

Министерство образования и науки Российской Федерации  
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
 высшего профессионального образования  
 «Самарский государственный технический университет»



***Б1.Б.6 Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем***

Направление подготовки	<i>18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии</i>
Квалификация выпускника	<i>магистр</i>
Профиль (направленность)	<i>Промышленная экология и рациональное использование природных ресурсов</i>
Форма обучения	<i>очно-заочная</i>
Выпускающая кафедра	<i>Химическая технология и промышленная экология</i>
Кафедра-разработчик рабочей программы	<i>Химическая технология и промышленная экология</i>

Семестр	Трудоемкость час.	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз., час./зачет)
2	180	12	22	22	88	Экзамен, 36
<b>Итого</b>	<b>180</b>	<b>12</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>88</b>	<b>Экзамен, 36</b>


Самара  
 2015 г.

Программа разработана в соответствии с требованиями Федерального закона от 27.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», ФГОСВО, Приказом Минобрнауки России от 19 декабря 2013 г. №1367 «Об утверждении порядка организации осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры» и учебного плана СамГТУ.

Составитель рабочей программы:

К.х.н., доцент

(должность, ученое звание, степень)


  
 (подпись)  
 17.12.14  
 (дата)

Шкаруппа С.П.

(ФИО)

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры: «Химическая технология и промышленная экология» 19 декабря 2014 г. Протокол №5


Зав. кафедрой-разработчиком

  
 (подпись)  
 19.12.14  
 (дата)

Васильев А.В.

(ФИО)

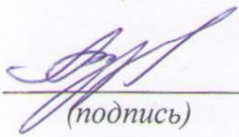
Эксперт методической комиссии по УГНП

  
 (подпись)  
 21.01.15  
 (дата)

Измайлов В.Д.

(ФИО)


Председатель методического совета НТФ

  
 (подпись)  
 10.02.15  
 (дата)

Чуркина А.Ю.

(ФИО)

Декан НТФ

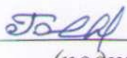
  
 (подпись)  
 25.02.15  
 (дата)

Тян В.К.

(ФИО)

СОГЛАСОВАНО:


Зав. выпускающей кафедрой

  
 (подпись)  
 19.12.14  
 (дата)

Васильев А.В.

(ФИО)

Начальник УВО

  
 (подпись)  
 02.03.2015  
 (дата)

Лукьянова А.Н.

(ФИО)

## СОДЕРЖАНИЕ

1.	Требования к результатам освоения дисциплины	4
2.	Место дисциплины в структуре ОПОП	5
3.	Структура и содержание дисциплины	6
3.1.	Структура дисциплины	6
3.2.	Содержание дисциплины	7
4.	Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	12
5.	Образовательные технологии	13
6.	Формы контроля освоения дисциплины	13
6.1.	Перечень оценочных средств для текущего контроля освоения дисциплины	13
6.2.	Состав фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине	14
7.	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	16
7.1.	Перечень основной и дополнительной учебной литературы	16
7.2.	Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	17
8.	Материально-техническое обеспечение дисциплины	17
	Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины	18
	Приложение 1. Аннотация рабочей программы	19
	Приложение 2. Методические указания для самостоятельной работы обучающихся	20
	Приложение 3. Фонд оценочных средств дисциплины	26
	Приложение 4. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	46

## 1. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Результаты освоения ОПОП магистратуры определяются приобретаемыми выпускником компетенциями, т.е. его способностью применять знания, умения и личностные качества в соответствии с задачами профессиональной деятельности.

В результате освоения дисциплины «Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем» обучаемый должен обладать следующими компетенциями:

ОПК-4: готовность к использованию методов математического моделирования материалов и технологических процессов, к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез,

ПК-6: готовность разрабатывать математические модели и осуществлять их экспериментальную проверку.

Таблица 1.

### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Планируемые результаты освоения ОПОП (компетенции), достижение которых обеспечивает дисциплина		Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
Коды компетенции	Содержание компетенций	Знать: Уметь: Владеть:
Общепрофессиональные		
ОПК-4	Готовность к использованию методов математического моделирования материалов и технологических процессов, к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез.	<b>Знать:</b> Основные методы математического моделирования при проектировании энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем <b>Уметь:</b> Использовать методы математического моделирования при проектировании энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем <b>Владеть:</b> Навыками использования методов математического моделирования при проектировании энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем.
Профессиональные		
ПК-6	Готовность разрабатывать математические модели и осуществлять их экспериментальную проверку.	<b>Знать:</b> Основные принципы построения математических моделей энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем; <b>Уметь:</b> Использовать математические модели при проектировании энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем и разрабатывать технологический режим с позиций энерго- ресурсосбережения (ЭРС); <b>Владеть:</b> Навыками использования математических моделей энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем и способами оценки различных вариантов ЭРС технологических схем.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем относится к базовой части блока 1 учебного плана.

Перечень предшествующих и последующих дисциплин, формирующих общекультурные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции.

Таблица 2.

№	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
<i>Общепрофессиональные</i>			
1	ОПК-4 Готовность к использованию методов математического моделирования материалов и технологических процессов, к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез.	Термодинамические основы ресурсосбережения; проектирование и эксплуатация оборудования переработки и утилизации промышленных и твердых бытовых отходов; основы планирования и математической обработки результатов эксперимента; основы анализа многомерных данных.	Дополнительные главы математики. Теория системного анализа и принятия решений; моделирование технологических и природных систем; проектирование и эксплуатация оборудования очистки сточных вод; научно-исследовательская работа.
<i>Профессиональные</i>			
1	ПК-6 Готовность разрабатывать математические модели и осуществлять их экспериментальную проверку.	Предшествующие дисциплины отсутствуют.	Дополнительные главы математики. Теория системного анализа и принятия решений; моделирование технологических и природных систем; научно-исследовательская работа.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 5 зачетных единиц (ЗЕТ), 180 академических часов.

Таблица 3.

**Объём дисциплины по видам учебных занятий**

Вид учебной работы	Аудиторная работа, часов	Внеаудиторная контактная работа	Семестр
			2
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>56</b>		<b>56</b>
В том числе:			
Лекции	12		12
Практические (ПЗ)	22		22
Лабораторные работы (ЛР)	22		22
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>88</b>		<b>88</b>
В том числе:			
Курсовая работа	27	5	27
Самостоятельное изучение материала тем курса	21		21
Подготовка к лабораторным работам	20		20
Проработка лекционного курса и подготовка к практическим занятиям	20		20
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен (час.))	Экзамен, 36		Экзамен, 36
<b>ИТОГО:</b>	<b>180</b>		<b>180</b>
<b>Час.</b>	<b>5</b>		<b>5</b>
<b>ЗЕТ</b>			
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)	56	5	<b>61</b>

### Распределение учебной нагрузки по разделам дисциплины

Таблица 4.

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы				
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	Всего часов
1	Основные технологические принципы создания энерго- и ресурсосберегающих химических технологий.	6	10	10	30	56
2	Системный многокритериальный анализ эффективности функционирования химических производств	6	12	12	31	61
1,2	Курсовая работа	—	—	—	27	27
<b>ИТОГО:</b>		<b>12</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>88</b>	<b>144</b>

### 3.2. Содержание дисциплины Лекционный курс

Таблица 5.

№ лекции	Номер раздела	Тема лекции и перечень дидактических единиц*	Трудоемкость, часов
1	1	<p><b>Тема 1. Обобщенный образ технологической системы</b></p> <p>Основные понятия и определения: ресурсосбережение, энерго-сбережение, безотходное химическое производство и малоотходное химическое производство, ресурсосберегающее химическое производство.</p> <p>Проблемы энерго - и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии, биотехнологии:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- энергоемкость существующих технологических процессов в химической и нефтехимической технологии, биотехнологии;</li> <li>- показатели ресурсосбережения промышленных химических производств;</li> <li>- пути энерго - и ресурсосбережения на различных иерархических уровнях;</li> <li>- роль термодинамического подхода в решении задач энерго - и ресурсосбережения в химическом производстве.</li> </ul> <p>Модель «черного ящика» как термодинамическая модель функционирования химико-технологической системы. Первое начало термодинамики. Совокупный материальный поток, поток теплоты, поток энергии. Примеры моделей ряда систем: аппарат, агрегат, промышленное производство, химико-технологическая система.</p>	2
2	1	<p><b>Тема 2. Интегральные уравнения преобразования потоков вещества и энергии в технологических системах</b></p> <p><b>Уравнение балансов потоков масс</b></p> <p>Системы уравнений материальных балансов по:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- общим массовым расходам физических потоков;</li> <li>- общим массовым расходам химических компонентов;</li> </ul>	2

		<p>- общим массовым расходам химических элементов.</p> <p>Теоретический и практический материальный баланс. Определение стехиометрически независимых реакций в их системе по критерию Грама. Представление материальных потоков в форме потоковой диаграммы.</p> <p>Критерии оценки хода процесса и критерии эффективности использования сырья.</p>	
3	1	<p><b>Тема 3. Основные технологические принципы создания ресурсосберегающих химических технологий. Уравнение баланса потоков энергии</b></p> <p>Различные варианты технологических схем производства азотной кислоты из аммиака как пример оценки эффективности использования сырьевых ресурсов.</p> <p>Интегральное уравнение сохранения энергии в технологической системе. Энтальпийный баланс, как частный случай энергетического баланса. Представление энтальпийного и энергетического балансов в форме потоковой диаграммы.</p> <p>Частные формы уравнения баланса энергии: течение жидкости в трубопроводе, противоточный теплообменник, адиабатный реактор и реактор с внешним теплообменом, электрохимический реактор.</p> <p>Роль энергетического баланса системы в решении вопроса энергосбережения. Коэффициент преобразования энергии и эффективность функционирования химико–технологической системы.</p>	2
4	2	<p><b>Тема 4. Использование методов оптимизации при создании энерго - и ресурсосберегающих производств</b></p> <p>Прямая структурно - декомпозиционная, структурно – параметрическая оптимизация ХТС в задачах энерго - и ресурсосбережения в химической технологии.</p> <p>Классификация методов многокритериальной оптимизации энерго – и ресурсосберегающих процессов и систем. Техно-экономический критерий эффективности. Методология энерго – и ресурсосбережения многокомпонентных каталитических процессов. Гипотетически обобщенная технологическая структура. Парето оптимизация технологических, конструкционных и структурных параметров.</p>	2
5	2	<p><b>Тема 5. Стратегия оптимизации и организации энерго- и ресурсосбережения.</b></p> <p>Декомпозиция по составляющим критерия. Оценка степени рассогласования по составляющим критерия. Блок-схема решения задачи оптимизации и энерго – и ресурсосбережения многокритериальной системы. Неформализованные задачи оптимальной эксплуатации химических производств. Объекты ситуационного управления. Диагностика причин отклонений в работе промышленных установок. Формирование математических моделей для решения задач ситуационного управления.</p>	2
6	2	<p><b>Тема 6. Интеллектуальные системы Физико-химические модели - основа для построения интеллектуальных систем.</b></p> <p>Теоретические основы построения интеллектуальных систем оптимизации и организации энерго – и ресурсосбережения процессов химической технологии. Построение интеллектуальных систем для расчета, оптимизации и прогнозирования химических производств. Теоретические основы, рас-</p>	2



		<p>чет и оптимизация нестационарных ХТП.</p> <p>Учет физико-химических особенностей процесса при разработке новых компьютерных технологий. Выбор и обоснование рациональных способов представления экспертных знаний об изучаемом процессе.</p> <p>Принципы выбора гидродинамического режима работы реактора при математическом моделировании. Оценка численных значений параметров математических моделей.</p>	
Итого:			12

### Практические занятия

Таблица 5.

№ занятия	Номер раздела	Наименование практического занятия и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, часов*
1	1	<p><u>Принципы составления материальных балансов и материальные расчеты необратимых химико-технологических процессов.</u></p> <p>Расчеты расходных коэффициентов. Составление и анализ материальных балансов по основным компонентам производств (решение задач).</p>	4
2	1	<p><u>Составление материальных балансов необратимых химико-технологических процессов.</u></p> <p>Расчет материальных балансов промышленных процессов (решение задач).</p>	4
3	1	<p><u>Принципы составления энергетического (теплого) баланса и тепловые расчеты химико-технологических процессов.</u></p> <p>Расчеты теплового баланса промышленных процессов (решение задач).</p>	2
4	2	<p><u>Оценка эффективности химического производства.</u></p> <p>Расчет основных технологических показателей технологических процессов (решение задач).</p>	4
5	2	<p><u>Эксергетические балансы и характеристики химико-технологических систем</u></p> <p>Уравнения эксергетического баланса. Эксергетическая производительность.</p>	4
6	2	<p><u>Анализ работы технической системы.</u></p> <p>Анализ всех возможных видов взаимодействия потоков энергии и рабочих тел. Энерготехнологическая схема синтеза аммиака</p>	4
<b>ИТОГО:</b>			<b>22</b>

\* Примечание: расписанием необходимо предусмотреть практические занятия длительностью 4 часа

## Лабораторные работы

Таблица 6.

№ занятия	Номер раздела	Наименование лабораторной работы и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, часов
1	1	<u>Технические системы энергоснабжения</u> Расчет теплоутилизационной установки печи. Организация технических мероприятий минимизирующих необратимые потери высокотемпературных тепловых ВЭР Расчет котла-утилизатора, КТАНа.	4
2	1	<u>Теплоэнергоснабжение химических предприятий</u> Оценка термодинамического совершенства технических систем. Эксергетический КПД. Коэффициенты преобразования энергии.	4
3	1	<u>Энергосберегающие технологии утилизации низкотемпературных ВЭР</u> Принципы встраивания энерготехнологического оборудования в химико-технологическую схему на примере технологии синтеза аммиака	2
4	2	<u>Ресурсосберегающие технологии.</u> Оптимальное распределение нагрузок между параллельно работающими абсорбционными аппаратами. Варианты распределения газовой и жидкостной нагрузок.	4
5	2	<u>Химические процессы и рециклы</u> Распределение нагрузок между реакторами Оптимальное распределение нескольких потоков сырья для параллельно работающих аппаратов безотносительно к типу аппарата.	4
6	2	<u>Оптимизация ХТС и использование вторичных материальных ресурсов</u> Распределение нагрузок между реакторами с быстро падающей активностью катализатора. Принципы оптимального распределения нагрузок между реакторами идеального вытеснения.	4
<b>ИТОГО:</b>			<b>22</b>

## Самостоятельная работа студента

Таблица 7.

Раздел дисциплины	№ п/п	Вид самостоятельной работы студента (СРС) и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, часов
1	1.1	<b>Самостоятельное изучение материала тем курса</b> Системный анализ процессов химической технологии. Общие принципы анализа процессов химической технологии. Принципиальная блок-схема структуры типовых процессов.	6
	1.2	<b>Самостоятельное изучение материала тем курса</b> Критерии оптимальности для теплообменников. Оценка влияния реальной структуры потоков в теплообменных аппаратах.	4
		<b>Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов</b> Принципы и технологии энергосбережения	10
		<b>Проработка лекционного курса и подготовка к практическим занятиям</b> Материальный и энергетический балансы химико-технологического процесса. Оценка эффективности химического производства	10
2	2.1	<b>Самостоятельное изучение материала тем курса</b> Классификация методов оптимизации ХТС. Прямые методы безусловной оптимизации: 1) вычисления только минимизируемой функции (безградиентные методы); 2) расчета первых производных (градиентные); 3) вычисления первых и вторых производных. Стратегии поиска методы Розенброка, Пауэлла, Гаусса—Зейделя, симплекс-метод. Методы второго типа: методы градиента, наискорейшего спуска, Ньютона—Рафсона и их модификации. Методы третьего типа: вычисление вторых производных, метод Флетчера—Пауэлла, который использует оригинальную аппроксимацию вторых производных Дэвидона, чем обеспечивает более высокую скорость сходимости, чем градиентные методы. Ограничения условной оптимизации в прямых методах.	7
	2.2	<b>Самостоятельное изучение материала тем курса</b> Группа методов оптимизации ХТС — декомпозиционные методы Декомпозиционные методы оптимизации отдельных подсистем ХТС. Взаимосвязь отдельных задач оптимизации, Методы структурной оптимизации Прямой метод структурной оптимизации : одновременный поиск оптимальных условий по технологическим и структурным параметрам. Второе направление структурной оптимизации (метод ПОС): теория существования предельно оптимальных структур, обеспечивающих согласование локальных целей подси-	4

		<p>стемы без отклонения от локальных оптимумов в результате синтеза требуемого взаимодействия между элементами ХТС. Основные этапы оптимизации ХТС на стадии проектирования:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) общий анализ задачи оптимизации;</li> <li>2) определение критерия оптимизации;</li> <li>3) выбор оптимизирующих параметров и анализ их влияния на критерий оптимизации;</li> <li>4) составление математической модели ХТС;</li> <li>5) организация оптимальной стратегии оптимизации ХТС;</li> <li>6) выбор метода оптимизации и оптимальный расчет.</li> </ol>	
		<b>Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов</b> Методы оптимизации химико-технологических процессов и систем	10
		<b>Проработка лекционного курса и подготовка к практическим занятиям</b> Методы расчета и оптимизации ХТС	10
1,2		Курсовая работа	27
<b>ВСЕГО ЧАСОВ:</b>			<b>88</b>

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

##### 4.1 Список тем, выносимых для самостоятельного изучения

*Тема 1.1. Системный анализ процессов химической технологии. Общие принципы анализа процессов химической технологии. Принципиальная блок-схема структуры типовых процессов.*

*Тема 1.2. Критерии оптимальности для теплообменников. Оценка влияния реальной структуры потоков в теплообменных аппаратах.*

*Тема 2.1. Классификация методов оптимизации ХТС.*

*Прямые методы безусловной оптимизации:*

- 1) вычисления только минимизируемой функции (безградиентные методы);
- 2) расчета первых производных (градиентные);
- 3) вычисления первых и вторых производных.

*Стратегии поиска методы Розенброка, Пауэлла, Гаусса—Зейделя, симплекс-метод.*

*Методы второго типа: методы градиента, наискорейшего спуска, Ньютона—Рафсона и их модификации.*

*Методы третьего типа: вычисление вторых производных, метод Флетчера—Пауэлла, который использует оригинальную аппроксимацию вторых производных Дэвидона, чем обеспечивает более высокую скорость сходимости, чем градиентные методы.*

*Ограничения условной оптимизации в прямых методах.*

*Тема 2.2. Группа методов оптимизации ХТС — декомпозиционные методы*

*Декомпозиционные методы оптимизации отдельных подсистем ХТС.*

*Взаимосвязь отдельных задач оптимизации,*

*Методы структурной оптимизации*

*Прямой метод структурной оптимизации : одновременный поиск оптимальных условий по технологическим и структурным параметрам.*

*Второе направление структурной оптимизации (метод ПОС): теория существования предельно оптимальных структур, обеспечивающих согласование локальных целей подсистемы без отклонения от локальных оптимумов в результате синтеза требуемого взаимодействия между элементами ХТС.*

*Основные этапы оптимизации ХТС на стадии проектирования:*

- 1) *общий анализ задачи оптимизации;*
- 2) *определение критерия оптимизации;*
- 3) *выбор оптимизирующих параметров и анализ их влияния на критерий оптимизации;*
- 4) *составление математической модели ХТС;*
- 5) *организация оптимальной стратегии оптимизации ХТС;*
- 6) *выбор метода оптимизации и оптимальный расчет.*

#### **4.2 Форма представления исходного материала для выполнения курсовой работы**

К примерной тематике курсовой работы можно отнести:

- Синтез и расчет теплообменно-регенеративных систем риформинга;
- Распределение нагрузок между реакторами
- Оптимальное распределение нагрузок между параллельно работающими абсорбционными аппаратами
- Расчет рекуперативного подогрева сырья кубовой жидкостью;
- Оптимизация ХТС и использование вторичных материальных ресурсов (производство азотной кислоты)
- Оптимизация ХТС и использование вторичных энергетических ресурсов (производство стирола)
- Анализ и синтез энергохимикотехнологической схемы производства аммиака
- Расчет теплоутилизационной установки риформинга
- Расчет КТАНа

В курсовой работе требуется решить задачу создания энерго- и ресурсосберегающей химико-технологической системы в условиях типового производства с заданными параметрами работы.

Методические указания в т.ч. для самостоятельной работы обучающихся и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины приводятся в Приложении 2 и Приложении 3 к рабочей программе.

### **5. Образовательные технологии**

Использование интерактивных образовательных технологий учебным планом направления 18.04.02 (241000.68) по данной дисциплине не предусмотрено.

### **6. Формы контроля освоения дисциплины**

#### **6.1. Перечень оценочных средств для текущего контроля освоения дисциплины**

**Текущая аттестация** студентов производится в дискретные временные интервалы преподавателями, ведущими лабораторные работы и практические занятия по дисциплине, в следующих формах:

- выполнение лабораторных работ;
- оценка работы на практических занятиях.

## 6.2. Состав фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Промежуточная аттестация по результатам семестров по дисциплине проходит в форме письменного экзамена (включает в себя ответ на теоретические вопросы и/или решения задач) и защиты курсовой работы.

### 6.2.1. Вопросы для подготовки к экзамену

1. Из каких основных стадий состоит химико-технологический процесс?
2. Что такое химический процесс? Почему химический процесс как единичный процесс химической технологии сложнее по сравнению с тепловыми и массообменными?
3. Критерии эффективности химико-технологического процесса.
4. По каким признакам классифицируют сырье химической промышленности?
5. Что такое вторичные материальные ресурсы?
6. С какой целью проводится комплексная переработка сырья?
7. Основные виды энергетических ресурсов. Какие из них являются наиболее перспективными?
8. Эффективное использование вторичных энергетических ресурсов.
9. В чем состоит сущность энерготехнологии?
10. Составьте схемы использования твердых, жидких и газообразных видов топлива.
11. Приведите примеры использования в энерготехнологических процессах теплоты химических реакций.
12. Сформулируйте основные направления повышения эффективности использования сырьевых и топливных энергетических ресурсов.
13. Что такое эксергия?
14. Каковы возможности и цели эксергетического анализа технологических процессов?
15. Как рассчитать эксергию реакционного потока?
16. С какой целью в технике используют эксергетический КПД? Каковы пути увеличения эксергетического КПД?
17. Как изменится достигаемая в реакторе глубина превращения в том случае, если имеются застойные зоны: а) в реакторе, режим работы которого близок к идеальному смешению, б) в реакторе, режим работы которого близок к идеальному вытеснению?
18. В чем состоят принципиальные различия в условиях теплообмена для изотермического и адиабатического режимов работы реактора?
19. Составьте систему уравнений материального и теплового балансов для изотермического реактора идеального смешения.
20. Почему нельзя найти аналитическое решение системы уравнений материального и теплового балансов адиабатического реактора идеального смешения, работающего в стационарном режиме, относительно температуры в реакторе и достигаемой в нем степени превращения?
21. Используя графическое решение системы уравнений материального и теплового балансов адиабатического реактора идеального смешения, проанализируйте возможности увеличения достигаемой в реакторе степени превращения в случае проведения в нем: а) необратимой реакции, б) обратимой эндотермической реакции, в) обратимой экзотермической реакции.
22. Найдите графическое решение системы уравнений материального и теплового балансов реактора идеального смешения промежуточного типа при проведении в нем обратимой экзотермической реакции.
23. Какая величина выбирается в качестве критерия оптимальности при разработке оптимального температурного режима? Обоснуйте сделанный выбор.
24. В чем преимущества природного газа перед другими видами природного сырья для производства аммиака?

25. *Какими соображениями руководствуются при выборе технологического режима основных стадий паровоздушной конверсии природного газа?*
26. *Составьте схему синтеза аммиака.*
27. *Учитывая особенности реакции синтеза аммиака, обоснуйте выбор давления и температурного режима.*

### 6.2.2. Состав выполнения разделов курсовой работы

Курсовая работа связана с изучением научной, учебной, нормативной и другой литературы и с выполнением необходимых расчетов.

Тематика курсовой работы определяется общей направленностью подготовки магистра.

В данной курсовой работе стоит задача анализа эффективности предлагаемой химико-технологической схемы. Рассматривается структура ХТС, технологические связи элементов ХТС и подсистем, рассчитываются основные показатели эффективности функционирования, как отдельных элементов, подсистем так и химико-технологической системы в целом. Решается задача создания энерго- и ресурсосберегающих ХТС.

В зависимости от числа критериев, по которым выполняется оптимизация объекта, различают однокритериальную и многокритериальную оптимизацию. В случае параметрического синтеза при известной структуре объекта подбираются параметры элементов таким образом, чтобы минимизировать (максимизировать) целевую функцию. При структурно-параметрическом синтезе помимо подбора параметров необходимо еще и определить структуру объекта.

Выбор оптимального решения или сравнения двух альтернативных решений проводится с помощью некоторой зависимой величины (функции), которая определяется проектными параметрами. Эта величина называется целевой функцией - это глобальный критерий оптимальности в математических моделях, с помощью которых описываются инженерные задачи или критерием качества. В процессе решения задачи оптимизации должны быть найдены такие значения проектных параметров, при которых целевая функция имеет максимум (или минимум).

Основные этапы решения задачи оптимизации:

- постановка задачи;
- построение математической модели задачи;
- решение математической модели задачи;
- принятие решений.

Обязательным элементом курсовой работы является расчетно-пояснительная записка.

Расчетно-пояснительная записка включает такие структурные части:

- титульный лист;
- задание на курсовую работу;
- содержание;
- введение;
- основная (расчетная) часть;
- обсуждение полученных результатов;
- заключение (выводы);
- список использованных источников.

Задание на курсовую работу выдается преподавателем, ведущим данную дисциплину.

Фонд оценочных средств, перечень заданий для проведения промежуточной аттестации, а также методические указания для проведения промежуточной аттестации приводятся в Приложении 4 к рабочей программе.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

## 7.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Таблица 10.

## Основная литература

№ п/п	Учебник, учебное пособие (приводится библиографическое описание учебника, учебного пособия)	Ресурс НТБ СамГТУ	Кол-во экз.
1	Кузнецова И.М., Харлампики Х. Э., Иванов В.Г., Чиркунов Э.В. Общая химическая технология. Основные концепции проектирования ХТС. Под ред. Х.Э. Харлампики "Лань" Издательство: 2014 Год: 2-е изд., перераб. 384 стр.	ЭБС издательства «Лань»	Электронный ресурс
2	Шурыгина Л.И., Суровой Э.П. Методы оптимизации химического эксперимента : учебное пособие. Ч. 2: Регрессионный анализ и статистическое планирование эксперимента Издательство КемГУ (Кемеровский государственный университет). 2011 г.: 66 стр.	ЭБС издательства «Лань»	Электронный ресурс

## Дополнительная литература

№ п/п	Учебник, учебное пособие, монография, справочная литература (приводится библиографическое описание)	Ресурс НТБ СамГТУ	Кол-во экз.
1	Шурыгина Л.И., Суровой Э.П. Методы оптимизации химического эксперимента : учебное пособие. Ч. 1: Статистический анализ эксперимента Издательство КемГУ (Кемеровский государственный университет) Издательство: 2009 Год: 57 стр. 978-5-8353-0926-9 ISBN:	ЭБС издательства «Лань»	Электронный ресурс
2	Лисицын, Н. В. Химико-технологические системы: оптимизация и ресурсосбережение [Текст] : учеб. пособие / Н. В. Лисицын, В. К. Викторов, Н. В. Кузичкин. - СПб. : Менделеев, 2007. - 311 с. : ил., табл. - ISBN 5-94922-024-2	Электронный каталог НТБ СамГТУ	1
3	Беспалов, А. В. Системы управления химико-технологическими процессами [Текст] : учеб. / А. В. Беспалов, Н. И. Харитонов. - М. : Академкнига, 2007. - 690 с. : ил. - ISBN 978-5-94628-3 11-3 (в пер.)	Электронный каталог НТБ СамГТУ	1
4	Закгейм, А. Ю. Общая химическая технология [Текст] : введ. в моделирование хим.-технол. процессов: учеб. пособие / А. Ю. Закгейм. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Логос, 2009. - 302 с. : граф., ил., табл. - (Новая унив. б-ка). - ISBN 978-5-98704-289-5 (в пер.)	Электронный каталог НТБ СамГТУ	2
5	Струченков В.И. Методы оптимизации в прикладных задачах Издательство "СОЛОН-Пресс" Издательство: 2009 Год: 320 стр. 978-5-91359-061-9 ISBN:	ЭБС издательства «Лань»	Электронный ресурс
6	<u>Шкаруппа, С. П.</u> Химико-технологические системы [Текст] : учеб. пособие / С. П. Шкаруппа, Б. Ю. Смирнов, Г. Я. Богомолова ; Самар. гос. техн. ун-т. - Самара : [б. и.], 2009. - 105 с. : ил., схем., табл.	Электронный каталог НТБ СамГТУ	10

## Периодические издания:

Журналы:

- «Экология и промышленность России»
- «Экология производства»



## 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет»

*В НТБ СамГТУ представлены базы данных:*

*Русскоязычные*

- Электронная библиотека диссертаций РГБ
- ВИНТИ
- КонсультантПлюс (правовые документы)
- РОСПАТЕНТ
- Кодекс (официальные документы, ГОСТы и др.)
- eLIBRARY.RU (НЭБ - Научная электронная библиотека)

*Зарубежные*

- ScienceDirect (Elsevier) - естественные науки, техника, медицина и общественные науки.
- Scopus - база данных рефератов и цитирования
- Reaxys - база структурного поиска по химии.
- SpringerLink - химия и материаловедение, компьютерные науки, биологические науки, бизнес и экономика, экология, инженерия, гуманитарные и социологические науки, математика и статистика, медицина, физика и астрономия, архитектура и дизайн.
- The American Physical Society – ведущие физические журналы мира.
- AnnualReviews - архив журналов по биохимии, физическим, общественным и гуманитарным наукам. Глубина архива - с 1936 года по 2006 год.

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

### 1. Лекционные занятия:

- комплект электронных презентаций/слайдов,
- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук, ...),

### 2. Практические занятия (семинарского типа):

- компьютерный класс на 10 посадочных мест;
- презентационная техника (проектор, экран, компьютер/ноутбук, ...),
- пакеты ПО общего назначения (текстовые редакторы, графические редакторы, ....),

### 3. Лабораторные работы:

- компьютерный класс на 10 посадочных мест;
- пакеты ПО общего назначения (текстовые редакторы, графические редакторы, ....),
- шаблоны отчетов по лабораторным работам,

### 4. Прочее:

- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет,
- рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.
- ресурсы научно-технической библиотеки СамГТУ;
- ресурсы ИВЦ СамГТУ.

**Дополнения и изменения в рабочей программе  
дисциплины на 20\_\_/20\_\_ уч.г.**

Внесенные изменения на 20\_\_/20\_\_ учебный год

**УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе**

\_\_\_\_\_  
(подпись, расшифровка подписи)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20... г

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

- 1) .....
- 2) .....

или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на данный учебный год

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры

\_\_\_\_\_  
(дата, номер протокола заседания кафедры, подпись зав. кафедрой).

ОДОБРЕНА на заседании методической комиссии факультета " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г."

Эксперты методической комиссии по УГНП

\_\_\_\_\_  
*шифр наименование личная подпись расшифровка подписи дата*

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой

\_\_\_\_\_  
*наименование кафедры личная подпись расшифровка подписи дата*

Декан

\_\_\_\_\_  
*наименование факультета, где производится обучение, личная подпись расшифровка подписи дата*

Начальник УВО

\_\_\_\_\_  
*личная подпись расшифровка подписи дата*

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина «Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем» относится к базовой части блока Б1 дисциплин учебного плана подготовки магистров по направлению 18.04.02 "ЭНЕРГО И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ В ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ, НЕФТЕХИМИИ И BIOTEХНОЛОГИИ". Дисциплина реализуется на нефтетехнологическом факультете ФГБОУ ВПО «СамГТУ» кафедрой «Химическая технология и промышленная экология».

Дисциплина нацелена на формирование общепрофессиональных и профессиональных компетенций выпускника:

ОПК-4: готовность к использованию методов математического моделирования материалов и технологических процессов, к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез,

ПК-6: готовность разрабатывать математические модели и осуществлять их экспериментальную проверку.

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать: основные методы математического моделирования при проектировании энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем; основные принципы построения математических моделей энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем;

Уметь: использовать методы математического моделирования при проектировании энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем; использовать математические модели при проектировании энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем и разрабатывать технологический режим с позиций энерго- и ресурсосбережения (ЭРС);

Владеть: навыками использования методов математического моделирования при проектировании энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем; навыками использования математических моделей энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем и способами оценки различных вариантов ЭРС технологических схем.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с методами математического моделирования в оптимизации и проектировании процессов химической технологии и биотехнологии, стратегию организации оптимального эксперимента, основные методы оптимизации химико-технологических процессов.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: *лекции, лабораторные работы, практические занятия, самостоятельная работа студента, курсовая работа, консультации.*

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости в форме выполнения лабораторных работ и оценки работы на практических занятиях и промежуточный контроль в форме экзамена и защиты курсовой работы.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов. Программой дисциплины предусмотрены лекционные – 12 часов, лабораторные работы – 22 часа, практические занятия – 22 часа, 88 часов самостоятельной работы студента (в том числе 27 часов на выполнение курсовой работы) и 36 часов на подготовку к экзамену.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем»**

### **Вводная часть**

Самостоятельная работа студентов является одной из важнейших составляющих учебного процесса, в ходе которого происходит формирование знаний, умений и навыков в учебной, научно-исследовательской, профессиональной деятельности, формирование общекультурных и профессиональных компетенций будущего магистра.

Учебно-методическое обеспечение создаёт среду актуализации самостоятельной творческой активности студентов, вызывает потребность к самопознанию, самообучению. Таким образом, создаются предпосылки «двойной подготовки» - личностного и профессионального становления.

Для успешного осуществления самостоятельной работы необходимы:

1. Комплексный подход организации самостоятельной работы по всем формам аудиторной работы;
2. Сочетание всех уровней (типов) самостоятельной работы, предусмотренных рабочей программой;
3. Обеспечение контроля за качеством усвоения.

Методические материалы по самостоятельной работе студентов содержат целевую установку изучаемых тем, списки основной и дополнительной литературы для изучения всех тем дисциплины, теоретические вопросы и вопросы для самоподготовки, усвоив которые магистрант может выполнять определенные виды деятельности (предлагаемые на практических, семинарских, лабораторных занятиях), методические указания для студентов.

### **1. Виды самостоятельной работы**

Рабочей программой дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы студентов

#### **1.1 Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к текущим аудиторным занятиям**

- для овладения знаниями: чтение текста (учебника, дополнительной литературы, научных публикаций); составление плана текста; графическое изображение структуры текста; конспектирование текста; работа со словарями и справочниками; работа с нормативными документами; учебно-исследовательская работа; использование аудио- и видеозаписей; компьютерной техники, Интернет и др.;

- для закрепления и систематизации знаний: работа с конспектом лекции (обработка текста); аналитическая работа с фактическим материалом (учебника, дополнительной литературы, научных публикаций, аудио- и видеозаписей); составление плана и тезисов ответа; составление таблиц и схем для систематизации фактического материала; изучение нормативных материалов; ответы на контрольные вопросы; аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование и др.); подготовка сообщений к выступлению на семинаре, конференции; подготовка рефератов, докладов; составление библиографии; тестирование и др.;

- для формирования умений: решение задач и упражнений по образцу; решение вариативных задач и упражнений; выполнение чертежей, схем; выполнение расчетно-графических работ; решение ситуационных производственных (профессиональных) задач; подготовка к деловым играм; проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности; подготовка курсовых и дипломных работ (проектов); экспериментально-конструкторская работа; исследовательская и проектная работа.

#### **1.2. Проработка теоретического материала (учебниками, первоисточниками, дополнительной литературой)**

При изучении нового материала на лекциях, освещаются наиболее важные и сложные вопросы учебной дисциплины, вводится новый фактический материал.

Поэтому к каждому последующему занятию студенты готовятся по следующей схеме:

- разобраться с основными положениями предшествующей лекции;
- изучить соответствующие темы в учебных пособиях.

### **1.3. Работа с дополнительной учебной и научной литературой.**

Включает в себя составление плана текста; графическое изображение структуры текста; конспектирование текста; выписки из текста; работа со словарями и справочниками; ознакомление с нормативными документами; конспектирование научных статей заданной тематики.

### **1.4. Составление презентаций на темы лекций**

#### **Практические рекомендации по созданию презентаций**

Создание презентации состоит из трех этапов:

1. Планирование презентации – это многошаговая процедура, включающая определение целей, изучение аудитории, формирование структуры и логики подачи материала.
2. Разработка презентации – методологические особенности подготовки слайдов презентации, включая вертикальную и горизонтальную логику, содержание и соотношение текстовой и графической информации.
3. Репетиция презентации – это проверка и отладка созданной презентации.

### **1.5. Перечень тем, выносимых для самостоятельной работы студентов**

Одним из видов самостоятельной работы, позволяющей студенту более полно освоить учебный материал, является подготовка к отчёту по лабораторным работам, выполнение курсовой работы.

Следует выделить подготовку к экзаменам, зачетам, защитами как особый вид самостоятельной работы. Основное его отличие от других видов самостоятельной работы состоит в том, что обучающиеся решают задачу актуализации и систематизации учебного материала, применения приобретенных знаний и умений в качестве структурных элементов компетенций, формирование которых выступает целью и результатом освоения образовательной программы.

В рамках дисциплины «*Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем*» используются следующие виды самостоятельной работы:

- самостоятельное изучение материала по темам лекций;
- выполнение курсовой работы;
- подготовка к отчёту по лабораторным работам.

**Целью самостоятельной работы** является выполнение магистрантами большой индивидуальной работы, связанной с осмыслением теоретического материала по темам лекций, с умением использовать теоретические знания при решении небольших задач на практических занятиях, с выполнением курсовой работы и с подготовкой к выполнению лабораторных работ и обработке экспериментальных данных.

#### **Характеристика и описание заданий для самостоятельной работы:**

- *самостоятельное изучение материала по темам лекций:*

Тема 1.1. Системный анализ процессов химической технологии. Общие принципы анализа процессов химической технологии. Принципиальная блок-схема структуры типовых процессов. [1]

Тема 1.2. Критерии оптимальности для теплообменников. Оценка влияния реальной структуры потоков в теплообменных аппаратах [1].

Тема 2.1. Классификация методов оптимизации ХТС. Прямые методы безусловной оптимизации:

- 1) вычисления только минимизируемой функции (безградиентные методы);
- 2) расчета первых производных (градиентные);
- 3) вычисления первых и вторых производных.

Стратегии поиска методы Розенброка, Пауэлла, Гаусса—Зейделя, симплекс-метод.

Методы второго типа: методы градиента, наискорейшего спуска, Ньютона—Рафсона и их модификации.

Методы третьего типа: вычисление вторых производных, метод Флетчера—Пауэлла, который использует оригинальную аппроксимацию вторых производных Дэвидона, чем обеспечивает более высокую скорость сходимости, чем градиентные методы. Ограничения условной оптимизации в прямых методах. [2.3].

Тема 2.2. Группа методов оптимизации ХТС — декомпозиционные методы. Декомпозиционные методы оптимизации отдельных подсистем ХТС. Взаимосвязь отдельных задач оптимизации, Методы структурной оптимизации Прямой метод структурной оптимизации: одновременный поиск оптимальных условий по технологическим и структурным параметрам. [4,5,6,7]

Второе направление структурной оптимизации (метод ПОС): теория существования предельно оптимальных структур, обеспечивающих согласование локальных целей подсистемы без отклонения от локальных оптимумов в результате синтеза требуемого взаимодействия между элементами ХТС. [8,9,10,11, 12,13]

Основные этапы оптимизации ХТС на стадии проектирования:

- 1) общий анализ задачи оптимизации;
- 2) определение критерия оптимизации;
- 3) выбор оптимизирующих параметров и анализ их влияния на критерий оптимизации;
- 4) составление математической модели ХТС;
- 5) организация оптимальной стратегии оптимизации ХТС;
- 6) выбор метода оптимизации и оптимальный расчет. [14,15,16,17,18,19,20]

- *выполнение курсовой работы:*

### **1.6. Курсовая работа**

#### **Тематика курсовых работ**

- Синтез и расчет теплообменно-регенеративных систем риформинга;
- Распределение нагрузок между реакторами
- Оптимальное распределение нагрузок между параллельно работающими абсорбционными аппаратами
- Расчет рекуперативного подогрева сырья кубовой жидкостью;
- Оптимизация ХТС и использование вторичных материальных ресурсов (производство азотной кислоты)
- Оптимизация ХТС и использование вторичных энергетических ресурсов (производство стирола)
- Анализ и синтез энергохимикотехнологической схемы производства аммиака
- Расчет теплоутилизационной установки риформинга
- Расчет КТАНа

Термин «оптимизация» понимает под собой процесс выбора наилучшего варианта из множества всех возможных. С точки зрения инженерных расчетов методы оптимизации позволяют выбирать наилучший вариант конструкции, наилучшее распределение ресурсов. Оптимизация бывает структурной, параметрической и структурно-параметрической. В процессе структурной оптимизации оптимизируется структура объекта, в процессе же параметрической - оптимизируются параметры элементов, входящих в состав структуры. При структурно-параметрической необходимо построение модели оптимизации решений одновременно по нескольким критериям.

В данной курсовой работе стоит задача анализа эффективности предлагаемой химико-технологической схемы. Рассматривается структура ХТС, технологические связи элементов ХТС и подсистем, рассчитываются основные показатели эффективности функционирования, как отдельных элементов, подсистем так и химико-технологической системы в целом. Решается задача создания энерго- и ресурсосберегающих ХТС.

В зависимости от числа критериев, по которым выполняется оптимизация объекта, различают однокритериальную и многокритериальную оптимизацию. В случае параметрического синтеза при известной структуре объекта подбираются параметры элементов таким образом,

чтобы минимизировать (максимизировать) целевую функцию. При структурно-параметрическом синтезе помимо подбора параметров необходимо еще и определить структуру объекта.

Выбор оптимального решения или сравнения двух альтернативных решений проводится с помощью некоторой зависимой величины (функции), которая определяется проектными параметрами. Эта величина называется целевой функцией - это глобальный критерий оптимальности в математических моделях, с помощью которых описываются инженерные задачи или критерием качества. В процессе решения задачи оптимизации должны быть найдены такие значения проектных параметров, при которых целевая функция имеет максимум (или минимум).

Основные этапы решения задачи оптимизации:

- постановка задачи;
  - построение математической модели задачи;
  - решение математической модели задачи;
  - принятие решений.
- подготовка к отчёту по лабораторным работам:

Подготовка к отчёту по лабораторным работам включает в себя оформление письменного отчета по выполненной работе в соответствии с требованиями [20,21].

Письменный отчёт о выполненной лабораторной работе должен содержать следующие сведения[18]:

- название работы и сведения об авторе отчёта (курс, имя, фамилия);
- цель работы и формулировка используемого метода анализа;
- схема аналитической установки или прибора;
- таблицу полученных экспериментальных или аналитических данных, показателей прибора;
- таблицу результатов расчёта;
- графические зависимости на основе аналитических или расчётных данных;
- выводы по работе.

Кроме того, необходимо подготовиться к ответам на контрольные вопросы по каждой лабораторной работе, которые приводятся в Приложении 3.

#### **Рекомендуемая литература:**

- 1 Лесин В. В., Лисовец Ю. П. Основы методов оптимизации. "Лань"Издательство: 2011Год:3-е изд., испр.Издание: 352 с.
- 2 Колбин В.В.Специальные методы оптимизации. "Лань"Издательство: 2014Год:1-е изд.Издание:384 с.
- 3 Кочегурова Е.А.Теория и методы оптимизации. ТПУ (Томский Политехнический Университет)Издательство ТПУ:2013Год:134 с.
- 4 Краснов И.Ю.Методы и средства энергосбережения на промышленных предприятиях. ТПУ (Томский Политехнический Университет) Издательство ТПУ: 2013Год:181 с.
- 5 Михайлов С.А.Стратегическое управление энергосбережением в промышленности "Финансы и статистика"Издательство:2010Год:288 с.
- 6 [Сизова, Н. А.](#) Системы управления химико-технологическими процессами [Текст] : учеб.пособие / Н. А. Сизова, Г. ф. Скоробогатова ; Самар.гос.техн.ун-т. - Самара : [б. и.], 2010. - 132 с.
- 7 Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В. Курс методов оптимизации "Физматлит"Издательство: 2011Год:2-е изд.Издание:384 с.
- 8 Савенок О.В.Разработка принципов, методов и технологий ресурсосбережения для нефтедобычи с учётом комплекса факторов. "Горная книга"Издательство:

- 2013Год:61 с.
- 9 Макаров С.В. Принципы экологии и ресурсосбережения в масложировой промышленности. ИГХТУ (Ивановский государственный химико-технологический университет)Издательство: 2011Год:240 с.
  - 10 Кузнецова И.М., Харлампида Х. Э., Иванов В.Г., Чиркунов Э.В. Общая химическая технология. Основные концепции проектирования ХТС.Под ред. Х.Э. Харлампида "Лань"Издательство: 2014Год:2-е изд., перераб.Издание:384 с.
  - 11 Измаилов А.Ф., Солодов М.В.Численные методы оптимизации. "Физматлит"Издательство: 2008Год:2-е изд., перераб. и доп.Издание:320 с.
  - 12 Васильев Ф.П. Методы оптимизации. Кн.1 МЦНМО (Московский центр непрерывного математического образования)Издательство: 2011Год:624 с.  
Васильев Ф.П. Методы оптимизации. Кн.2 МЦНМО (Московский центр непрерывного математического образования)Издательство: 2011Год:434 с.
  - 13 Шурыгина Л.И., Суровой Э.П. Методы оптимизации химического эксперимента : учебное пособие. Ч. 1: Статистический анализ эксперимента. Издательство КемГУ (Кемеровский государственный университет)Издательство: 2009Год:57 с.  
Ч. 2: Регрессионный анализ и статистическое планирование эксперимента  
Издательство КемГУ (Кемеровский государственный университет)Издательство: 2011Год:66 с.
  - 14 Аттетков А.В.Введение в методы оптимизации. "Финансы и статистика"Издательство: 2011Год:272 с.
  - 15 Лисицын, Н. В. Химико-технологические системы:оптимизация и ресурсосбережение [Текст] : учеб.пособие / Н. В. Лисицын, В. К. Викторов, Н. В. Кузичкин. - СПб. : Менделеев, 2007. - 311 с.
  - 16 Беспалов, А. В. Системы управления химико-технологическими процессами [Текст] : учеб. / А.В.Беспалов,Н.И.Харитонов. - М. : Академкнига, 2007. - 690 с.
  - 17 Закгейм, А. Ю. Общая химическая технология [Текст] : введ.вмоделирование хим.-технол.процессов:учеб.пособие / А. Ю. Закгейм. - 3-е изд.,перераб. и доп. - М. : Логос, 2009. - 302 с.
  - 18 Струченков В.И.Методы оптимизации в прикладных задачах. Издательство "СОЛОН-Пресс"Издательство: 2009Год:320 с.
  - 19 [Шкаруппа, С. П.](#) Химико-технологические системы [Текст] : учеб.пособие / С. П. Шкаруппа, Б. Ю. Смирнов, Г. Я. Богомоллова ; Самар.гос.техн.ун-т. - Самара : [б. и.], 2009. - 105 с.
  - 20 СТПСамГТУ 021.205.2-2002. Состав и оформление пояснительной записки.
  - 21 СТПСамГТУ 021.205.2-2002. Выполнение графических документов.

### **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы:**

Подготовка к отчёту по лабораторным работам включает в себя оформление письменного отчета по выполненной работе. Письменный отчет о выполненной лабораторной работе составляется каждым магистрантом на листках формата А4 в соответствии с требованиями [20,21], где приводятся правила оформления таблиц, рисунков и диаграмм.

Размеры полей: левого – 25 мм, правого – 15 мм, верхнего – 20 мм, нижнего – 20 мм. Размер абзацного отступа – 10 мм.

#### **ОФОРМЛЕНИЕ ТАБЛИЦ**

В соответствии с требованиями ГОСТ слева над таблицей располагается *заголовок*, а справа – *номер* таблицы (арабскими цифрами).

Таблица может содержать по горизонтали *заголовки граф*, *подзаголовки граф* и *строки*. Вертикально располагаются *боковик* и *графы* (колонки).

*Заголовки граф* и *строк* таблицы пишутся с прописной буквы, а *подзаголовки* – со строчной.

В тексте перед таблицей на нее делается ссылка с указанием ее номера.



## ОФОРМЛЕНИЕ РИСУНКОВ

Иллюстрации (*рисунки*), согласно ГОСТ, могут быть расположены как по тексту, так и в конце его (в Приложении).

Иллюстрации при необходимости могут иметь наименование, располагаемое над рисунком, и пояснительные данные, располагаемые под рисунком. Слово "Рис." располагается после пояснительных данных по центру.

## ОФОРМЛЕНИЕ ДИАГРАММ

*Диаграмма* – это графическое изображение функциональной зависимости двух и более переменных величин в системе координат.

Значения величин, связанных с изображаемой функциональной зависимостью, откладываются на *осях* в виде *шкал*.

*Оси* координат в диаграммах со *шкалами* и без *шкал* следует заканчивать стрелками, указывающими направление возрастания величин. Разрешается использовать в качестве *шкал* координатные сетки и прямые, расположенные параллельно *осям*. Рядом с делениями сетки или делительными штрихами должны быть указаны соответствующие числа (значения величин), которые располагаются горизонтально.

Точки *диаграммы* наносятся в виде кружка, крестика и т. п., и эти обозначения должны быть разъяснены в пояснительной части *диаграммы*.

В *диаграммах* без *шкал* обозначения величин должны располагаться вблизи стрелки, которой заканчивается ось.

В *диаграммах* со *шкалами* обозначения величин требуется размещать у середины *шкалы*, а при объединении символа с обозначением единицы измерения в виде дроби – в конце *шкалы* у последнего числа.

Примером правильного оформления таблиц, рисунков и диаграмм могут служить методические указания по лабораторным работам.

**Материалы для самоконтроля студентов** присутствуют в методических указаниях по выполнению лабораторной работы и приводятся в Приложении 4.

### **Алгоритмы деятельности студентов при выполнении полученных заданий для самостоятельной работы**

Исходные данные для выполнения содержат всю необходимую цифровую информацию. В учебном пособии и методических указаниях [6,15] представлен алгоритм расчёта и все необходимые расчётные формулы. На практических занятиях рассматривается решение контрольного примера. Обращается особое внимание на применение необходимой размерности физических и расчётных величин.

Методические указания к лабораторному практикуму также содержат необходимую последовательность действий при их выполнении и обработке результатов анализа.

**Выполнение индивидуальных заданий, рефератов, РГР рабочей программой не предусматривается.**

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Самарский государственный технический университет»

**Факультет нефтетехнологический**

**Кафедра Химическая технология и промышленная экология**

### **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**текущего контроля и промежуточной аттестации**

дисциплины: *Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем*

в составе основной образовательной программы по направлению подготовки (специальности): 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,

нефтехимии и биотехнологии

по уровню высшего образования: магистратура

направленность (профиль) программы: Промышленная экология и рациональное использование природных ресурсов

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ С УКАЗАНИЕМ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ЗАДАННЫЙ УРОВЕНЬ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Таблица 1.

## Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Планируемые результаты освоения ОПОП (компетенции), достижение которых обеспечивает дисциплина		Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
Коды компетенции	Содержание компетенций	Знать: Уметь: Владеть:
ОПК-4	Готовность к использованию методов математического моделирования материалов и технологических процессов, к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез.	<b>Знать:</b> Основные методы математического моделирования при проектировании энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем <b>Уметь:</b> Использовать методы математического моделирования при проектировании энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем <b>Владеть:</b> Навыками использования методов математического моделирования при проектировании энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем.
ПК-6	Готовность разрабатывать математические модели и осуществлять их экспериментальную проверку.	<b>Знать:</b> Основные принципы построения математических моделей энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем; <b>Уметь:</b> Использовать математические модели при проектировании энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем и разрабатывать технологический режим с позиций энерго- ресурсосбережения (ЭРС); <b>Владеть:</b> Навыками использования математических моделей энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем и способами оценки различных вариантов ЭРС технологических схем.

## 2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

### КАРТА КОМПЕТЕНЦИЙ

КОМПЕТЕНЦИЯ: **ОПК – 4** - Готовность к использованию методов математического моделирования материалов и технологических процессов, к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

*общепрофессиональная компетенция выпускника образовательной программы из укрупненной группы направлений высшего образования Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, уровень ВО- магистратура, виды профессиональной деятельности научно-исследовательская, производственно-технологическая, организационно-управленческая, проектная и педагогическая*

Таблица 2

### СООТВЕТСТВИЕ ЭТАПОВ ОСВОЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ ПЛАНИРУЕМЫМ РЕЗУЛЬТАТАМ ОБУЧЕНИЯ И КРИТЕРИЯМ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения		
		1	2	3
1	2	3	4	5
<p><b><u>Первый этап</u></b></p> <p>Знакомство: - с принципами использования энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, - с видами методов математического моделирования материалов и технологических процессов</p>	<p><b>Знать:</b> Основные способы использования энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и <u>биотехнологии</u> (ОПК-4) - I</p>	Знаком с принципами использования энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Ориентируется в принципах использования энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Владеет принципами использования энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
	<p><b>Уметь:</b> Подбирать методы математического моделирования материалов и технологических процессов (ОПК-4) - I</p>	Знаком с методами математического моделирования материалов и технологических процессов	Ориентируется в методах математического моделирования материалов и технологических процессов	Владеет типовыми методами математического моделирования материалов и технологических процессов
	<p><b>Владеть:</b> классификацией и сущностью методов математического моделирования материалов и технологических процессов (ОПК-4) – I</p>	Знаком с классификацией и сущностью методов математического моделирования материалов и технологических процессов	Ориентируется в классификации и сущности методов математического моделирования материалов и технологических процессов	Владеет классификацией и сущностью методов математического моделирования материалов и технологических процессов
<p><b><u>Второй этап</u></b></p> <p>Знакомство: - с типовыми методами использо-</p>	<p><b>Знать:</b> Типовые методы использования теоретического анализа и экспериментальной</p>	Знаком с типовыми методами использования теоретического анализа и экспериментальной про-	Ориентируется в типовых методах использования теоретического анализа и экспериментальной	Владеет типовыми методами использования теоретического анализа и экспериментальной

вания теоретического анализа и экспериментальной проверке теоретических гипотез, - с принципами теоретического анализа и экспериментальной проверке теоретических гипотез	проверке теоретических гипотез, (ОПК – 4) - II	верке теоретических гипотез	проверке теоретических гипотез	проверке теоретических гипотез
	<b>Уметь:</b> Подбирать методы теоретического анализа и экспериментальной проверке теоретических гипотез, (ОПК – 4) - II	Знаком с основами подбора методов теоретического анализа и экспериментальной проверке теоретических гипотез	Ориентируется в основах подбора методов теоретического анализа и экспериментальной проверке теоретических гипотез	Владеет основами подбора методов теоретического анализа и экспериментальной проверке теоретических гипотез
	<b>Владеть:</b> принципами теоретического анализа и экспериментальной проверке теоретических гипотез (ОПК – 4) - II	Знаком с принципами теоретического анализа и экспериментальной проверке теоретических гипотез	Ориентируется в принципах теоретического анализа и экспериментальной проверке теоретических гипотез	Владеет принципами теоретического анализа и экспериментальной проверке теоретических гипотез
<b>Третий этап</b> (уровень) Способность к использованию методов математического моделирования материалов и технологических процессов, к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез	<b>Знать:</b> Принципы выбора методов математического моделирования материалов и технологических процессов (ОПК – 4) - III	Знаком с типовыми методами математического моделирования материалов и технологических процессов	Ориентируется в Основных методах математического моделирования материалов и технологических процессов	Владеет типовыми методами математического моделирования материалов и технологических процессов
	<b>Уметь:</b> Эксплуатировать методы математического моделирования материалов и технологических процессов (ОПК – 4) – III	Знаком с методами математического моделирования материалов и технологических процессов	Ориентируется в методах математического моделирования материалов и технологических процессов	Владеет методами математического моделирования материалов и технологических процессов
	<b>Владеть:</b> Навыками теоретического анализа и экспериментальной проверке теоретических гипотез (ОПК – 4) – III	Знаком с навыками теоретического анализа и экспериментальной проверке теоретических гипотез	Ориентируется в теоретическом анализе и экспериментальной проверке теоретических гипотез	Владеет навыками теоретического анализа и экспериментальной проверке теоретических гипотез

КОМПЕТЕНЦИЯ: ПК – 6 - готовность разрабатывать математические модели и осуществлять их экспериментальную проверку.

#### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

*профессиональная компетенция выпускника образовательной программы из укрупненной группы направлений высшего образования Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, уровень ВО- магистратура, виды професси-*

ональной деятельности научно-исследовательская, производственно-технологическая, организационно-управленческая, проектная и педагогическая

Таблица 3

**СООТВЕТСТВИЕ ЭТАПОВ ОСВОЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ  
ПЛАНИРУЕМЫМ РЕЗУЛЬТАТАМ ОБУЧЕНИЯ И КРИТЕРИЯМ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ**

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения		
		1	2	3
1	2	3	4	5
<b><u>Первый этап</u></b> Знакомство: - с сущностью и основными особенностями современных методик и методов построения математических моделей энерго - и ресурсосберегающих химико-технологических систем - со способами обработки и представления данных химико-технологических систем,	<b>Знать:</b> Сущность и основные особенности современных методик и методов построения математических моделей энерго - и ресурсосберегающих химико-технологических систем (ПК – 6) – I	Знаком с сущностью и основными особенностями современных методик и методов построения математических моделей энерго - и ресурсосберегающих химико-технологических систем	Ориентируется в основных особенностях современных методик и методов построения математических моделей энерго - и ресурсосберегающих химико-технологических систем	Владеет сущностью и оценкой особенностей современных методик и методов построения математических моделей энерго - и ресурсосберегающих химико-технологических систем
	<b>Уметь:</b> Проводить обработку данных химико-технологических систем (ПК – 6) - I	Знаком с основами методов обработки данных химико-технологических систем	Ориентируется в основах методов обработки химико-технологических систем	Владеет методами обработки данных химико-технологических систем
	<b>Владеть:</b> Способами представления данных анализа химико-технологических систем (ПК – 6) - I	Знаком со способами представления данных анализа химико-технологических систем	Ориентируется в способах представления данных анализа химико-технологических систем	Владеет основными способами представления данных анализа химико-технологических систем
<b><u>Второй этап</u></b> Знакомство: - с основными принципами построения математических моделей энерго - и ресурсосберегающих химико-технологических систем	<b>Знать:</b> основные принципы построения математических моделей энерго - и ресурсосберегающих химико-технологических систем (ПК – 6) - II	Знаком с основными принципами построения математических моделей энерго - и ресурсосберегающих химико-технологических систем	Ориентируется в основных принципах построения математических моделей энерго - и ресурсосберегающих химико-технологических систем	Владеет основными принципами построения математических моделей энерго - и ресурсосберегающих химико-технологических систем

систем - Использовать математические модели при проектировании энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем - разрабатывать технологический режим с позиций энерго- ресурсосбережения (ЭРС)	<b>Уметь:</b> Использовать математические модели при проектировании энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем (ПК – 6) - II	Знаком с использованием математических моделей при проектировании энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем	Ориентируется в принципах проектирования энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем	Владеет методами математического моделирования при проектировании энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем
	<b>Владеть:</b> Принципами разработки технологического режима с позиций энерго- ресурсосбережения (ПК – 6) - II	Знаком с принципами разработки технологического режима с позиций энерго- ресурсосбережения	Ориентируется в основных принципах разработки технологического режима с позиций энерго- ресурсосбережения	Владеет принципами разработки технологического режима с позиций энерго- ресурсосбережения
<b>Третий этап</b> (уровень) Способность использовать математическое моделирование для анализа и оценки различных вариантов энерго- и ресурсосберегающих технологических схем, осуществлять их корректную интерпретацию	<b>Знать:</b> Принципы анализа и оценки различных вариантов энерго- и ресурсосберегающих технологических схем (ПК – 6) - III	Знаком с основами анализа и оценки различных вариантов энерго- и ресурсосберегающих технологических схем	Ориентируется в принципах выбора и оценки различных вариантов энерго- и ресурсосберегающих технологических схем	Владеет принципами выбора и оценки различных вариантов энерго- и ресурсосберегающих технологических схем
	<b>Уметь:</b> Анализировать различные варианты энерго- и ресурсосберегающих технологических схем (ПК – 6) - III	Знаком с методами математической обработки экспериментальных и аналитических данных и способен анализировать полученные результаты	Ориентируется в принципах использования математических методов обработки экспериментальных и аналитических данных и в подходах к анализу полученных данных	Владеет математическими методами обработки аналитических данных и анализом полученных результатов
	<b>Владеть:</b> Навыками использования математических моделей энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем (ПК – 6) - III	Знаком с навыками использования математических моделей энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем	Ориентируется в математических моделях энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем	Владеет навыками использования математических моделей энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем

## 2. ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ

В *Приложении 2* приводится Паспорт фонда оценочных средств с указанием наименования оценочного средства. В *Приложении 3* приводится Примерный перечень оценочных средств текущего контроля, использованных в Рабочей программе. Перечень вопросов для промежуточной аттестации (зачёт) приведён в *Приложении 4*.

## Приложение 2

**Паспорт  
фонда оценочных средств  
по дисциплине *Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем***

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (темы)	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Раздел 1,2	ОПК-4, ПК-6	Индивидуальные разноуровневые задания репродуктивного уровня (курсовая работа)
2	Раздел 1,2	ОПК-4, ПК-6	Собеседование по вопросам для самоконтроля при отчете по лабораторному практикуму

## Приложение 3

**ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Курсовая работа	Задания 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	Комплект разноуровневых заданий. Методические рекомендации* по выполнению и образцы выполненных заданий.
2	Собеседование- отчет по лабораторным работам	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины

## Приложение 4

**Перечень вопросов для промежуточной аттестации (подготовки к экзамену)**

1. Из каких основных стадий состоит химико-технологический процесс?
2. Что такое химический процесс? Почему химический процесс как единичный процесс химической технологии сложнее по сравнению с тепловыми и массообменными?



3. Критерии эффективности химико-технологического процесса.
4. По каким признакам классифицируют сырье химической промышленности?
5. Что такое вторичные материальные ресурсы?
6. С какой целью проводится комплексная переработка сырья?
7. Основные виды энергетических ресурсов. Какие из них являются наиболее перспективными?
8. Эффективное использование вторичных энергетических ресурсов.
9. В чем состоит сущность энерготехнологии?
10. Составьте схемы использования твердых, жидких и газообразных видов топлива.
11. Приведите примеры использования в энерготехнологических процессах теплоты химических реакций.
12. Сформулируйте основные направления повышения эффективности использования сырьевых и топливных энергетических ресурсов.
13. Что такое эксергия?
14. Каковы возможности и цели эксергетического анализа технологических процессов?
15. Как рассчитать эксергию реакционного потока?
16. С какой целью в технике используют эксергетический КПД? Каковы пути увеличения эксергетического КПД?
17. Как изменится достигаемая в реакторе глубина превращения в том случае, если имеются застойные зоны: а) в реакторе, режим работы которого близок к идеальному смешению, б) в реакторе, режим работы которого близок к идеальному вытеснению?
18. В чем состоят принципиальные различия в условиях теплообмена для изотермического и адиабатического режимов работы реактора?
19. Составьте систему уравнений материального и теплового балансов для изотермического реактора идеального смешения.
20. Почему нельзя найти аналитическое решение системы уравнений материального и теплового балансов адиабатического реактора идеального смешения, работающего в стационарном режиме, относительно температуры в реакторе и достигаемой в нем степени превращения?
21. Используя графическое решение системы уравнений материального и теплового балансов адиабатического реактора идеального смешения, проанализируйте возможности увеличения достигаемой в реакторе степени превращения в случае проведения в нем: а) необратимой реакции, б) обратимой эндотермической реакции, в) обратимой экзотермической реакции.
22. Найдите графическое решение системы уравнений материального и теплового балансов реактора идеального смешения промежуточного типа при проведении в нем обратимой экзотермической реакции.
23. Какая величина выбирается в качестве критерия оптимальности при разработке оптимального температурного режима? Обоснуйте сделанный выбор.
24. В чем преимущества природного газа перед другими видами природного сырья для производства аммиака?
25. Какими соображениями руководствуются при выборе технологического режима основных стадий паровоздушной конверсии природного газа?
26. Составьте схему синтеза аммиака.
27. Учитывая особенности реакции синтеза аммиака, обоснуйте выбор давления и температурного режима.

#### 4. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ ПРИ ОТЧЁТЕ ПО ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМУ

В Приложении 7 приводятся вопросы для собеседования при подготовке к отчёту по лабораторному практикуму.

Приложение 7

##### Вопросы для собеседования

###### Лабораторная работа №1. Технические системы энергоснабжения

1. Из каких основных стадий состоит химико-технологический процесс?
2. Что такое химический процесс? Почему химический процесс как единичный процесс химической технологии сложнее по сравнению с тепловыми и массообменными?
3. Критерии эффективности химико-технологического процесса.
4. В чем состоит сущность энерготехнологии?
5. Структура теплового баланса ХТС.

###### Лабораторная работа №2 Теплоэнергоснабжение химических предприятий

1. . Что такое вторичные материальные ресурсы?
2. С какой целью проводится комплексная переработка сырья?
3. Основные виды энергетических ресурсов. Какие из них являются наиболее перспективными?
4. Эффективное использование вторичных энергетических ресурсов.
5. Перечислите ВЭР.

###### Лабораторная работа №3 Энергосберегающие технологии утилизации низкотемпературных ВЭР

1. Составьте схемы использования твердых, жидких и газообразных видов топлива.
2. Приведите примеры использования в энерготехнологических процессах теплоты химических реакций.
3. Сформулируйте основные направления повышения эффективности использования сырьевых и топливных энергетических ресурсов.
4. Какая величина выбирается в качестве критерия оптимальности при разработке оптимального температурного режима? Обоснуйте сделанный выбор.
5. Что такое КТАН?
6. Составьте схему синтеза аммиака.

###### Лабораторная работа №4 Ресурсосберегающие технологии.

1. По каким признакам классифицируют сырье химической промышленности?
2. Что такое вторичные материальные ресурсы?
3. С какой целью проводится комплексная переработка сырья?
4. В чем преимущества природного газа перед другими видами природного сырья для производства аммиака?
5. Структура материального баланса ХТС.
6. Какими соображениями руководствуются при выборе технологического режима основных стадий паровоздушной конверсии природного газа?
7. Учитывая особенности реакции синтеза аммиака, обоснуйте выбор давления и температурного режима.

###### Лабораторная работа №5 Химические процессы и рециклы

1. Как изменится достигаемая в реакторе глубина превращения в том случае, если имеются застойные зоны: а) в реакторе, режим работы которого близок к идеальному смешению, б) в реакторе, режим работы которого близок к идеальному вытес-

нению?

2. В чём состоят принципиальные различия в условиях теплообмена для изотермического и адиабатического режимов работы реактора?
3. Составьте систему уравнений материального и теплового балансов для изотермического реактора идеального смешения.
4. Почему нельзя найти аналитическое решение системы уравнений материального и теплового балансов адиабатического реактора идеального смешения, работающего в стационарном режиме, относительно температуры в реакторе и достигаемой в нем степени превращения?
5. Анализ современного состояния процессов глубокой переработки углеводородного сырья.
6. Анализ современного состояния технологического оформления процессов переработки углеродных материалов.

Лабораторная работа №6. Оптимизация ХТС и использование вторичных материальных ресурсов

1. Используя графическое решение системы уравнений материального и теплового балансов адиабатического реактора идеального смешения, проанализируйте возможности увеличения достигаемой в реакторе степени превращения в случае проведения в нем: а) необратимой реакции, б) обратимой эндотермической реакции, в) обратимой экзотермической реакции.
2. Найдите графическое решение системы уравнений материального и теплового балансов реактора идеального смешения промежуточного типа при проведении в нем обратимой экзотермической реакции.
3. Пути углубления переработки нефти. Комбинированные установки.
4. Производство нефтепродуктов специального назначения
5. Комбинирование технологических процессов переработки нефти
6. Анализ современного состояния процессов глубокой переработки углеводородного сырья.
7. Поточные схемы современных НПЗ

**Контролируемые компетенции** ОПК-4, ПК-6

## **5. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ**

Оценивание знаний, умений, навыков и опыта деятельности проводятся на основе сведений, приводимых в Карте компетенций на различных этапах их формирования (*Табл.2 и Табл.3*) настоящего Приложения.

Цель текущего контроля успеваемости по учебным дисциплинам в семестре – проверка приобретаемых обучающимися знаний, умений, навыков в контексте формирования установленных образовательной программой компетенций в течение семестра. Текущий контроль осуществляется через систему оценки преподавателем всех видов работ обучающихся, предусмотренных рабочей программой дисциплины и учебным планом.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание результатов освоения дисциплин (модулей), в том числе результатов курсового проектирования, прохождения практик посредством испытаний в форме экзаменов, зачетов, защиты курсовых проектов (работ). Промежуточная аттестация проводится в конце семестра.

Разработанный фонд оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации используется для осуществления контрольно-измерительных мероприятий и выработки обоснованных управляющих и корректирующих действий в процессе приобретения обучающимися необходимых знаний, умений и навыков, формирования соответствующих компетенций в результате освоения дисциплин, прохождения практик.

В *Приложении 13* приводится форма Протокола экспертизы соответствия уровня достижения студентом запланированных результатов обучения по дисциплине «Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем».


Протокол экспертизы соответствия уровня достижения студентом \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.) \_\_\_\_\_ запланированных результатов обучения по дисциплине «*Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем*»


Перечень компетенций по дисциплине	Структурные элементы заданий по дисциплине									
	Выполнение домашнего задания	Собеседование	Расчетно-графические работы	Типовые расчеты	Подготовка и выступление с докладом	Написание эссе	Формирование отчета по лабораторным работам	Курсовой проект/работа	Вопросы 1	Вопрос 2
	Виды СРС, предусмотренные рабочей программой дисциплины								Вопросы к экзамену	
ОПК-4: Готовность к использованию методов математического моделирования материалов и технологических процессов, к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез	X		X		X	X				
ПК-6: Готовность разрабатывать математические модели и осуществлять их экспериментальную проверку.	X		X		X	X				

**Шкала оценивания:**

Виды СРС оцениваются по своевременности и качеству выполнения (до 50 баллов). Ответы на вопросы, решения задач, приведенных в экзаменационном билете или при сдаче зачета или результаты тестирования (до 50 баллов) Оценка студента за промежуточную аттестацию по учебной дисциплине, проставляемая в ведомость и зачетную книжку, определяется по сумме баллов, набранной по приведенным оцениваемым элементам. Формирование оценки: от 80-100 баллов – «отлично»; от 65-80 баллов – «хорошо»; от 50-65 баллов – «удовлетворительно»

Преподаватель \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.


	<b>МИНОБРНАУКИ РОССИИ</b> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования <b>САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ</b> <b>Факультет <u>нефтетехнологический</u></b>
Кафедра <u>Химическая технология и промышленная экология</u>	
<b>БИЛЕТ № 1</b>	
дисциплины: <u><b>Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих ХТС</b></u> Направление подготовки : <u><b>18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии</b></u> <b>Семестр 2</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сформулируйте основные направления повышения эффективности использования сырьевых и топливных энергетических ресурсов.</li>   <li>2. Возможности и цели эксергетического анализа технологических процессов.</li> </ol>	
Составил _____ доц. Шкаруппа С.П. <small>подпись Ф.И.О.</small> «__» _____ Г.	Утверждаю: Зав. кафедрой _____ проф. Васильев А.В. <small>Подпись Ф.И.О.</small> «__» _____ Г.


	<b>МИНОБРНАУКИ РОССИИ</b> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования <b>САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ</b> <b>Факультет <u>нефтетехнологический</u></b>
Кафедра <u>Химическая технология и промышленная экология</u>	
<b>БИЛЕТ № 2</b>	
дисциплины: <u><b>Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих ХТС</b></u> Направление подготовки : <u><b>18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии</b></u> <b>Семестр 2</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Как изменится достигаемая в реакторе глубина превращения в том случае, если имеются застойные зоны: а) в реакторе, режим работы которого близок к идеальному смешению, б) в реакторе, режим работы которого близок к идеальному вытеснению.</li>   <li>2. Основные стадии химико-технологического процесса.</li> </ol>	
Составил _____ доц. Шкаруппа С.П. <small>подпись Ф.И.О.</small> «__» _____ Г.	Утверждаю: Зав. кафедрой _____ проф. Васильев А.В. <small>Подпись Ф.И.О.</small> «__» _____ Г.









	<b>МИНОБРНАУКИ РОССИИ</b> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования <b>САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ</b> <b>Факультет <u>нефтетехнологический</u></b>
	Кафедра <u>Химическая технология и промышленная экология</u>  <b>БИЛЕТ № 7</b> дисциплины: <u>Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих ХТС</u> Направление подготовки : <u>18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии</u> Семестр 2
1. Приведите примеры использования в энерготехнологических процессах теплоты химических реакций  2. Как рассчитать эксергию реакционного потока	
Составил _____ доц. Шкаруппа С.П. _____ подпись Ф.И.О. «__» _____ Г.	Утверждаю: Зав. кафедрой _____ проф. Васильев А.В. _____ Подпись Ф.И.О. «__» _____ Г.


	<b>МИНОБРНАУКИ РОССИИ</b> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования <b>САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ</b> <b>Факультет <u>нефтетехнологический</u></b>
	Кафедра <u>Химическая технология и промышленная экология</u>  <b>БИЛЕТ № 8</b> дисциплины: <u>Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих ХТС</u> Направление подготовки : <u>18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии</u> Семестр 2
1. С какой целью в технике используют эксергетический КПД? Каковы пути увеличения эксергетического КПД.  2. В состоят принципиальные различия в условиях теплообмена для изотермического и адиабатического режимов работы реактора	
Составил _____ доц. Шкаруппа С.П. _____ подпись Ф.И.О. «__» _____ Г.	Утверждаю: Зав. кафедрой _____ проф. Васильев А.В. _____ Подпись Ф.И.О. «__» _____ Г.






	<p align="center"><b>МИНОБРНАУКИ РОССИИ</b> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования <b>САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ</b> Факультет <u>нефтехнологический</u></p>
<p align="center">Кафедра <u>Химическая технология и промышленная экология</u></p> <p align="center"><b>БИЛЕТ № 13</b></p> <p>дисциплины: <u>Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих ХТС</u> Направление подготовки : <u>18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии</u> Семестр 2</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Найдите графическое решение системы уравнений материального и теплового балансов реактора идеального смешения промежуточного типа при проведении в нем обратимой экзотермической реакции.</li><li>2. С какой целью проводится комплексная переработка сырья.</li></ol>	
Составил _____ доц. Шкаруппа С.П. подпись Ф.И.О. «__» _____ Г.	Утверждаю: Зав. кафедрой _____ проф. Васильев А.В. Подпись Ф.И.О. «__» _____ Г.

	<p align="center"><b>МИНОБРНАУКИ РОССИИ</b> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования <b>САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ</b> Факультет <u>нефтехнологический</u></p>
<p align="center">Кафедра <u>Химическая технология и промышленная экология</u></p> <p align="center"><b>БИЛЕТ № 14</b></p> <p>дисциплины: <u>Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих ХТС</u> Направление подготовки : <u>18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии</u> Семестр 2</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. В чем преимущества природного газа перед другими видами природного сырья для производства аммиака?</li><li>2. С какой целью в технике используют эксергетический КПД? Каковы пути увеличения эксергетического КПД.</li></ol>	
Составил _____ доц. Шкаруппа С.П. подпись Ф.И.О. «__» _____ Г.	Утверждаю: Зав. кафедрой _____ проф. Васильев А.В. Подпись Ф.И.О. «__» _____ Г.

	<b>МИНОБРНАУКИ РОССИИ</b> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования <b>САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ</b> <b>Факультет <u>нефтетехнологический</u></b>
Кафедра <u>Химическая технология и промышленная экология</u>  <b>БИЛЕТ № 15</b> дисциплины: <u>Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих ХТС</u> Направление подготовки : <u>18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии</u> Семестр 2  1. Какими соображениями руководствуются при выборе технологического режима основных стадий паровоздушной конверсии природного газа.  2. Возможности и цели эксергетического анализа технологических процессов.	
Составил _____ доц. Шкаруппа С.П. _____ подпись _____ «__» _____ Г. _____ Ф.И.О.	Утверждаю: Зав. кафедрой _____ проф. Васильев А.В. _____ Подпись _____ «__» _____ Г. _____ Ф.И.О.

	<b>МИНОБРНАУКИ РОССИИ</b> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования <b>САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ</b> <b>Факультет <u>нефтетехнологический</u></b>
Кафедра <u>Химическая технология и промышленная экология</u>  <b>БИЛЕТ № 16</b> дисциплины: <u>Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих ХТС</u> Направление подготовки : <u>18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии</u> Семестр 2  1. Учитывая особенности реакции синтеза аммиака, обоснуйте выбор давления и температурного режима.  2. Эффективное использование вторичных энергетических ресурсов.	
Составил _____ доц. Шкаруппа С.П. _____ подпись _____ «__» _____ Г. _____ Ф.И.О.	Утверждаю: Зав. кафедрой _____ проф. Васильев А.В. _____ Подпись _____ «__» _____ Г. _____ Ф.И.О.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ  
ДИСЦИПЛИНЫ «Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих хи-  
мико-технологических систем»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЛЕКЦИОННЫХ  
ЗАНЯТИЙ**

Лекция представляет собой систематическое устное изложение учебного материала. С учетом целей и места в учебном процессе различают лекции вводные, установочные, текущие, обзорные и заключительные. В зависимости от способа проведения выделяют лекции:

- Информационные;
- Проблемные;
- Визуальные;
- бинарные (лекция-диалог);
- лекции-провокации;
- лекции-конференции;
- лекции-консультации;
- лекции-беседы;
- лекция с эвристическими элементами;
- лекция с элементами обратной связи;
- лекция с решением производственных и конструктивных задач;
- лекция с элементами самостоятельной работы студентов;
- лекция с решением конкретных ситуаций;
- лекция с коллективным исследованием;
- лекции спецкурсов.

Лекции по настоящей дисциплине относятся к лекциям спецкурсов и проводятся в виде информационных, т. е. проводятся с использованием объяснительно иллюстративного метода изложения.

Перед началом лекции до обучающихся доводится основные литературные источники, сообщается тема лекции и последовательность вопросов, подлежащих рассмотрению. При этом обращается внимание на логику построения вопросов, их формулировку и взаимосвязь.

По ходу лекции при возникновении проблемных вопросов (или ситуаций) процесс познания происходит через научный поиск, диалог, анализ, сравнение разных точек зрения.

При объяснении различных вопросов большое значение имеет иллюстрационный материал (рисунки, графики, диаграммы), поэтому в случае их сложного или долгого воспроизводства на лекции используется раздаточный материал.

Обращается внимание на вопросы, сведения из которых будут использоваться при проведении практических и лабораторных занятий и самостоятельной работе студентов. В Рабочей программе приводится содержание лекций и вопросы, выносимые на самостоятельное изучение с учетом дидактических единиц.

В некоторых случаях преподавателем может использоваться способ индивидуального общения, построенный на непосредственном контакте преподавателя и студента, который позволяет привлекать к двухстороннему обмену мнениями по наиболее важным вопросам темы занятия, менять темп изложения с учетом особенности аудитории.

В начале лекции и по ходу ее преподаватель задает слушателям вопросы не для контроля усвоения знаний, а для выяснения уровня осведомленности по рассматриваемой проблеме. Вопросы могут быть элементарными: для того, чтобы сосредоточить внимание, как на отдельных нюансах темы, так и на проблемах. Продумывая ответ, студенты получают возможность самостоятельно прийти к выводам и обобщениям, которые хочет сообщить преподаватель в качестве новых знаний. При этом необходимо следить, чтобы вопросы не оставались без ответа, иначе лекция будет носить риторический характер.

Поскольку при подготовке бакалавров студенты знакомились с родственным курсом «Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», то, в некоторых случаях, возможно изложение учебного материала по изученному ранее учебному материалу. Обратная связь устанавливается посредством ответов студентов на вопросы преподавателя по ходу лекции. Чтобы определить осведомленность студентов по излагаемой проблеме, в начале какого-либо раздела лекции задаются необходимые вопросы.

Если студенты правильно отвечают на вводный вопрос, преподаватель может ограничиться кратким тезисом или выводом и перейти к следующему вопросу. Если же ответы не удовлетворяют уровню желаемых знаний, преподаватель сам *излагает подробный ответ, и в конце объяснения снова задает вопрос, определяя степень усвоения учебного материала.*

#### Рекомендации обучающимся при работе с лекционным материалом:

1. Материал каждой законспектированной лекции должен прочитываться и прорабатываться с выявлением затрудненных в понимании вопросов и неясностей.
2. Необходимо попытаться добиться ясности понимания с использованием проработки рекомендованных литературных источников.
3. Если и в этом случае не удаётся добиться результата, то следует получить консультацию преподавателя по этому вопросу.
4. Следует посмотреть, как этот вопрос формулируется в вопросах для подготовки к экзамену и быть готовым представить по нему информацию при проведении экзамена.

#### Рекомендации обучающимся при самостоятельном изучении лекционного материала:

1. Предварительно подобрать необходимую литературу согласно списка тем, выносимых для самостоятельного изучения (Раздел 4.1 Рабочей программы).
2. Сделать конспект каждой представленной дидактической единицы объёмом не более 2 стр. текста.
3. При возникновении вопросов или неясностей в законспектированном материале проконсультироваться у преподавателя.
4. Следует посмотреть, как этот вопрос формулируется в вопросах для подготовки к экзамену и быть готовым представить по нему концентрированную информацию при проведении экзамена.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

### Вводная часть

**Практическое занятие** — форма организации обучения, которая направлена на формирование практических умений и навыков и является связующим звеном между самостоятельным теоретическим освоением студентами учебной дисциплины и применением ее положений на практике.

Практические занятия проводятся в целях: выработки практических умений и приобретения навыков в решении задач, выполнении заданий, производстве расчетов, разработке и оформлении документов, практического овладения иностранными языками и компьютерными технологиями. Главным их содержанием является практическая работа каждого студента. Подготовка студентов к практическому занятию и его выполнение, осуществляется на основе задания, которое разрабатывается преподавателем и доводится до обучающихся перед проведением и в начале занятия.

Практические занятия составляют значительную часть всего объема аудиторных занятий и имеют важнейшее значение для усвоения программного материала. Выполняемые задания могут подразделяться на несколько групп:

1) иллюстрацией теоретического материала и носят воспроизводящий характер. Они выявляют качество понимания студентами теории.

2) образцы задач и примеров, разобранных в аудитории. Для самостоятельного выполнения требуется, чтобы студент овладел показанными методами решения.

3) вид заданий, содержащий элементы творчества. Одни из них требуют от студента преобразований, реконструкций, обобщений. Для их выполнения необходимо привлечь ранее приобретенный опыт, устанавливать внутрипредметные и межпредметные связи. Решение других требует дополнительных знаний, которые студент должен приобрести самостоятельно. Третьи предполагают наличие у студента некоторых исследовательских умений.

4) может применяться выдача индивидуальных или опережающих заданий на различный срок, определяемый преподавателем, с последующим представлением их для проверки в указанный срок.

По данной дисциплине предусмотрено проведение 6 практических занятий. В начале занятия рассматриваются основные теоретические положения, положенные в основу проведения расчетных манипуляций. Обращается внимание на физический смысл используемых величин их размерность, способы пересчёта размерностей.

Далее рассматривается алгоритм расчёта различных разделов практического занятия. Для ориентации в «порядке» получаемых расчётных величин и приобретению опыта инженерных экологических расчётов по проблемам, связанным с оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем, проводится поэтапный расчет контрольного примера по теме практического занятия. Темы практических занятий приведены в Разделе 3.2 Рабочей программы. Форма представления исходных данных для расчёта и оформления результатов расчёта приведены в Приложении 3.

Далее полученные расчётные результаты обсуждаются с позиций их использования для оценки и прогнозирования состояния энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

При проведении лабораторного практикума по дисциплине используются методические указания по лабораторным работам. Кроме выполнения аналитических измерений, оформления отчёта по лабораторной работе, предусматривается собеседование с обучающимися по вопросам самоконтроля по каждой лабораторной работе.