

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 25.10.2024 13:51:52  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский  
«21» мая 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ И РЕСУРСΟΣБЕРЕГАЮЩИХ**  
**ПРОЦЕССОВ**

Направление подготовки

**18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,  
нефтехимии и биотехнологии**

Направленность программы бакалавриата

**Рациональное использование материальных и энергетических ресурсов**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **химической и биотехнологии**

Кафедра **ресурсосберегающих технологий**

Санкт-Петербург

2021

**Б1.В.08**

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Доцент		С. П. Федоров

Рабочая программа дисциплины «Моделирование энергосберегающих и ресурсосберегающих процессов» обсуждена на заседании кафедры ресурсосберегающих технологий

протокол от «14» мая 2021 № 5

Заведующий кафедрой

Н. В. Кузичкин

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химической и биотехнологии  
протокол от «18» мая 2021 № 10

Председатель

М. В. Рутто

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки		Д.А.Смирнова
Директор библиотеки		Т.Н.Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И.Богданова
Начальник учебно-методического управления		С.Н.Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	5
3. Объем дисциплины	5
4. Содержание дисциплины	6
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий	6
4.2. Занятия лекционного типа	6
4.3. Занятия семинарского типа	7
4.3.1. Семинары, практические занятия	7
4.4. Самостоятельная работа обучающихся	7
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	8
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	8
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	8
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины	8
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	9
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	10
10.1. Информационные технологии	10
10.2. Программное обеспечение	10
10.3. Базы данных и информационно-справочные системы	10
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	10
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.	10

Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p><b>ПК-6</b> Способен применять современные методы исследования технологических процессов и природных сред, использовать информационные технологии, компьютерные средства в научно-исследовательской работе</p>	<p><b>ПК-6.1</b> Разработка моделей энерго- и ресурсосберегающих процессов в промышленности</p>	<p><b>Знать:</b> принципы разработки математических моделей сложных систем (ЗН-1); <b>Уметь:</b> правильно применять методы вычислительной математики для анализа эволюции сложных систем (У-1). <b>Владеть</b> знаниями о принципах разработки математических моделей различных сложных систем (Н-1)</p>
	<p><b>ПК-6.2</b> Применение методов математического моделирования для описания типовых процессов и аппаратов химических и нефтехимических производств</p>	<p><b>Знать:</b> математические методы решения систем уравнений различного типа (ЗН-2); <b>Уметь:</b> анализировать прикладные задачи с целью корректного выбора метода оптимизации (У-2) <b>Владеть</b> методами решения разнообразных прикладных задач (Н-2)</p>
<p><b>ПК-8</b> Способен моделировать энергосберегающие и ресурсосберегающие процессы в промышленности</p>	<p><b>ПК-8.3</b> Использование математических моделей процессов для подбора оптимальных параметров процессов</p>	<p><b>Знать:</b> особенности численной реализации итерационных процессов; методы построения и анализа статистических моделей сложных систем (ЗН-3); <b>Уметь:</b> использовать современные компьютерные средства для моделирования различных процессов и явлений (У-3) <b>Владеть:</b> навыками разработки энерго- и ресурсосберегающих систем в компьютерных моделирующих программах (Н-3)</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплинам части дисциплин, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.08), и изучается на 4 курсе в 7 семестре.

Изучение данной дисциплины базируется на знаниях, полученных студентами в процессе освоения дисциплин «Теоретические основы ресурс- и энергосбережения в химической технологии», «Общая химическая технология», «Процессы и аппараты химической технологии» «Химические реакторы».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Моделирование энергосберегающих и ресурсосберегающих процессов» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе и при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	4 / 144
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>90</b>
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в т.ч. на практи.подготовку	36 (5)
семинары, практические занятия	36 (5)
лабораторные работы	-
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	18
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>27</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	Экзамен (27)

#### 4. Содержание дисциплины

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Введение. Математическое моделирование - основной метод кибернетики	4	-	-	4	ПК-6	ПК-6.1
2.	Математические модели типовых процессов химической технологии	12	12	-	10	ПК-8	ПК-8.1
3.	Математические модели химических реакторов	10	16	-	10	ПК-8	ПК-8.1
4.	Исследование микро и макрокинетики процесса	10	8	-	3	ПК-6	ПК-6.2

##### 4.2. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1.	Физическое и математическое моделирование. Основные виды математических моделей. Выбор и построение модели процесса. Установление адекватности математических моделей реальным объектам.	4	ЛВ
2.	Тепловые процессы. Модели стационарного и нестационарного процесса в теплообменном аппарате. Последовательность оптимального расчета теплообменника. Тепловой насос. Диффузионные процессы. Моделирование ректификационных колонн. Уравнение Фенске и Андервуда. Четкость деления смеси. Математические модели насадочных колонн.	12	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
3.	Уравнения скорости реакции. Области протекания химических реакций. Определение общего уравнения процесса. Форма кинетического уравнения. Модель идеального вытеснения. Модель реактора полного перемешивания. Каскад реакторов полного смешения. Диффузионная модель. Двухфазная модель реактора с кипящим слоем.	10	ЛВ
4.	Интегральный и дифференциальный методы анализа опытных данных. Подбор и проверка уравнения кинетики простой реакции. Истинные и наблюдаемые константы скорости. Распределение продуктов сложных реакций.	10	ЛВ

### 4.3. Занятия семинарского типа

#### 4.3.1. Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	В т.ч. на пр.подготовку	Инновационная форма
2	Расчет кожухотрубного теплообменника в системе Hysys	4	1	МК, КтСм
2	Моделирование ректификационных колонн	8	1	МК, КтСм
3	Моделирование реакторов (реактор идеального вытеснения, реактор полного перемешивания, ячеечная модель)	16	1	МК, КтСм
4	Подбор и проверка уравнения кинетики	8	2	МК, КтСм

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	<i>Введение</i> Типовые математические модели структуры потоков в аппаратах.	4	Устный опрос №1
2	<i>Математические модели типовых процессов химической технологии</i> Модели печей огневого нагрева.	10	Устный опрос №2

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
3	<i>Математические модели химических реакторов</i> Расчет реакторов по кривым отклика. Устойчивость тепловых режимов реакторов	10	Устный опрос №3
4	<i>Исследование микро и макро кинетики процесса</i> Масштабирование аппаратов.	3	Устный опрос №3

## 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

## 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в виде экзамена в 7 семестре.

Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и комплексная задача (для проверки умений и навыков)

При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин, на решение задачи отводится до 20 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

Вариант № 1
1. Модель идеального вытеснения.
2. Распределение продуктов сложных реакций.
Задача: Выполнить пинч-анализ заданной схемы теплообмена

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка за экзамен «удовлетворительно».

## 7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

### а) печатные издания:

1. Химико-технологические системы: оптимизация и ресурсосбережение : учебное пособие для вузов по направлению подготовки "Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии" / Н. В. Лисицын [и др.]. – Санкт-Петербург. : Менделеев, 2013. - 392 с. - ISBN 978-5-94922-034-4 :
2. Общая химическая технология : учебник для химико-технологических спец. вузов : В 2-х частях / под ред. И. П. Мухленова. - 5-е изд., стер. - Москва : Альянс, 2009. - Ч. 1 : Теоретические основы химической технологии / И. П. Мухленов [и др.]. - 2009. - 256 с. - ISBN 978-5-903034-78-9



3. Общая химическая технология : учебник для химико-технологических спец. вузов : В 2-х частях / Под ред. И. П. Мухленова. - 5-е изд., стер. - Москва : Альянс, 2009. - Ч. 2 : Важнейшие химические производства / И. П. Мухленов [и др.]. - 2009. - 263 с. - ISBN 978-5-903034-79-6
4. Математическое моделирование химико-технологических процессов : Учебное пособие для вузов / Ас. М. Гумеров [и др.]. - Москва : КолосС, 2008. - 159 с. - ISBN 978-5-9532-0631-0
5. Машины и аппараты химических производств : Учебное пособие для вузов по спец. "Машины и аппараты химических производств" направления подготовки "Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии" / А. С. Тимонин, Б. Г. Балдин, В. Я. Борщев и др.; под ред. А. С. Тимонина. - Калуга : Изд-во Н. Ф. Бочкаревой, 2008. - 871 с. - ISBN 978-5-89552-227-1
6. Компьютерное моделирование химико-технологических систем в среде Aspen Hysys 8.6 : учебное пособие / В. И. Федоров [и др.]. – Санкт-Петербург [б. и.], 2019. - 77 с.

#### **б) электронные учебные издания:**

1. Власов, Е. А. Общая химическая технология : Учебное пособие / Е. А. Власов, А. Ю. Постнов, С. А. Лаврищева; под ред. Е. А. Власова ; СПбГТИ(ТУ). Каф. технологии катализаторов. - Электрон. текстовые дан. – Санкт-Петербург. : [б. и.], 2009. - 140 с.
2. Компьютерное моделирование химико-технологических систем в среде Aspen Hysys 8.6 : учебное пособие / В. И. Федоров [и др.] ; СПбГТИ(ТУ). Каф. ресурсосберегающих технологий. - Электрон. текстовые дан. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2019. - 77 с.

### **8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины**

учебный план, РПД и учебно-методические материалы: <http://media.technolog.edu.ru>

электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

«Лань» <https://e.lanbook.com/books/>;

сайт федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный институт промышленной собственности»: <https://www1.fips.ru>.

### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Все виды занятий по дисциплине «Моделирование энергосберегающих и ресурсосберегающих процессов» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:  
 плановость в организации учебной работы;  
 серьезное отношение к изучению материала;  
 постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея знания по уже изученному материалу.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

### **10.1. Информационные технологии**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

чтение лекций с использованием слайд-презентаций;  
взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

### **10.2. Программное обеспечение**

Программы Microsoft Office (Microsoft Word, Microsoft PowerPoint), операционная система MS Windows. MathCad. Специализированные моделирующие программные пакеты ASPEN®.

### **10.3. Базы данных и информационно-справочные системы**

Научная электронная библиотека e-library.ru –<http://elibrary.ru>

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

Для ведения лекционных занятий используется аудитория на необходимое количество посадочных мест, оснащенная демонстрационным оборудованием; для ведения практических занятий используется компьютерный класс, оснащенный объединенными в сеть персональными компьютерами, оборудованием и техническими средствами обучения на необходимое количество посадочных мест.

## **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014г.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации  
по дисциплине «Моделирование энергосберегающих и ресурсосберегающих процессов»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
<b>ПК-6</b>	Способен применять современные методы исследования технологических процессов и природных сред, использовать информационные технологии, компьютерные средства в научно-исследовательской работе	Промежуточный
<b>ПК-8</b>	Способен моделировать энергосберегающие и ресурсосберегающие процессы в промышленности	Промежуточный

## 2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-6.1</b> Разработка моделей энерго- и ресурсосберегающих процессов в промышленности	<b>Знает</b> принципы разработки математических моделей сложных систем (ЗН-1);	Правильные ответы на вопросы №№1-4 к экзамену	Перечисляет основные термины и понятия, используемые в лексике предмета изучения, может объяснить их смысл	Перечисляет основные термины и понятия, используемые в лексике предмета изучения, дает четкие их определения	Перечисляет основные термины и понятия, используемые в лексике предмета изучения, дает четкие их определения, может привести релевантные примеры
	<b>Умеет</b> правильно применять методы вычислительной математики для анализа эволюции сложных систем (У-1).	Корректное выполнение и анализ результатов практических работ	Называет особенности применения методы вычислительной математики для анализа эволюции сложных систем	Называет и поясняет особенности применения методы вычислительной математики для анализа эволюции сложных систем	Подробно описывает особенности и применения методы вычислительной математики для анализа эволюции сложных систем
	<b>Способен пользоваться</b> знаниями о принципах разработки математических моделей различных сложных систем (Н-1)	Корректное выполнение практических работ	Имеет представление о принципах о решения задач из области разработки математических моделей различных сложных систем	Способен осуществлять решение задач из области разработки математических моделей различных сложных систем	Способен о формулировать постановку задачи и выполнять решение задач из области разработки математических моделей различных сложных систем

Код и наименование	Показатели сформированности	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
<b>ПК-6.2</b> Применение методов математического моделирования для описания типовых процессов и аппаратов химических и нефтехимических производств	<b>Знает</b> математические методы решения систем уравнений различного типа (ЗН-2);	Правильные ответы на вопросы №№5-9 к экзамену	Перечисляет математические методы решения систем уравнений различного типа	Перечисляет математические методы решения систем уравнений различного типа, дает четкие их определения	Перечисляет математические методы решения систем уравнений различного типа, дает четкие их определения, может пояснить основные принципы применяемых методик
	<b>Способен</b> анализировать прикладные задачи с целью корректного выбора метода оптимизации (У-2)	Корректные выводы по результатам практических работ	Имеет понятие о методах анализа с целью корректного выбора метода оптимизации	Способен применять методики анализа с целью корректного выбора метода оптимизации	Способен выбирать и применять методики анализа с целью корректного выбора метода оптимизации
	<b>Владеет</b> методами решения разнообразных прикладных задач (Н-2)	Корректное выполнение практических работ	Имеет представление о методах решения прикладных задач, может выполнить типовой расчет с использованием инструментария прикладных компьютерных программ	Способен пользоваться стандартизованным инструментарием прикладных компьютерных программ для решения задач построения химико-технологических систем	Способен самостоятельно разрабатывать простые компьютерные модели для решения задач построения химико-технологических систем

Код и наименование	Показатели сформированности	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3
<b>ПК-8.3</b> Использование математических моделей процессов для подбора оптимальных параметров процессов	<b>Знает</b> особенности численной реализации итерационных процессов; методы построения и анализа статистических моделей сложных систем (ЗН-3)	Правильные ответы на вопросы №№10-25 к экзамену	Перечисляет основные термины и понятия, используемые в лексике предмета изучения, может объяснить их смысл	Перечисляет основные термины и понятия, используемые в лексике предмета изучения, дает четкие их определения	Дает четкие определения терминов и понятий, используемых в лексике предмета изучения, может пояснить принципы применяемых методик
	<b>Способен</b> использовать современные компьютерные средства для моделирования различных процессов и явлений (У-3)	Корректные выводы по результатам практических работ	Имеет понятие об использовании современных компьютерных средств для моделирования различных процессов и явлений	Способен применять современные компьютерные средства для моделирования различных процессов и явлений	Способен выбирать и применять инструменты современных компьютерных средств для моделирования различных процессов и явлений
	<b>Владеет</b> навыками разработки энерго- и ресурсосберегающих систем в компьютерных моделирующих программах (Н-3)	Корректное выполнение практических работ	Имеет представление о методах разработки энерго- и ресурсосберегающих систем, может выполнить типовой расчет	Способен пользоваться инструментарием прикладных компьютерных программ для разработки ресурсосберегающих систем	Способен самостоятельно разрабатывать компьютерные модели для решения задач разработки энерго- и ресурсосберегающих систем

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

- шкала оценивания экзамене балльная.

### 3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

#### 3.1 Вопросы к экзамену

##### а) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-6:

1. Физическое и математическое моделирование.
2. Основные виды математических моделей.
3. Выбор и построение модели процесса.
4. Установление адекватности математических моделей реальным объектам.
5. Интегральный и дифференциальный методы анализа опытных данных.
6. Подбор и проверка уравнения кинетики простой реакции.
7. Истинные и наблюдаемые константы скорости.
8. Распределение продуктов сложных реакций.
9. Масштабирование аппаратов.

##### б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-8:

10. Типовые математические модели структуры потоков в аппаратах.
11. Модели стационарного процесса в теплообменном аппарате.
12. Модели нестационарного процесса в теплообменном аппарате.
13. Последовательность оптимального расчета теплообменника.
14. Тепловой насос.
15. Модели печей огневого нагрева.
16. Моделирование ректификационных колонн. Уравнение Фенске и Андервуда. Четкость деления смеси.
17. Математические модели насадочных колонн.
18. Уравнения скорости реакции. Области протекания химических реакций.
19. Модель идеального вытеснения.
20. Модель реактора полного перемешивания.
21. Каскад реакторов полного смешения.
22. Диффузионная модель.
23. Двухфазная модель реактора с кипящим слоем.
24. Расчет реакторов по кривым отклика.
25. Устойчивость тепловых режимов реакторов

#### 3.2 Практические задания к промежуточной аттестации комплектуются типовыми примерами, освоенными на занятиях семинарского типа.

Примеры заданий:

1. Для извлечения этилбензола из трех потоков ( $R_1, R_2, R_3$ ) в качестве экстрагентов используют гексан ( $S_1, S_2$ ) и четыреххлористый углерод ( $S_3$ ). Они поглощают во внутренней подсистеме часть этилбензола. Для дополнительной очистки во внешней подсистеме используется ионообменная смола ( $S_4$ ). Характеристики богатых ( $R_1, R_2, R_3$ ) и бедных потоков ( $S_1, S_2, S_3$ ) выдаются преподавателем. Минимально допустимая движущая сила равна 0,0015 кг этилбензола/кг массоагента. Синтезировать массообменную систему извлечения этилбензола.

2. Для извлечения толуола из потоков-отходов нефтяных дистиллятов ( $R_1, R_2$ ) в качестве экстрагентов используют водные растворы моноэтиленгликоля ( $S_1$ ) и диэтиленгликоля ( $S_2$ ). Для дополнительной очистки во внешней подсистеме используется активированный уголь ( $S_3$ ). Характеристики богатых ( $R_1, R_2$ ) и бедных потоков ( $S_1, S_2, S_3$ ) выдаются

преподавателем. Минимально допустимая движущая сила равна 0,001 кг толуола/кг массо-агента. Синтезировать массообменную систему извлечения толуола.

При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше и практическое задание, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин, на решение задачи отводится до 20 мин.

**4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТП СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.



