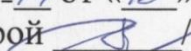
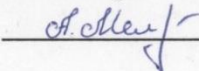


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

Актуализировано:  
на заседании кафедры  
протокол № 17 от «13» июня 2017 г.  
Зав. кафедрой  Абдеев Р.Г.

Согласовано:  
Председатель УМК  
Инженерного факультета  
 /Мельникова А.Я.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Дисциплина Моделирование технологических процессов  
(наименование дисциплины)

Вариативная часть, Дисциплина по выбору Б1.В.1.ДВ.02.02  
(цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))


**программа бакалавриата**

Направление подготовки (специальность)

15.03.02 - Технологические машины и оборудование  
(указывается код и наименование направления подготовки)

Направленность (профиль) подготовки  
Инжиниринг технологического оборудования  
(указывается наименование направленности (профиля) подготовки)

Квалификация  
бакалавр  
(указывается квалификация)

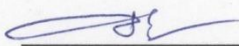
Разработчик (составитель) <u>доцент, канд. техн. наук</u> (должность, ученая степень, ученое звание)	 /Гандалипов Ф.А. (подпись, Фамилия И.О.)
--	--

Дата приема: 2015г.

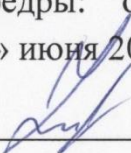
Уфа 2017г.

Составитель: Гандалипов Ф.А.

Рабочая программа дисциплины актуализирована на заседании кафедры  
протокол от «13» июня 2017 г. №17

Заведующий кафедрой  / Абдеев Р.Г.

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины,  
утверждены на заседании кафедры: обновлен список используемой  
литературы, протокол №17 от «15» июня 2018г.

И.о.зав.кафедрой  / Юминов И.П.

## 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 5
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 12
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины 20
  - 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины 20
  - 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины 20
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине 21

# 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:

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	<p>1. Основные методы математического моделирования и оптимизации при проектировании химико-технологических систем и принципы построения математических моделей технологических процессов;</p> <p>2 Теоретические и правовые основы метрологии, стандартизации и сертификации, основы обеспечения единства измерений в Российской Федерации;</p> <p>3. Методы разработки технологической и производственной документации с использованием современных инструментальных средств.</p>	<p>1) способность участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности (ПК-4);</p> <p>2)умением применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, проводить анализ причин нарушений технологических процессов и разрабатывать мероприятия по их предупреждению (ПК-9).</p>	
Умения	<p>1. Использовать методы математического моделирования и математические модели при проектировании химико-технологических систем и принципы построения математических моделей технологических процессов;</p> <p>2. Использовать стандарты и другую нормативную документацию при контроле соблюдения технологической дисциплины при изготовлении изделий;</p> <p>3 Разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств.</p>		
Владения (навыки / опыт деятельности)	<p>1. Навыками использования методов математического моделирования при проектировании химико-технологических систем;</p> <p>2.Умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий;</p> <p>3. Опытот работы разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств.</p>		

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

Целью преподавания дисциплины является реализация требований, установленных в ФГОС ВО. Преподавание строится исходя из требуемого уровня подготовки студентов, обучающихся по данной специальности.

Цель изучения дисциплины: приобретение знаний и навыков по моделированию и оптимизации технологических процессов и технических объектов для их осуществления.

Учебная дисциплина «Моделирование технологических процессов» относится к дисциплине по выбору – Б1.В.1.ДВ.03.02

Для заочной формы обучения:

дисциплина изучается на 4 курсе в 8 семестре.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: Б1.Б.05 Математика, Б1.Б.13 Метрология, стандартизация и сертификация, Б1.Б.15 Механика жидкости и газа, Б1.В.1.ДВ.02.02 Математические основы планирования эксперимента.

**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

##### 4.1.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на зачете

Код и формулировка компетенций:

ПК-4 – способностью участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Не зачтено»	«Зачтено»
Первый этап (уровень)	Знать: 1. Основные методы математического моделирования и оптимизации при проектировании химико-технологических систем и принципы построения математических моделей технологических процессов.	Фрагментарные знания методов математического моделирования и оптимизации при проектировании химико-технологических систем и построения математических моделей технологических процессов.	Сформированные систематические знания методов математического моделирования и оптимизации при проектировании химико-технологических систем и построения математических моделей технологических процессов.
Второй этап (уровень)	Уметь: 1. Использовать методы математического моделирования и математические модели при проектировании химико-технологических систем и принципы построения математических моделей технологических процессов.	Отсутствие умений по использованию методов математического моделирования и математических моделей при проектировании химико-технологических систем и построении математических моделей технологических процессов.	Сформированное умение по использованию методов математического моделирования и математических моделей при проектировании химико-технологических систем и построении математических моделей технологических процессов.
Третий этап (уровень)	Владеть: 1. Навыками использования методов математического моделирования при проектировании химико-технологических систем и построения математических моделей технологических процессов.	Отсутствие навыков или фрагментарное владение навыками использования методов математического моделирования при проектировании химико-технологических систем и построения математических моделей технологических процессов.	Успешное и систематическое владение навыками использования методов математического моделирования при проектировании химико-технологических систем и построения математических моделей технологических процессов.

ПК-9 – умением применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, проводить анализ причин нарушений технологических процессов и разрабатывать мероприятия по их предупреждению

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции)	Критерии оценивания результатов обучения	
		« Не зачтено »	« Зачтено »
Первый этап (уровень)	Знать: 1. Основные методы и средства измерения физических величин; 2. Методы и средства контроля качества продукции, правила проведения контроля, испытаний и приемки продукции; 3. Организацию контроля качества и управления технологическими процессами	Не знает основные методы и средства измерения физических величин, методы и средства контроля качества продукции, организацию управления технологическими процессами	В достаточной степени знает основные методы и средства измерения физических величин, методы и средства контроля качества продукции, организацию управления технологическими процессами
Второй этап (уровень)	Уметь: 1. Применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности; 2. Проводить анализ причин нарушений технологических процессов и разрабатывать мероприятия по их предупреждению 3. Осуществлять информационный поиск нормативных документов в научно-технической литературе, интернете, обобщать информацию и делать выводы;	На низком уровне умеет применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, проводить анализ причин нарушений технологических процессов и разрабатывать мероприятия по их предупреждению	На базовом уровне умеет применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, проводить анализ причин нарушений технологических процессов и разрабатывать мероприятия по их предупреждению
Третий этап (уровень)	Владеть: 1. Методиками контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, способностью к метрологическому обеспечению технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции; 2. Навыками оформления проектной и конструкторской документации в соответствии с требованиями ЕСКД.	Не владеет методиками контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, навыками оформления проектной и конструкторской документации в соответствии с требованиями ЕСКД.	В достаточной степени владеет методиками контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, навыками оформления проектной и конструкторской документации в соответствии с требованиями ЕСКД.



#### 4.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на экзамене

ПК-4 – способностью участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		«Не удовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Первый этап (уровень)	Знать: 1. Основные методы математического моделирования и оптимизации при проектировании химико-технологических систем и принципы построения математических моделей технологических процессов.	Не знает методы математического моделирования и оптимизации при проектировании химико-технологических систем и принципы построения математических моделей технологических процессов.	Фрагментарные представления о методах математического моделирования и оптимизации при проектировании химико-технологических систем и принципах построения математических моделей технологических процессов.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о методах математического моделирования и оптимизации при проектировании химико-технологических систем и принципах построения математических моделей технологических процессов	Сформированные систематические представления о методах математического моделирования и оптимизации при проектировании химико-технологических систем и принципах построения математических моделей технологических процессов.
Второй этап (уровень)	Уметь: 1. Использовать методы математического моделирования и математические модели при проектировании химико-технологических систем и принципы построения математических моделей технологических процессов.	Не умеет использовать методы математического моделирования и математические модели при проектировании химико-технологических систем.	Фрагментарное использование умений методами математического моделирования при проектировании химико-технологических систем.	В целом успешное, но не систематическое использование методов математического моделирования при проектировании химико-технологических систем.	Сформированное умение по использованию методов математического моделирования при проектировании химико-технологических систем.
Третий этап (уровень)	Владеть: 1. Навыками использования методов математического моделирования при проектировании химико-технологических систем и построения математических моделей технологических процессов.	Не владеет навыками математического моделирования при проектировании химико-технологических систем.	Фрагментарное владение навыками математического моделирования при проектировании химико-технологических систем.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применения навыков математического моделирования при проектировании химико-технологических систем.	Успешное и систематическое применение навыков математического моделирования при проектировании химико-технологических систем.

ПК-9 – умением применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, проводить анализ причин нарушений технологических процессов и разрабатывать мероприятия по их предупреждению

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		«Не удовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Первый этап (уровень)	Знать: 1. Основные методы и средства измерения физических величин; 2. Методы и средства контроля качества продукции, правила проведения контроля, испытаний и приемки продукции; 3. Организацию контроля качества и управления технологическими процессами	Не знает о требованиях нормативно-технической документации к проектированию, изготовлению основного технологического оборудования отрасли	Фрагментарные представления о требованиях нормативно-технической документации к проектированию, изготовлению основного технологического оборудования отрасли	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о требованиях нормативно-технической документации к проектированию, изготовлению основного технологического оборудования отрасли	Сформированные систематические представления о требованиях нормативно-технической документации к проектированию, изготовлению основного технологического оборудования отрасли
Второй этап (уровень)	Уметь: 1. Применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности; 2. Проводить анализ причин нарушений технологических процессов и разрабатывать мероприятия по их предупреждению 3. Осуществлять информационный поиск нормативных документов в научно-технической литературе, интернете, обобщать информацию и делать выводы.	Не умеет выбирать средства контроля и управления технологическими процессами нефтегазовых производств	Фрагментарное использование умений выбирать средства контроля и управления технологическими процессами нефтегазовых производств	В целом успешное, но не систематическое использование умений выбирать средства контроля и управления технологическими процессами нефтегазовых производств	Сформированное умение выбирать средства контроля и управления технологическими процессами нефтегазовых производств
Третий этап (уровень)	Владеть: 1. Методиками контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, способностью к метрологическому обеспечению технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции; 2. Навыками оформления проектной и конструкторской документации в соответствии с требованиями ЕСКД.	Не владеет навыками анализа причин разрушения деталей и узлов технологического оборудования отрасли	Фрагментарное владение навыками анализа причин разрушения деталей и узлов технологического оборудования отрасли	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применения навыков анализа причин разрушения деталей и узлов технологического оборудования отрасли	Успешное и систематическое применение навыков анализа причин разрушения деталей и узлов технологического оборудования отрасли

Показатели сформированности компетенции:

Критериями оценивания для заочной формы обучения являются оценки, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины).

Шкала оценивания:

для зачета:

зачтено, не зачтено.

для экзамена:

2 – «не удовлетворительно»;

3 – «удовлетворительно»;

4 – «хорошо»;

5 – «отлично»

**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 Знания	1. Приобретение знаний по работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности	ПК-4 – способностью участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности	Устный опрос, тест, коллоквиум
	2. Приобретение знаний по обеспечению технологичности изделий и оптимизации процессов их изготовления, умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий	ПК-9 – умением применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, проводить анализ причин нарушений технологических процессов и разрабатывать мероприятия по их предупреждению	Устный опрос, тест, коллоквиум
2-й этап Умения	1. Приобретение умений при работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности	ПК-4 – способностью участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности	Устный опрос, коллоквиум, контрольная работа
	2. Приобретение умений обеспечивать технологичность изделий и оптимальность процессов их изготовления, умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий	ПК-9 – умением применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, проводить анализ причин нарушений технологических процессов и разрабатывать мероприятия по их предупреждению	Устный опрос, коллоквиум, контрольная работа
3-й этап Владение навыками	1. Овладение навыками по участию в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности	ПК-4 – способностью участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности	Устный опрос, коллоквиум, контрольная работа
	2. Овладение навыками по обеспечению технологичности изделий и оптимизации процессов их изготовления, умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий	ПК-9 – умением применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, проводить анализ причин нарушений технологических процессов и разрабатывать мероприятия по их предупреждению	Устный опрос, коллоквиум, контрольная работа

### **Примерные вопросы для зачета:**

1. Модели. Моделирование.
2. Области применения моделирования.
3. Модели и аналогии.
4. Типы моделей и виды моделирования.
5. Цели и принципы моделирования.
6. Материальное моделирование. Идеальное моделирование.
7. Физическое моделирование. Назначение. Достоинства. Недостатки.
8. Подобные явления и теория подобия.
9. Физическое моделирование и масштабный переход.
10. Понятие математической модели и моделирования.
11. Математическое моделирование. Классификация математических моделей.
12. Преимущества математического моделирования и требования предъявляемые к математической модели.
13. Задачи, которые решаются с помощью математического моделирования.
14. Этапы построения математической модели.
15. Составление и алгоритмизация математических моделей.
16. Достоверность результатов моделирования.
17. Область применения математических моделей и результатов моделирования.
18. Особенности использования математического моделирования в исследовании технологических процессов.
19. Адекватность математических моделей.
20. Модели структуры потоков.
21. Типы дифференциальных уравнений для описания технологических процессов.

### **Экзаменационные билеты**

Экзаменационный билет состоит из двух вопросов. Пример билета приведен ниже.

#### **Примерные вопросы для экзамена:**

1. Состав математического описания химико-технологического объекта.
2. Требования, предъявляемые к модели химико-технологического объекта.
3. Структура математической модели химико-технологического объекта.
4. Методы составления математических моделей.
5. Эмпирический метод составления математических моделей.
6. Пассивный эксперимент. Активный эксперимент.
7. Теоретический метод составления математических моделей.
8. Экспериментально-аналитический метод составления математических моделей.
9. Математическое описание структуры потоков в аппарате (гидродинамика).
10. Типовые математические модели структуры однофазных потоков в аппарате.
11. Экспериментальное изучение распределения частиц потока во времени.
12. Интегральная и дифференциальная функции распределения времени пребывания элементов потока.
13. Модель идеального перемешивания. Дифференциальное уравнение модели идеального перемешивания.
14. Модель идеального вытеснения. Дифференциальное уравнение модели идеального вытеснения.
15. Понятие конвективной и молекулярной диффузии. Однопараметрическая диф-

- фузионная модель.
16. Разновидности модели идеального вытеснения - диффузионное однопараметрическое вытеснение, диффузионное, двухпараметрическое вытеснение.
  17. Ячеечная модель.
  18. Области применения различных моделей структуры потоков в аппарате.
  19. Основные классы уравнений встречающихся в математическом описании.
  20. Способы решения дифференциальных уравнений.
  21. Математические модели теплообменных аппаратов : смешение-смешение, вытеснение-вытеснение, смешение-вытеснение
  22. Моделирование массообменных процессов.
  23. Моделирование противоточного адсорбционного аппарата
  24. Математические модели гомогенных изотермических реакторов: идеального смешения, идеального вытеснения.
  25. Математические модели химических реакторов с учетом переноса тепла
  26. Оптимизация химико-технологических процессов. Формулировка задачи оптимизации.
  27. Критерий оптимальности. Управляющие параметры.
  28. Этапы решения оптимизационных задач.
  29. Методы оптимизации химико-технологических процессов.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерный факультет  
Кафедра «Технологические машины и оборудование»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 00

По учебной дисциплине Моделирование технологических процессов

Направление: 15.03.02 – Технологические машины и оборудование

Направленность(профиль) подготовки: Инжиниринг технологического оборудования

1. Модели. Моделирование.
2. Типовые математические модели структуры однофазных потоков в аппарате.

Утверждено на заседании кафедры \_\_\_\_\_, протокол № \_\_\_\_  
(дата)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

**Критерии оценки:**

- **отлично** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы.
- **хорошо** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При

ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности.

– **удовлетворительно** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос.

– **неудовлетворительно** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

### **Вопросы для семинаров**

#### **Модуль 1**

##### Введение в моделирование.

1. История развития и задачи моделирования химико-технологических процессов.
2. Основные понятия и принципы моделирования.
3. Физическое и математическое моделирование.
4. Этапы моделирования.
5. Моделирование как основа оптимизации технологических процессов.

##### Физическое моделирование.

1. Подобные явления.
2. Геометрическое и физическое подобие.
3. Теория подобия как аппарат моделирования.
4. Критерии подобия, критериальные уравнения.
5. Метод анализа размерностей.
6. Метод аналогии.
7. Масштабный переход от моделей к промышленным аппаратам.

#### **Модуль 2**

##### Математическое моделирование.

1. Математическое моделирование в исследовании технологических процессов.
2. Типы математических моделей.
3. Аналитические и экспериментально-статистические модели.
4. Составление и алгоритмизация математических моделей.

##### Математические модели структуры потоков.

1. Структура потоков - основа для составления математических моделей.
2. Методы исследования структуры потоков.
3. Дифференциальные уравнения используемые для описания технологических процессов.

#### **Модуль 3**

##### Моделирование гидромеханических процессов.

1. Модели структуры потоков.
2. Модель идеального смешения.
3. Модель идеального вытеснения.
4. Диффузионная модель.
5. Ячеечная модель.
6. Комбинированные модели.



## Тепломассообменные процессы.

1. Моделирование теплообменных аппаратов.
2. Модели и алгоритмы расчета массообменных аппаратов.

### Модуль 4

#### Реакторы.

1. Модели реакторов идеального вытеснения и идеального смешения.
2. Модель каскада реакторов.
3. Эффективность реакторов.

#### Оптимизация технологических процессов и оборудования.

1. Формулировка задачи оптимизации.
2. Критерии оптимизации.
3. Оптимизационные факторы и ограничения.
4. Характеристика методов оптимизации.

#### Критерии оценки:

- **отлично** выставляется студенту, если он с полной отдачей работал на занятии, проявляя заинтересованность, правильно отвечал на поставленные вопросы, примерно вел себя;
- **хорошо** выставляется студенту, если он недостаточно активно работал на занятии, проявляя слабую заинтересованность, делал ошибки, отвечая на поставленные вопросы, примерно вел себя;
- **удовлетворительно** выставляется студенту, если он не активно работал на занятии, не проявлял заинтересованность, делал ошибки, отвечая на поставленные вопросы, отвлекался посторонними делами;
- **неудовлетворительно** выставляется студенту, если он на протяжении всего занятия был занят посторонними делами, неоднократно получал замечания от преподавателя.

### Примеры тестовых заданий

#### Модуль 1

1. Моделирование – это:
  - 1) метод теоретического исследования;
  - 2) метод экспериментального исследования;
  - 3) метод исследования, связанный с построением и исследованием моделей, основанный на возможности переноса знаний с модели на изучаемый объект;
  - 4) метод исследования, связанный с построением и исследованием моделей изучаемых объектов.
2. Этапы моделирования: а) предварительное изучение объекта; б) построение модели изучаемого объекта; в) изучение модели; г) перенос знаний, полученных при исследовании модели на изучаемый объект.

Какой этап исключается при моделировании несуществующих объектов?

  - 1) а);
  - 2) г);
  - 3) а) и г);
  - 4) никакой.
3. Моделирование может быть использовано:

- 1) когда доступ к объекту затруднен или невозможен;
- 2) когда эксперименты на модели связаны с риском его повреждения;
- 3) когда изучаемый объект слишком мал или чрезмерно велик;
- 4) в любых случаях.

## Модуль 2

1. Какой метод математического моделирования используется при составлении математического описания.
  - 1) блочный метод
  - 2) динамический анализ
  - 3) метод наименьших квадратов
2. Какие математические описания, строятся на основе фундаментальных законов и закономерностей.
  - 1) алгебраические
  - 2) стохастические
  - 3) детерминированные
3. Какие математические описания, строятся на основе обработки экспериментальных данных?
  - 1) детерминированные
  - 2) стохастические
  - 3) алгебраические

### Критерии оценки:

- **отлично** выставляется студенту, если правильно выполнено 85 - 100% от всего объема теста;
- **хорошо** выставляется студенту, если правильно выполнено 65 - 84% от всего объема теста;
- **удовлетворительно** выставляется студенту, если правильно выполнено 50 - 64% от всего объема теста;
- **неудовлетворительно** выставляется студенту, если правильно выполнено 0 - 49% от всего объема теста.

## Вопросы для коллоквиумов.

### Модуль 1

#### Введение в моделирование.

1. Основные понятия и принципы моделирования.
2. Физическое и математическое моделирование.
3. Этапы моделирования.
4. Моделирование как основа оптимизации технологических процессов.
5. Физическое моделирование.
6. Теория подобия как аппарат моделирования.
7. Масштабный переход от моделей к промышленным аппаратам.

### Модуль 2

#### Математическое моделирование.

1. Математическое моделирование в исследовании технологических процессов.
2. Типы математических моделей.
3. Составление и алгоритмизация математических моделей.

4. Структура потоков - основа для составления математических моделей.
5. Методы исследования структуры потоков.
6. Дифференциальные уравнения используемые для описания технологических процессов.

### Модуль 3

Моделирование типовых технологических процессов.

1. Модели структуры потоков.
2. Модели идеального смешения, идеального вытеснения, диффузионная модель, ячеечная модель.
3. Комбинированные модели.
4. Моделирование теплообменных аппаратов.
5. Модели и алгоритмы расчета массообменных аппаратов.

### Модуль 4

Реакторы и оптимизация технологических процессов.

1. Модели реакторов идеального вытеснения и идеального смешения.
2. Модель каскада реакторов.
3. Эффективность реакторов.
4. Задачи и критерии оптимизации.
5. Характеристика методов оптимизации.

### Критерии оценки:

- **отлично** выставляется студенту, если у него глубокое и прочное усвоение программного материала, полные, последовательные и логически излагаемые ответы при видоизменении задания.
- **хорошо** выставляется студенту, если он знает программный материал, грамотно излагает, без существенных неточностей в ответе на вопрос.
- **удовлетворительно** выставляется студенту, если он усвоил основной материал, при ответе допускаются неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушение последовательности в изложении программного материала;
- **неудовлетворительно** выставляется студенту, если он не знает программного материала и частично отвечает на вопросы коллоквиума;

### Задания для контрольных работ

Описание контрольных работ:

Предусмотрено выполнение по вариантам контрольных работ по разделам моделирование типовых технологических процессов и реактора.

Пример варианта контрольной работы:

Математическое моделирование теплообменника типа "Труба в трубе"

Цель работы: Освоение методики математического моделирования процессов теплопередачи и расчета технологических режимов теплообменника типа "труба в трубе".

Задание:

В противоточном теплообменнике длиной 20 м охлаждается толуол с начальной температурой 105 С. Охлаждающая вода имеет начальную температуру 12 С.

Внутренний диаметр трубы 0.01 м. Расход толуола 0.005 м<sup>3</sup>/ч, воды – 0.012 м<sup>3</sup>/ч. Теплоемкость, плотность воды и толуола при средней температуре 65 С соответственно 4183 Дж/(кг град) и 1889 Дж/(кг град), 998 кг/м<sup>3</sup> и 866 кг/м<sup>3</sup>. Толщина стенки 0.0015 м, внутренний диаметр кожуха – 0.098 м. Теплопроводность стенки – 45 Вт/(м град).

Определить температурные профили потоков теплоносителей.

### Критерии оценки:

- **отлично** выставляется студенту за работу, выполненную без ошибок и недочетов
- **хорошо** выставляется студенту, если выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов.
- **удовлетворительно** выставляется студенту, если правильно выполнил не менее 50% всей работы или допустил не более одной грубой ошибки и двух недочетов, не более одной грубой и одной негрубой ошибки, не более трех негрубых ошибок, одной негрубой ошибки и трех недочетов, при наличии четырех-пяти недочетов;
- **неудовлетворительно** выставляется студенту, если число ошибок и недочетов превысило норму для оценки или правильно выполнено менее 50% всей работы.

## 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. Уч. пособие. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Логос, 2012. – ЭВК, ЭБС УБО  
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=84988&sr=1>
2. Голубева Н.В. Математическое моделирование систем и процессов. — Лань, 2016. — 192 с. — ЭВК, ЭБС «Лань» [https://e.lanbook.com/book/76825#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/76825#book_name)
3. Самойлов Н. А. Примеры и задачи по курсу «Математическое моделирование химико-технологических процессов»: Учебное пособие. — СПб.: Лань, 2013. — 176 с. — ЭВК, ЭБС «Лань» [https://e.lanbook.com/book/37356#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/37356#book_name)
4. Губарь Ю. В. Введение в математическое моделирование. — М.: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2007. — 153 с. — ЭВК, ЭБС УБО [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=233992&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=233992&sr=1)

#### Дополнительная литература:

5. Введение в математическое моделирование: учебное пособие / Ашихмин В. Н. и др.; под ред. П. В. Трусова. — М.: Логос, 2004. — 440 с. — ЭВК, ЭБС УБО [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=84691&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=84691&sr=1)
6. Барботько А. И., Гладышкин А. О., Основы теории математического моделирования. — Ст. Оскол, 2008. — 212 с.

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

1. <http://www.bashlib.ru/>
2. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» - <https://biblioclub.ru/>
3. <http://znanium.com>
4. <http://window.edu.ru>
5. <http://sl-matlab.ru>
6. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор № 104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные
7. MicrosoftOfficeStandard 2013 Russian. Договор № 114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.
8. Система централизованного тестирования БашГУ (Moodle). GNU General Public License.

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

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: аудитория №401 (инженерный факультет)	Лекции	Мультимедиа-проектор Panasonic PT-EW640E, Экран настенный Draper Luma AV (1:1) 96/96" 244*244MW (XT1000E).
2. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа: аудитория №302 (инженерный факультет)	Практические занятия	Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, проектор Nec M361X(M361XG) LCD 3600Lm XGA(1024x768) 3000:1, экран ScreenMedia Economy-P 1:1 180x180с.
3. Проведение групповых и индивидуальных консультаций: аудитория №106 (инженерный факультет)	Консультации	Доска, мел, парты, стулья.
4. Проведение текущего контроля и промежуточной аттестации: аудитория №106 (инженерный факультет)	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Доска, мел, парты, стулья.
5. Помещения для самостоятельной работы: читальный зал №2 к. 201 (физмат корпус)	Самостоятельная работа	PentiumG2130/4Гб/500Гб/21,5"/Кл/мышь -50 шт., ПК в компл. Фермо Intel. Фермо Intel Моноблок №1 Фермо AMD A8-5500 – 50 шт.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины «Моделирование технологических процессов»

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

на 8 семестр

заочной формы обучения

(форма обучения)

Рабочую программу осуществляют:

Лекции: доцент, канд. тех. наук Гандалипов Фарит Ангамович

(должность, уч. степень, ф.и.о.)

Практические занятия: доцент, канд. тех. наук Гандалипов Фарит Ангамович

(должность, уч. степень, ф.и.о.)

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	3/108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	7,9
лекций	2
практических	4
ФКР	1,9
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	87,1
Учебных часов на подготовку к зачету, экзамену (Контроль)	13

Формы контроля: контрольная работа, зачет, экзамен 8 семестр



№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)			Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости
		ЛК	ПР/СЕМ	СР			
<b>Модуль 1</b>							
1	<b>Тема 1.1</b> Введение. 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.	0,5		4	1, 2, 5	Подготовиться к устному опросу, коллоквиуму	Устный опрос, коллоквиум
2	<b>Тема 1.2</b> 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.		0,5		9	2, 4, 5	Подготовиться к устному опросу, коллоквиуму и тестированию
<b>Всего по модулю 1</b>		0,5	1	13			
<b>Модуль 2</b>							

3	<b>Тема 2.1</b> Математическое моделирование. Особенности использования математического моделирования в исследовании технологических процессов. Типы математических моделей, аналитические и экспериментально-статистические модели. Составление и алгоритмизация математических моделей.	0,5	0,5	8	1,2,3,4	Подготовиться к устному опросу, коллоквиуму	Устный опрос, коллоквиум
4	<b>Тема 2.2</b> 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. Переход от уравнений регрессии к натуральному масштабу.		0,5	0,5	9	1,2,3,4	Подготовиться к устному опросу, коллоквиуму и тестированию
<b>Всего по модулю 2</b>		0,5	1	17			
<b>Модуль 3</b>							
5	<b>Тема 3.1</b> Моделирование типовых технологических процессов и оборудования. Гидромеханические процессы. Моделирование процессов перемешивания, осаждения, фильтрования, центрифугирования. Двухфазные течения и их моделирование.	0,5	0,5	16	1,3,4,5	Подготовиться к устному опросу, коллоквиуму и контрольной работе	Устный опрос, коллоквиум контрольная работа.

6	<b>Тема 3.2</b> Тепломассообменные процессы. Математические модели процессов переноса, учет гидродинамики потоков. Моделирование теплообменных аппаратов. Модели и алгоритмы расчета массообменных аппаратов.		0,5	16	1,3,4	Подготовиться к устному опросу, коллоквиуму и контрольной работе	Устный опрос, коллоквиум контрольная работа.
<b>Всего по модулю 3</b>		0,5	1	32			
<b>Модуль 4</b>							
7	<b>Тема 4.1</b> Реакторы. Модели реакторов идеального вытеснения и идеального смешения. Модель каскада реакторов. Эффективность реакторов.	0,5	0,5	10	3,4,5,6	Подготовиться к устному опросу, коллоквиуму и контрольной работе	Устный опрос, коллоквиум контрольная работа
8	<b>Тема 4.2</b> Оптимизация технологических процессов и оборудования. Формулировка задачи оптимизации. Критерии оптимизации. Оптимизационные факторы и ограничения. Целевая функция. Характеристика методов оптимизации.		0,5	0,5	15,1	1,3,4	Подготовиться к устному опросу, коллоквиуму.
<b>Всего по модулю 4</b>		0,5	1	25,1			
<b>Всего часов:</b>		2	4	87,1			