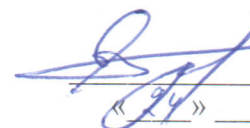


Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(ФГБОУ ВО КНИТУ)

УТВЕРЖДАЮ

 Проректор по УР
А.В.Бурмистров
«24» 11 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Б1.Б.24 Химические реакторы

Специальность 18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий»
(шифр) (наименование)

Специализация: для всех специализаций

Квалификация (степень) выпускника ИНЖЕНЕР

Форма обучения ОЧНАЯ

Институт, факультет ИХТИ

Кафедра-разработчик рабочей программы ОХТ

Курс, семестр 4 курс, 8 семестр

	Часы	Зачетные единицы
Лекции	18	
Практические занятия	36	
Семинарские занятия	—	
Лабораторные занятия	—	
Самостоятельная работа	54	
Всего	108	3
Форма аттестации	Зачет	

Казань, 2017 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования № 1176 от 12.09.2016 года, по специальности 18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий» для всех специализаций

Рабочая программа составлена для приема студентов 2014, 2015, 2016, 2017 г.

Разработчик программы:

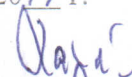
доцент кафедры ОХТ
(должность)


(подпись)

Н.М. Нуруллина
(Ф.И.О.)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ОХТ,
протокол № 3 от 26.10 2017 г.

Зав. кафедрой ОХТ


(подпись)

Х.Э.Харлампиди
(Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО

Протокол заседания методической комиссии ИХТИ, реализующего подготовку образовательной программы от 14.11 2017 г. № 36

Председатель комиссии, профессор

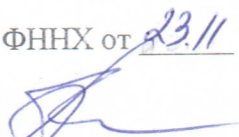

(подпись)

В.Я. Базотов
(Ф.И.О.)

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии ФННХ от 23.11 2017 г. № 4

Председатель комиссии, профессор


(подпись)

Н.Ю. Башкирцева
(Ф.И.О.)

Начальник УМЦ


(подпись)

Л.А. Китаева
(Ф.И.О.)

1. Цели освоения дисциплины «Химические реакторы»

При организации учебного процесса по дисциплине «Химические реакторы» устанавливаются следующие цели ее преподавания:

- раскрытие сущности протекающих в реакторе процессов и установление их взаимосвязи с наблюдаемыми и скрытыми явлениями в ходе эволюции технологического процесса;
- обучение методологии проектирования реактора путем последовательного использования основных факторов, обеспечивающих заданную степень совершенства конструкции и анализ альтернатив с оценкой реализуемости;
- ознакомление с современными промышленными гомо- и гетерофазными аппаратами, анализ их достоинств и недостатков и обоснование выбора существующего реактора под новую технологию;

2. Место дисциплины в структуре ООП ВПО

Дисциплина «Химические реакторы» формирует у студентов по соответствующим направлениям подготовки набор специальных знаний и компетенций, необходимых для выполнения научно-исследовательской, производственно-технологической, организационно-управленческой, экспертной, проектной профессиональной деятельности.

Для успешного освоения дисциплины «Химические реакторы» обучающийся по соответствующему направлению подготовки должен освоить материал предшествующих дисциплин:

1. Общая и неорганическая химия.
2. Органическая химия.
3. Физическая химия.
4. Математика.
5. Физика.
6. Прикладная механика.
7. Техническая термодинамика и теплотехника.
8. Процессы и аппараты химической технологии.
9. Общая химическая технология.

Знания, полученные при изучении дисциплины «Химические реакторы» могут быть использованы при прохождении производственной практики и выполнении выпускных квалификационных работ по соответствующим направлениям подготовки.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Химические реакторы»

ОПК-2 способность профессионально использовать современное технологическое и аналитическое оборудование, способность к проведению научного исследования и анализу полученных при его проведении результатов;

ПК-2 способность проверять техническое состояние оборудования, организовывать его профилактические осмотры и текущий ремонт, готовность к освоению и эксплуатации нового оборудования.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- основные функции бакалавра на химическом производстве: решать профессиональные задачи в производственно-технологической и проектной деятельности;
- классификацию реакторов;
- показатели эффективности функционирования реактора;
- конструкции современных гомо- и гетерофазных промышленных реакционных аппаратов;
- элементы структуры реактора;
- параметры и режимы работы реакционных устройств;
- динамические свойства гетерофазных реакторов;
- основные требования к конструкции реактора;
- тенденции современного реакторостроения;

- условия безопасной работы;

Уметь:

- обосновать выбор элементов конструкции реактора для поддержания заданных параметров процесса;
- проанализировать химико-технологическую систему и выявить совокупность протекающих в ней процессов и явлений;
- рассчитать материальный и тепловой балансы реактора;
- дать экологическую и экономическую оценки конструкции промышленного реактора-аналога проектируемого аппарата;

Владеть:

- методами работы на ЭВМ для выполнения расчетов и нахождения необходимой для этих целей специнформации;
- методами математической статистики для обработки результатов активного и пассивного экспериментов на модели или промышленном реакторе.

4. Структура и содержание дисциплины «Химические реакторы»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы (в часах)				Инфор- мационные и другие образова- тельные техноло- гии, ис- пользуе- мые при осущест- влении об- разова- тельного процесса	Оце- ночные средства для прове- дения про- межуточ- ной атте- стации по разделам
				Лекция	Семинар (Практическое за- нятие)	Лабораторные работы	СРС		
1	Основные понятия теории хими- ческого реактора	8	1-2	2	4	—	54	При чтении лекций ис- пользуются презентационная техника (проектор, экран, но- утбук), комплект электронных презентаций/ слайдов	Контроль- ная работа; опрос; рас- четная ра- бота; док- лад
2	Время пребывания реагентов в зоне реакции. Функция распре- деления времени пребывания	8	3	2	2	—			
3	Гидродинамический режим реак- тора	8	4-8	4	4	—			
4	Каскад реакторов. Сравнение РИС и РИВ.	8	9-10	2	2	—			
5	Химические реакторы с неиде- альной структурой потоков	8	11-12	1	—	—			
6	Материальный баланс химиче- ского реактора	8	13-14	3	12	—			
7	Теплоперенос в химических ре- акторах. Тепловой баланс хими- ческого реактора	8	15-16	3	6	—			
8	Промышленные реакторы	8	17-18	1	6	—			
Форма аттестации									Зачет

5. Содержание лекционных занятий

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются мультимедийные средства; комплект электронных презентаций/слайдов; демонстрационные приборы, презентационная техника (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Основные понятия теории химического реактора	2	Теория химического реактора	Определение понятия «химический реактор». Показатели эффективности работы реактора (производительность, мощность, пропускная способность, интенсивность, удельная производительность). Параметры реактора (конструкционные, технологические). Конструкционные параметры (габарит, объем, высота, диаметр, геометрические характеристики теплообменных, перемешивающих, транспортных устройств и пр., вес). Технологические параметры. Параметры входа и выхода (параметры потоков сырья, катализаторов, теплоносителей, хладагентов, продуктов. Параметры периодических и непрерывных реакторов. Классификация реакторов. Организационная структура (периодические, непрерывные, полупериодические). Фазовое состояние реагентов и катализаторов (гомогенные, гетерогенные реакторы). Направление движения потоков реагентов (прямоточные, противоточные, с перекрестным потоком). Конструктивная форма (колонна, трубчатый, смеситель, типа печи, теплообменника, реакционной камеры). Тип гидродинамического режима (идеальные и неидеальные). Тип теплового режима (изотермические, политропические, адиабатические, автотермические). Материальное оформление (с наружной защитой, внутренней защитой материала реактора).	ОПК-2, ПК-2
2	Время пребывания реагентов в зоне реакции	2	Функция распределения времени пребывания	Режимы движения потоков в реакторе. Время пребывания реагентов в реакторе. Функция распределения времени пребывания. Экспериментальное определение функции распределения времени пребывания. Исследования кривых отклика. Дифференциальная и интегральная функции распределения.	ОПК-2, ПК-2
3	Режимы работы реактора	4	Гидродинамический режим реактора	Классификация реакторов по гидродинамическому режиму: реактор смешения, реактор вытеснения. Реактор идеального смешения периодического действия (РИС-П). Принцип действия реактора. Способы создания интенсивного перемешивания. Изменение концентрации реагентов по времени и месту. Изменение скорости реакции и конверсии процесса. Кривые отклика: ступенчатый входной сигнал, импульсный входной сигнал. Реактор идеального смешения непрерывного действия (РИС-Н). Принцип действия проточного реактора. Способы создания интенсивного перемешивания. Изменение концентрации реагентов по времени и месту. Изменение скорости реакции и конверсии процесса. Кривые отклика: ступенчатый входной сигнал, импульсный входной сигнал. Реактор идеального вытеснения (РИВ). Проточный трубчатый реактор с большим соотношением габаритных размеров. Поршневой режим движения потоков. Изменение концентрации реагентов по времени и месту. Изменение скорости реакции и конверсии процесса. Кривые отклика: ступенчатый входной сигнал, импульсный входной сигнал. Диффузионно-однопараметрическая модель реактора вытеснения. Диффузионно-двухпараметрическая мо-	ОПК-2, ПК-2

				дель реактора вытеснения. Причины отклонений от «идеальности» проточных реакторов.	
4	Каскад реакторов	2	Каскад реакторов К-РИС. Сравнение РИС и РИВ.	Изменение концентрации реагента в каскаде реакторов. Расчет каскада реакторов. Графический метод расчета. Аналитический метод расчета. Общий объем реактора в каскаде. Функция распределения каскада реакторов. Сравнение эффективности РИС и РИВ, изменение концентрации реагентов, конверсии реагентов, скорости химической реакции, времени пребывания в зоне реакции. Расчет времени пребывания в зоне реакции и объема реактора РИС и РИВ с изменением конверсии реагента. Сравнение объемов реакторов.	ОПК-2, ПК-2
5	Химические реакторы с неидеальной структурой потоков	1	Факторы, влияющие на характер распределения концентраций реагентов в объеме реактора.	Факторы, влияющие на характер распределения концентраций реагентов в объеме реактора. Роль степени смешения реагентов в технологии гомогенных и гетерогенных систем. Концентрационный режим реактора. Влияние степени сегрегации реагентов. Влияние растворителя (разбавителя). Факторы, влияющие на характер распределения концентраций реагентов в объеме реактора. Химические реакторы с неидеальной структурой потоков. Схемы питания реакторов периодического и непрерывного действия. Реакторы для проведения процессов в жидкой фазе. Аппараты с мешалками. Типы перемешивающих устройств и их выбор.	ОПК-2, ПК-2
6	Материальный баланс химического реактора	3	Материальный баланс химического реактора	Общий вид уравнения материального баланса реактора. Определение времени пребывания реагентов в реакторе. Вывод математической модели (характеристического уравнения) РИС-П. Вывод математической модели РИВ. Однопараметрическая диффузионная модель реактора. Двухпараметрическая диффузионная модель реактора. Вывод математической модели РИС-Н. Ячеечная модель реактора.	ОПК-2, ПК-2
7	Теплоперенос в химических реакторах	3	Тепловой баланс химического реактора	Теплоперенос в химических реакторах. Тепловые режимы работы химических реакторов: адиабатический (автотермический), изотермический и политропический. Оптимальный профиль температур для реакций различных классов. Температурный режим реактора. Режим постоянных и переменных температур. Линия оптимальных температур. Общий вид уравнения теплового баланса. Вывод уравнения теплового баланса реакторов РИС-П, РИС-Н, РИВ при политропическом тепловом режиме. Вывод уравнения теплового баланса реакторов РИС-П, РИС-Н, РИВ при адиабатическом и изотермическом тепловых режимах. Тепловая устойчивость режима реактора. Графический метод определения условий стационарности режима реактора. Тепловая устойчивость РИС-Н при протекании простой необратимой и обратимой экзотермической реакции при адиабатическом режиме. Тепловая устойчивость РИС-Н при протекании простой необратимой эндотермической реакции при адиабатическом режиме. Тепловая устойчивость РИС-Н при протекании простой необратимой экзотермической реакции при изотермическом и политропическом режимах. Теплообмен в промышленных реакторах: прямой, косвенный. Теплоносители и хладагенты. Теплообменные устройства реакторов. Реакторы с внутренним	ОПК-2, ПК-2

				теплообменом. Реакторы с наружным теплообменом. Высокотемпературные органические теплоносители. Оптимальный тепловой режим работы реакторов и способы его осуществления.	
8	Промышленные реакторы	1	Промышленные реакторы	Реакторы для проведения процессов в системе газ-жидкость. Реакторы барботажной группы. Устройство барботажных колонн. Реакторы барботажные змеевиковые. Газлифтные реакторы. Конструкции. Принцип действия. Реакторы для проведения процессов в системе газ-жидкость: с механическим диспергированием газа; работающие в пленочном режиме; типа колонн с насадкой; колонны с колпачковыми тарелками; колонны с ситчатыми тарелками. Конструкции. Принцип действия. Реакторы для проведения каталитических процессов. Классификация и общие требования. Реакторы с неподвижным слоем катализатора; с движущимся слоем катализатора; с псевдоожиженным слоем катализатора. Конструкции реакторов. Принцип действия. Реакторы для проведения некаталитических газо-фазных процессов: реактор с газовыми горелками конструкции Саксе; промышленные печи (механические полочные, пылевидного обжига, с кипящим слоем); промышленные печи (ротационные; шахтные); трубчатые реакторы с огневым подогревом. Устройство. Принцип действия.	ОПК-2, ПК-2

6. Содержание семинарских, практических занятий

Цель проведения практических, семинарских занятий – освоение лекционного материала и выработка определенных умений, связанных с выполнением ряда технологических и инженерных расчетов.

Режим проведения практических занятий – один раз в неделю по 2 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема практического занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Основы теории химического реактора	2	Расчет составов исходных и реакционных смесей	Теория химического реактора. Теоретические закономерности изучаемых реакторов и их практическое применение.	ОПК-2, ПК-2
		2	Контрольная работа		
2	Время пребывания реагентов в зоне реакции	2	Семинар «Функция распределения времени пребывания реагентов в химическом реакторе»	Функция распределения времени пребывания реагентов в химическом реакторе, математическая модель реактора. Кривые отклика. Дифференциальная функция распределения, интегральная функция распределения.	ОПК-2, ПК-2
3	Гидродинамический режим реактора	6	Семинар «Идеальные реакторы» Каскад РИС-Н	Реактор идеального смешения периодического действия (РИС-П). Принцип действия реактора. Способы создания интенсивного перемешивания. Реактор идеального смешения непрерывного действия (РИС-Н). Способы создания интенсивного перемешивания. Реактор идеального вытеснения (РИВ). Проточный трубчатый реактор с большим соотношением габаритных размеров. Поршневой режим движения потоков. Ячеечная модель.	ОПК-2, ПК-2
4	Материальный баланс реактора	4	Расчет материального баланса химического реактора. Простая необратимая реакция.	Материальный баланс химического реактора. Простая необратимая реакция. Расчет балансовых характеристик процесса.	ОПК-2, ПК-2
		2	Расчет материального баланса химического реактора. Простая обратимая реакция.	Материальный баланс химического реактора. Простая обратимая реакция. Расчет балансовых характеристик процесса.	ОПК-2, ПК-2
		3	Расчет материального баланса химического реактора. Сложная необратимая последовательная реакция.	Материальный баланс химического реактора. Сложная необратимая последовательная реакция. Расчет балансовых характеристик процесса.	ОПК-2, ПК-2
		3	Расчет материального баланса химического реактора. Сложная необратимая параллельная реакция.	Материальный баланс химического реактора. Сложная необратимая параллельная реакция. Расчет балансовых характеристик процесса.	ОПК-2, ПК-2
5	Теплоперенос в химических реакторах. Тепловой баланс химического реактора	3	Расчет материального и теплового баланса химического реактора. Сложная необратимая реакция.	Материальный баланс химического реактора. Сложная необратимая параллельная реакция. Тепловой баланс реактора. Определение времени пребывания реагентов в зоне реакции. Определение габаритных характеристик реактора.	ОПК-2, ПК-2

		3	Семинар «Тепловые режимы работы химического реактора»	Тепловые режимы работы химических реакторов: адиабатический (автотермический), изотермический и политропический. Теплообмен в промышленных реакторах: прямой, косвенный. Теплообменные устройства реакторов.	ОПК-2, ПК-2
6	Промышленные реакторы	6	Обсуждение темы «Промышленные реакторы». Доклады.	Доклады с презентациями о конструктивных особенностях промышленных реакторов, принципах действия, эффективности их работы	ОПК-2, ПК-2

7. Содержание лабораторных занятий

Учебными планами по вышеперечисленным направлениям подготовки специалистов лабораторных занятий не предусмотрено.

8. Самостоятельная работа студента

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции
1	Промышленные реакторы	4	Подготовка докладов и презентаций	ОПК-2 ПК-2
2	Контактные аппараты	8	Подготовка докладов и презентаций	ОПК-2 ПК-2
3	Многофазные реакторы	6	Подготовка докладов и презентаций	ОПК-2 ПК-2
4	Жидкофазные реакторы	4	Подготовка докладов и презентаций	ОПК-2 ПК-2
5	Высокотемпературные реакторы	6	Подготовка докладов и презентаций	ОПК-2 ПК-2
6	Реакторы, работающие под давлением	4	Подготовка докладов и презентаций	ОПК-2 ПК-2
7	Совмещенные реакторы	4	Подготовка докладов и презентаций	ОПК-2 ПК-2
8	Определение времени пребывания реагентов в химическом реакторе	4	Подготовка к устному опросу	ОПК-2 ПК-2
9	Гидродинамические режимы реактора	6	Подготовка к устному опросу	ОПК-2 ПК-2
10	Тепловые режимы работы химического реактора	8	Подготовка к устному опросу	ОПК-2 ПК-2

9. Использование рейтинговой системы оценки знаний

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «Химические реакторы» используется рейтинговая система.

Усвоение учебного материала контролируется по всем видам учебных занятий: практическим занятиям и лекционному курсу.

При изучении дисциплины планируются следующие виды учебных занятий: расчетные работы и теоретический практикум, а также проверка выполнения СРС, посещаемости занятий.

Сумма баллов, выставаемых студентам в процессе изучения ими курса «Химические реакторы» составляет **100**. Распределение баллов по текущему контролю представлено в таблице.

Максимальные оценки знаний по всем видам занятий

Вид учебного занятия	Оценка контрольной точки	Количество контрольных точек
1. Лекции	15	
1.1. Контроль посещаемости лекций	15	
2. Практические занятия	85	6
2.1. Устный опрос	10	4
2.2. Контрольная работа	20	1
2.3. Расчет показателей эффективности работы реактора	25	1
ИТОГО:	100	

Рейтинговую оценку за усвоение учебного материала по курсу «Химические реакторы» получают путем суммирования баллов, полученных при выполнении всего объема работ.

10. Информационно-методическое обеспечение дисциплины

10.1. Основная литература

При изучении дисциплины «Химические процессы и реакторы» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Основные источники информации	Количество экз.
1. Кузнецова И.М., Харлампиди Х.Э., Иванов В.Г., Чиркунов Э.В. Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологического процесса. Учебник, под общей ред. Х.Э. Харлампиди. – СПб.: Лань, 2013. 448 с.	100 экз. УНИЦ КНИТУ http://e.lanbook.com/book/37357 Доступ из любой точки Интернета после регистрации с IP- адресов КНИТУ
2. Кузнецова И.М., Харлампиди Х.Э., Иванов В.Г., Чиркунов Э.В. Общая химическая технология. Основные концепции проектирования химико-технологических систем. Учебник, под общей ред. Х.Э. Харлампиди. – СПб.: Лань, 2014. 384 с.	100 экз. УНИЦ КНИТУ http://e.lanbook.com/book/45973 Доступ из любой точки Интернета после регистрации с IP- адресов КНИТУ
3. Аболонин Б.Е., Кузнецова И.М., Харлампиди Х.Э. Основы химических производств. Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Лань, 2013.	ЭБС «Лань» http://e.lanbook.com/ Доступ из любой точки Интернета после регистрации с IP- адресов КНИТУ

10.2. Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Количество экз.
1. Кузнецова И.М., Харлампиди Х.Э., Батыршин Н.Н. Общая химическая технология. Материальный баланс химико-технологического процесса: учебное пособие для вузов. – М.: Логос, 2007 – 264 с.	986 экз. УНИЦ КНИТУ
2. Бесков В.Г., Сафронов М.С. Общая химическая технология: учебник для вузов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 452 с.	25 экз. УНИЦ КНИТУ
3. Гайфуллин А.А., Воробьева Ф.И., Тунцева С.Н. Математическое моделирование гидродинамических характеристик реактора: методические указания. – Казань: КНИТУ, 2016. – 36 с.	25 экз. на кафедре ОХТ В Электронной библиотеке УНИЦ КНИТУ: http://ft.kstu.ru/ft/Gayfullin-matematicheskoe_modelirovaniye.pdf Доступ с IP-адресов КНИТУ

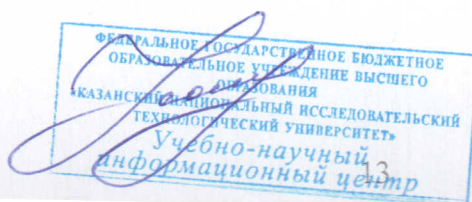
10.3. Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Химические процессы и реакторы» рекомендуется использование следующих электронных источников информации:

1. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ – Режим доступа: <http://ruslan.kstu.ru/>
2. Научная Электронная Библиотека (НЭБ) – Режим доступа: <http://elibrary.ru>
3. ЭБС «Лань» – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/books/>
4. ЭБС «Книгафонд» – Режим доступа: www.knigafund.ru
5. ЭБС «БиблиоТех» – Режим доступа: <http://kstu.bibliotech.ru>
6. ЭБС «РУКОНТ» – Режим доступа: <http://rucont.ru>
7. ЭБС «IPRbooks» – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>
8. ЭБС «Znanium.com» – Режим доступа: <http://znanium.com/>

Согласовано:

Зав. сектором ОКУФ



11. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Химические реакторы»

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются мультимедийные средства; наборы слайдов; демонстрационные приборы.

1. Лекционные занятия:

1. комплект электронных презентаций/слайдов,
2. аудитории, оснащенные презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

2. Практические занятия:

- комплект задач с примерами решения;
- аудитории, оснащенные презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

3. 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.

12. Образовательные технологии

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах в учебном процессе, составляет 36 часов практических занятий.

Используется самостоятельное изучение литературы, применение новых информационных технологий для самостоятельного пополнения знаний, включая использование технических и электронных средств информации.

Личностно-ориентированные технологии обучения реализуются в результате индивидуального общения преподавателя и студента при подготовке к практическим работам и семинарским занятиям (расчет материального баланса реактора, расчет теплового баланса реактора, определение гидродинамического режима движения потоков в реакторе). Доклады представляются в форме презентаций.