

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический уни-
верситет»
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
Бурмистров А.В.

«___» _____ 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Б1.В.ДВ.8.1 «Термодинамические расчеты химико-
технологических процессов»

Направление подготовки (специальности)

18.03.02

(шифр)

«Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии»

(наименование)

Профиль (специализация) подготовки «Основные процессы химических
производств и химическая кибернетика»

Квалификация выпускника Бакалавр

Форма обучения Очная

Институт, факультет (*осуществляющий подготовку ООП*)

ИНХН, ФННХ

Кафедра-разработчик рабочей программы ОХТ

Курс, семестр третий курс, первый семестр

	Часы	Зачетные единицы
Лекции	18	
Практические занятия	18	
Семинарские занятия		
Лабораторные занятия		
Самостоятельная работа	36	
Форма аттестации	Зачёт	
Всего	72	2

Казань, 2017 г.

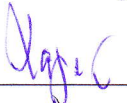
Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования
(№ 1005 от 11.08.2016 года,) (номер, дата утверждения)
по направлению 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»
(шифр) (наименование)
для профиля (специализации) «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика», на основании учебного плана набора обучающихся (2016, 2017 гг.).

Разработчик программы:
профессор
(должность)


(подпись)

Каралин Э.А.
(Ф.И.О.)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ОХТ,
протокол от 26.10.2017 г. № 3
Зав. кафедрой


(подпись)

Харлампиди Х.Э.
(Ф.И.О.)

УТВЕРЖДЕНО

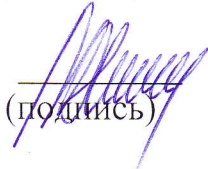
Протокол заседания методической комиссии ФННХ, к которому относится
кафедра-разработчик РП
от 23.11.17 2017 г. № 4

Председатель комиссии, профессор


(подпись)

Башкирцева Н.Ю.
(Ф.И.О.)

Нач. УМЦ


(подпись)

Китаева Л.А.
(Ф.И.О.)

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Термодинамические расчеты химико-технологических процессов» являются:

- а) формирование знаний в области приложении химической термодинамики к расчетам химико-технологических расчетов,
- б) обучение термодинамическим расчетам возможности протекания химических реакций, оценки теплового эффекта реакции, положения равновесия обратимой реакции, а также нахождения возможностей и путей сдвига равновесия обратимой реакции,
- в) обучение определению термодинамических функций,
- г) обучение эксергетическому методу анализа химических производств.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Термодинамические расчеты химико-технологических процессов» относится к *вариативной части естественно-научного и профессионального* цикла ООП и формирует у бакалавров по направлению подготовки «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» набор специальных знаний и компетенций, необходимых для выполнения *научно-исследовательской и производственно-технологической деятельности*. Для успешного освоения дисциплины «Термодинамические расчеты химико-технологических процессов» бакалавр по направлению подготовки «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

- а) физика
- б) физическая химия
- в) математика.

Знания, полученные при изучении дисциплины «Термодинамические расчеты химико-технологических процессов» могут быть использованы при выполнении выпускной квалификационной работы по направлению подготовки «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

ПК-2 способностью участвовать в совершенствовании технологических процессов с позиций энерго - и ресурсосбережения, минимизации воздействия на окружающую среду;

ПК-8 способностью использовать элементы эколого-экономического анализа в создании энерго - и ресурсосберегающих технологий.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

1) Знать:

- а) основы химической термодинамики,
- б) использование принципа аддитивности при определении термодинамических функций,
- в) методы оценки качества химических производств.

2) Уметь:

- а) определять и находить в литературе величины термодинамических функций,
- б) проводить термодинамические расчеты химико-технологических производств,
- в) проводить расчеты показателей эффективности работы производств.

3) Владеть:

- а) основами химической термодинамики, необходимыми при расчетах химических производств.

4. Структура и содержание дисциплины «Термодинамические расчеты химико-технологических процессов»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2,0 зачетных единиц, 72 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лекции	Семинар (Практические занятия, лабораторные практикумы)	Лабораторные работы	СРС	
1	Термодинамические понятия. Первое начало термодинамики	2	2	2	0	4	Коллоквиум
2	Теплоемкость. Энтальпия. Закон Гесса	2	2	2	0	4	Коллоквиум
3	Второе начало термодинамики. Энтропия	2	2	2	0	4	Коллоквиум
4	Функции Гиббса и Гельмгольца. Химический потенциал	2	2	2	0	4	Коллоквиум
5	Обратимые химические реакции. Состояние равновесия	2	2	2	0	4	Коллоквиум
6	Статистическая сумма по энергетическим состояниям молекулы	2	2	2	0	4	Коллоквиум
7	Правила аддитивности свойств молекул. Координата	2	2	2	0	4	Коллоквиум

	реакции. Переходное состояние						
8	Эксергетический метод термодинамического анализа	2	2	2	0	4	Коллоквиум
9	Расчеты эксергетического КПД. Классификация потерь эксергии	2	2	2	0	4	Коллоквиум Индивидуальное задание
Форма аттестации							Зачет

5. Содержание лекционных занятий по темам с указанием формируемых компетенций

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Термодинамические понятия. Первое начало термодинамики	2	Статистический и термодинамический методы исследования	Основные термодинамические понятия: система, работа, теплота, термодинамические функции	ПК-2 ПК-8
2	Теплоемкость. Энтальпия. Закон Гесса	2	Теплоемкости при постоянном давлении и объеме. Энтальпия	Энтальпии химической реакции, образования и сгорания. Закон Гесса и энтальпия реакции. Выводы из закона Гесса. Температурная зависимость энтальпии реакции	ПК-2 ПК-8
3	Второе начало термодинамики. Энтропия	2	Второе начало термодинамики. Энтропия с термодинамической точки зрения	Энтропия как мера упорядоченности системы. Направление спонтанных процессов. Изменение энтропии с температурой	ПК-2 ПК-8
4	Функции Гиббса и Гельмгольца. Химический потенциал	2	Функции Гельмгольца и Гиббса. Химический потенциал	Возможность протекания химической реакции при постоянных объеме и температуре, или при постоянных давлении и температуре. Зависимость функции Гиббса химической реакции от температуры и давления. Химический потенциал	ПК-2 ПК-8
5	Обратимые химические реакции. Состояние равновесия	2	Химическое равновесие	Константа равновесия. Влияние температуры и давления на положение равновесия обратимой химической реакции	ПК-2 ПК-8
6	Статистическая сумма по энергетическим состояниям молекулы	2	Статистическая сумма по энергетическим состояниям молекулы.	Общий подход к определению статистических сумм молекул. Поступательная, вращательная, колебательная и электронная энергии молекулы. Квантование энергии в микромире	ПК-2 ПК-8
7	Правила аддитивности свойств молекул. Координата реакции.	2	Правила аддитивности свойств молекул	Аддитивность свойств химических связей. Аддитивность свойств групп	ПК-2 ПК-8

	Переходное состояние			(фрагментов молекулы). Поверхности потенциальной энергии и химические реакции. Координата реакции и переходное состояние. Образование и распад активированного комплекса	
8	Эксергетический метод термодинамического анализа	2	Термодинамический анализ химических производств	Тепловой баланс и тепловой коэффициент полезного действия. Эксергетический метод термодинамического анализа. Изменение эксергии при физических и химических процессах. Химическая эксергия.	ПК-2 ПК-8
9	Расчеты эксергетического КПД. Классификация потерь эксергии	2	Изменение эксергии при физических и химических процессах. Химическая эксергия	Методика расчета эксергии Я. Шаргута. Эксергетический баланс и эксергетический коэффициент полезного действия	ПК-2 ПК-8

6. Содержание практических занятий

Целью практических занятий является привитие умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Задачами практических занятий являются:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний студентов при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема практического занятия	Формируемые компетенции
1	Термодинамические понятия. Первое начало термодинамики	2	Статистический и термодинамический методы исследования. Энергия молекулы. Сумма по состояниям. Современный смысл понятия «теплота». Термодинамические функции	ПК-2 ПК-8
2	Теплоемкость. Энтальпия. Закон Гесса	2	Зависимость теплоёмкости системы от условий теплопередачи. Роль энтальпии в химической термодинамике. Анализ выводов из закона Гесса. Примеры использования выводов из закона Гесса. Разбор примеров определения энтальпии реакции при различных температурах	ПК-2 ПК-8
3	Второе начало термодинамики. Энтропия	2	Физический смысл термодинамической функции «энтропия». Мера порядка в термодинамической системе. Роль второго начала термодинамики в окружающем мире. Компенсационный эффект в термодинамике химических реакций. Направление	ПК-2 ПК-8

			спонтанных процессов. Изменение энтропии с температурой	
4	Функции Гиббса и Гельмгольца. Химический потенциал	2	Роль функции Гиббса в химической термодинамике. Оценка возможности протекания химической реакции при различных условиях. Нахождение зависимости функции Гиббса химической реакции от температуры и давления. Анализ понятия «химический потенциал»	ПК-2 ПК-8
5	Обратимые химические реакции. Состояние равновесия	2	Динамическое равновесие в обратимых химических реакциях. Константа равновесия и энергия Гиббса. Разбор расчетов влияние температуры на положение равновесия обратимой химической реакции. Использование физических методов исследования и контроля в химической технологии	ПК-2 ПК-8
6	Статистическая сумма по энергетическим состояниям молекулы	2	Разбор примеров определение термодинамических функций по статистической сумме по энергетическим состояниям молекулы. Квантование энергии микрочастиц. Общий подход к определению статистических сумм молекул. Поступательная, вращательная, колебательная и электронная энергии молекулы	ПК-2 ПК-8
7	Правила аддитивности свойств молекул. Координата реакции. Переходное состояние	2	Использование правил аддитивности свойств молекул для расчетов термодинамических функций. Разбор и анализ таких расчетов. Определение вида поверхности потенциальной энергии химические реакции. Анализ протекания реакции по ее поверхности потенциальной энергии. Задача определения структуры переходного состояния и динамики его образования и распада в реальном масштабе времени	ПК-2 ПК-8
8	Эксергетический метод термодинамического анализа	2	Анализ тепловых балансов и тепловых коэффициентов полезного действия. Достоинства эксергетического метода термодинамического анализа. Оценка изменений эксэргии при физических и химических процессах	ПК-2 ПК-8
9	Расчеты эксергетического КПД. Классификация потерь эксэргии	2	Методика расчета эксэргии Я. Шаргута. Достоинства эксергетического баланса и эксергетического коэффициента полезного действия	ПК-2 ПК-8

7. Содержание лабораторных занятий
Лабораторных занятий учебным планом не предусмотрено.

8. Самостоятельная работа бакалавра

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции
1	Термодинамические понятия. Первое начало термодинамики	4	Изучение материалов лекций, основной и дополнительной литературы. Выполнение типового расчета	ПК-2 ПК-8
2	Теплоемкость. Энтальпия. Закон Гесса	4	Изучение материалов лекций, основной и дополнительной литературы. Выполнение типового расчета	ПК-2 ПК-8
3	Второе начало термодинамики. Энтропия	4	Изучение материалов лекций, основной и дополнительной литературы. Выполнение типового расчета	ПК-2 ПК-8
4	Функции Гиббса и Гельмгольца. Химический потенциал	4	Изучение материалов лекций, основной и дополнительной литературы. Выполнение типового расчета	ПК-2 ПК-8

5	Обратимые химические реакции. Состояние равновесия	4	Изучение материалов лекций, основной и дополнительной литературы. Выполнение типового расчета	ПК-2 ПК-8
6	Статистическая сумма по энергетическим состояниям молекулы	4	Изучение материалов лекций, основной и дополнительной литературы. Выполнение типового расчета	ПК-2 ПК-8
7	Правила аддитивности свойств молекул. Координата реакции. Переходное состояние	4	Изучение материалов лекций, основной и дополнительной литературы. Выполнение типового расчета	ПК-2 ПК-8
8	Эксергетический метод термодинамического анализа	4	Изучение материалов лекций, основной и дополнительной литературы. Выполнение типового расчета	ПК-2 ПК-8
9	Расчеты эксергетического КПД. Классификация потерь эксергии	4	Изучение материалов лекций, основной и дополнительной литературы. Выполнение типового расчета	ПК-2 ПК-8

9. Использование рейтинговой системы оценки знаний.

При оценке результатов деятельности обучающихся в рамках дисциплины «Термодинамические расчеты химико-технологических процессов» используется рейтинговая система. Рейтинговая оценка формируется на основании текущего и промежуточного контроля. Максимальное и минимальное количество баллов по различным видам учебной работы описано в положении о рейтинговой системе.

Оценочные средства	Кол-во	Min, баллов	Max, баллов
Коллоквиум	9	4	18
Контрольная работа	4	56	82
Итого:		60	100

При изучении дисциплины предусматривается выполнение четырех контрольных работ и проведение девяти коллоквиумов. Общее максимальное количество баллов по всем видам оценочных средств равно **100**.

10. Информационно-методическое обеспечение дисциплины

10.1. Основная литература

При изучении дисциплины «Термодинамические расчеты химико-технологических процессов» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Основные источники информации	Кол-во экз.
1. Кузнецова, Ида Михайловна. Общая химическая технология. Основные концепции проектирования химико-технологических систем [Учебники] : учебник для студ. вузов, обуч. по хим.-технол. напр. подгот. и спец. / под ред. Х.Э. Харлампиди .— 2-е изд., перераб. — СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2014 .— 381 с. : ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература) .— Библиогр.: с.371 (23 назв.). Указ.: с.372-379.	100 экз. в УНИЦ КНИТУ
2. Кузнецова, Ида Михайловна. Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологических процессов [Учебники] : учебник для студ. вузов, обуч. по хим.-технол. напр. подг. и спец. / под ред. Х.Э. Харлампиди .— 2-е изд., перераб. — СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2013 .— 448 с. : ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература) .— Библиогр.	100 экз. в УНИЦ КНИТУ

в конце глав.	
3. Елиманова, Галина Геннадьевна. Исследование равновесия в системах газ-жидкость: теоретические основы и экспериментальные методики. Моделирование химико-технологических процессов [Учебники] : учеб. пособие / Г.Г. Елиманова [и др.] ; Казан-ский нац. исслед. технол. ун-т .— Казань : Изд-во КНИТУ, 2016 .— 86, [2] с. — Библиогр.: с.81-86 (68 назв.).	66 экз. в УНИЦ КНИТУ
4. Елиманова, Галина Геннадьевна. Исследование равновесия в системах газ-жидкость: теоретические основы и экспериментальные методики. Моделирование химико-технологических процессов [Учебники] : учеб. пособие / Г.Г. Елиманова [и др.] ; Казан-ский нац. ис-след. технол. ун-т .— Казань : Изд-во КНИТУ, 2016 .— 86, [2] с. — Библиогр.: с.81-86 (68 назв.).	Электронная библио-тека УНИЦ КНИТУ http://ft.kstu.ru/ft/Elimana-va-issledovanie-ravnovesiya_v-sistemakh.pdf > Доступ с IP адресов КНИТУ

10.2. Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Кол-во экз.
Карапетьянц, Михаил Христофорович. Химическая термодинамика [Учебники] : Учеб. пособие / М.Х. Карапетьянц .— 3-е изд. / перераб. и доп. — М. : Химия, 1975 .— 548с. : ил. — Библиогр.: с.522-536.	83 экз. в УНИЦ КНИТУ
Ремизов, А.Б. Термодинамические расчеты химико-технологических процессов [Методические пособия] : тексты лекций / А.Б. Ремизов ; Казан. гос. технол. ун-т .— Казань, 2006 .— 137, [3] с. : ил. — Библиогр.: с.137-138 (8 назв.).	59 экз. в УНИЦ КНИТУ
Жоров, Юрий Моисеевич. Термодинамика химических процессов: нефтехимический синтез, переработка нефти, угля и природного газа [Справочники] : справочник .— М. : Химия, 1985 .— 459 с. — Библиогр.: с.457-459 (77 назв.).	3 экз. в УНИЦ КНИТУ

10.3. Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Термодинамические расчеты химико-технологических процессов» в качестве электронных источников информации, рекомендуется использовать следующие источники:

Электронный каталог УНИЦ КНИТУ – режим доступа: <http://ruslan.kstu.ru/>

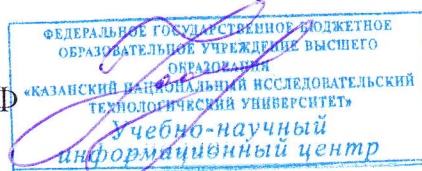
Электронная библиотека УНИЦ КНИТУ – режим доступа: <http://ft.kstu.ru/ft/>

Источники в электронном виде, имеющиеся в Интернет в свободном доступе:

The National Institute of Standards and Technology (NIST), США. - Режим доступа: <https://www.nist.gov>

Согласовано:

Зав. сектором ОКУФ



11. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся и итоговой (государственной итоговой) аттестации разрабатываются согласно положению о Фондах оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформляются отдельным документом.

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

1. Лекционные занятия:

- а. комплект электронных презентаций;
- б. аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран).

2. Практические занятия:

- а. комплект электронных презентаций;
- б. аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран);
- с. пакеты ПО общего назначения (текстовые редакторы, графические редакторы).

3. Прочее

- а. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

13. Образовательные технологии

Доля занятий, проводимых в интерактивных формах в учебном процессе, составляет 18 часов, включая следующие виды интерактивных форм обучения:

- интерактивная лекция;
- проблемная лекция;
- управляемая дискуссия;
- коллоквиум.

Лист переутверждения рабочей программы

Рабочая программа по дисциплине «Термодинамические расчеты химико-технологических процессов» пересмотрена на заседании кафедры «общей химической технологии»

№п/п	Дата переутверждения РП (протокол заседания кафедры № от . 20)	Наличие изменений	Наличие изменений в списке литературы	Подпись разработчика РП	Подпись заведующего кафедрой	Подпись начальника УМЦ/ОМг/ОАиД
1	06.09. 2018 г., протокол №1	нет	нет	