. | <p><b>Тема 8. Нелинейное программирование.</b></p> <p>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.</p> | 2 | 4 |  | 10 | 1, 2, 3, 4 | Задачи | Коллоквиум, компьютерные тесты |



|    |   |    |    |  |      |            |        |                                |
|----|---|----|----|--|------|------------|--------|--------------------------------|
|    | Сравнение различных методов.  |    |    |  |      |            |        |                                |
| 9. | <b>Тема 9.</b><br><b>Экспериментально-статистическая оптимизация.</b><br>Планирование экспериментов.<br>Полный факторный эксперимент, дробные реплики. Оптимизация методом крутого восхождения по поверхности отклика.<br>Исследование поверхности отклика.<br>Симплексный метод планирования эксперимента. | 2  | 4  |  | 9,8  | 1, 2, 3, 4 | Задачи | Коллоквиум, компьютерные тесты |
|    | <b>Всего часов:</b>   | 18 | 36 |  | 89,8 |            |        |                                |

**Рейтинг – план дисциплины****Основы моделирования и оптимизации материалов  
и технологических процессов**

Направление подготовки 22.03.01 Материаловедение и технология материалов  
курс 4, семестр 7

| Виды учебной деятельности студентов   | Балл за конкретное задание | Число заданий за семестр | Баллы       |              |
|---|----------------------------|--------------------------|-------------|--------------|
|   |                            |                          | Минимальный | Максимальный |
| <b>Модуль 1. Развитие, состояние и задачи моделирования химико-технологических процессов.</b> |                            |                          |             |              |
| <b>Текущий контроль</b>   |                            |                          |             | <b>20</b>    |
| Контроль выполнения и проверка отчетности по лабораторным работам                             | 5                          | 4                        | 0           | 20           |
| <b>Рубежный контроль</b>  |                            |                          |             | <b>10</b>    |
| Контрольная работа №1   |                            |                          | 0           | 10           |
| <b>Модуль 2. Моделирование и оптимизация технологических процессов</b>                        |                            |                          |             |              |
| <b>Текущий контроль</b>   |                            |                          | <b>0</b>    | <b>20</b>    |
| Контроль выполнения и проверка отчетности по лабораторным работам                             | 5                          | 4                        |             | 20           |
| <b>Рубежный контроль</b>  |                            |                          |             | <b>20</b>    |
| Контрольная работа №2   |                            |                          |             | 10           |
| Поощрительные баллы   |                            |                          |             |              |
| Тест  |                            |                          | 1           | 10           |
| Публикация статей   |                            |                          | 1           | 10           |
| <b>Посещаемость</b>   |                            |                          |             |              |
| Посещение лекционных занятий  |                            |                          | 0           | -6           |
| Посещение практических занятий  |                            |                          | 0           | -10          |
| Поощрительные баллы   |                            |                          |             | 10           |
| <b>Итоговый контроль</b>  |                            |                          | <b>0</b>    | <b>20</b>    |
| Зачет   |                            |                          | 20          | 20           |
| <b>Итого</b>  |                            |                          |             | <b>100</b>   |