

40

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ

Директор химико-технологического института

Павленко В.И.

« 15 » _____ 2018 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)

Химические реакторы

направление подготовки (специальность):

18.05.02 - Химическая технология материалов современной энергетики

Направленность программы (профиль, специализация):

18.05.02-06 - Ядерная и радиационная безопасность на объектах использования ядерной энергии

Квалификация
инженер

Форма обучения
очная

Химико-технологический институт

Кафедра технологии стекла и керамики

Белгород – 2018

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 18.05.02 "Химическая технология материалов современной энергетики", утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ №1291 от 17.10.2016;
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова по направлению подготовки (специальности) 18.05.02 - Химическая технология материалов современной энергетики, направленности (специализации) - Ядерная и радиационная безопасность на объектах использования ядерной энергии, введенного в 2018 г.

Составитель (составители): к.т.н., доцент  С.В. Алексеев

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой теоретической и прикладной химии

Заведующий кафедрой: д.т.н., профессор  В.И. Павленко

« 15 » 05 2018 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 19 » 04 2018 г., протокол № 10

Заведующий кафедрой: д.т.н., профессор  Е.И. Евтушенко

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 15 » 05 2018 г., протокол № 9

Председатель к.т.н., доцент  Л.А. Порожнюк

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
Общепрофессиональные компетенции			
1.	ОПК-2	Способностью профессионально использовать современное технологическое и аналитическое оборудование, способностью к проведению научного исследования и анализу полученных при его проведении результатов	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - виды современного технологического и аналитического оборудования, применяемого в химическом производстве; - теоретические основы и принципы химических и физико-химических методов анализа; - методы обработки результатов анализа. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - подбирать необходимое технологическое оборудование; - выбирать метод анализа результатов научных исследований. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами анализа эффективности работы технологического и аналитического оборудования; - методами теоретического и эмпирического исследования технологических процессов.
2.	ОПК-3	Способностью использовать методы математического моделирования отдельных стадий и всего технологического процесса, к проведению теоретического анализа и экспериментальной проверке адекватности модели.	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - принципы моделирования химико-технологических процессов, методы построения эмпирических и физико-химических моделей химико-технологических процессов, методы идентификации математических описаний на основе экспериментальных данных; - методы оптимизации химико-технологических процессов; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять различные методы моделирования для решения

			<p>конкретных задач расчета, проектирования, идентификации параметров и оптимизации процессов химической технологии;</p> <ul style="list-style-type: none"> - рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта, оценивать технологическую эффективность производства; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования; - методами математической статистики для обработки результатов активных и пассивных экспериментов,.
Профессиональные компетенции			
1.	ПК-2	<p>Способностью к решению профессиональных производственных задач, включающих разработку норм выработки и технологических нормативов расходования сырья, материалов и энергетических затрат, совершенствование контроля технологического процесса.</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p>Знать: основы теории процесса в химическом реакторе, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, методику выбора реактора и расчета процесса в нем, основные реакционные процессы и реакторы химической технологии; методы и средства диагностики и контроля основных технологических параметров;</p> <p>Уметь: произвести выбор типа реактора и произвести расчет технологических параметров для заданного процесса, определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе, технологическую эффективность;</p> <p>Владеть: методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей, методами выбора химических реакторов.</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1.	Общая химическая технология
2.	Моделирование химико-технологических процессов
3.	Материаловедение

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1.	Процессы и аппараты химической технологии

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. единиц, 216 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины, час	216	216
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	68	68
лекции	34	34
лабораторные	-	-
практические	34	34
Самостоятельная работа студентов, в том числе:	148	148
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	18	18
Индивидуальное домашнее задание	-	-
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	-	-
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	36 (Экзамен)	36 (Экзамен)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4.1 Наименование тем, их содержание и объем
Курс 4 Семестр 7

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Предмет и содержание курса химические реакторы					
	Классификация основных типов реакторов. Выбор типа химического реактора. Физическое и математическое моделирование. Конструктивная разработка химических реакторов. Оптимизация процессов химической технологии	4			2
2. Расчет материального и теплового балансов.					
	Составление материального баланса. Стехиометрические расчеты. Общее уравнение материального баланса. Практический материальных баланс. Составление энергетического баланса. Тепловой баланс. Общее уравнение энергетического баланса. Практический тепловой баланс.	4	8		10
3. Технологический расчет химических реакторов					
	Общие положения. Расчет объемов реакторов. Гидравлический расчет химических реакторов. Расчет диаметра трубопровода. Расчет гидравлического сопротивления реактора. Тепловой расчет химических реакторов. Теплообмен в реакторах. Расчет реакторов периодического и непрерывного действия. Степень термодинамического совершенства технологического процесса. Расчет массообменных процессов в химических реакторах. Виды массообменных процессов в реакторах и способы их расчета. Механический расчет химических реакторов.	12	20		26
4. Конструкционные материалы химических реакторов					
	Виды конструкционных материалов. Классификация черных, цветных металлов и неметаллических материалов. Химически и коррозионно-стойкие материалы. Виды коррозии	4	2		4

	и химического разрушения материалов, способы защиты от коррозии. Влияние материалов на конструкцию реактора и способ его изготовления.				
5. Элементы химического реактора и способы их изготовления					
	Основные элементы. Оформление поверхности теплообмена. Перемешивающие устройства. Уплотнение вращающихся деталей. Вспомогательное оборудование. Виды вспомогательного оборудования.	4	4		6
6. Оптимизация и автоматизация работы химических реакторов					
	Оптимизация работы химических реакторов. Критерии оптимизации. Составление регрессионных уравнений и поиск экстремальных значений целевой функции. Автоматизация работы химических реакторов.	4			2
7.	Расчет химического реактора на примере...	2			1
	ВСЕГО	34	34		51

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
1.	Расчет материального и теплового балансов.	Составление материальных балансов и расчет реакционной смеси	4	4
2.	Расчет материального и теплового балансов.	Составление тепловых балансов	4	4
3.	Технологический расчет химических реакторов	Расчет реакторов периодического и непрерывного действия	4	4
4.	Технологический расчет химических реакторов	Гидравлический расчет химических реакторов.	4	4
5.	Технологический расчет химических реакторов	Расчет тепловых и массообменных процессов	4	4
6.	Технологический расчет химических реакторов	Расчет реакторов идеального смешения и вытеснения	4	4
7.	Технологический расчет химических реакторов	Расчет равновесных процессов в реакторах непрерывного действия	4	4
8.	Конструкционные материалы химических реакторов	Подбор конструкционных материалов	2	4
9.	Элементы химического реактора и способы их изготовления	Расчет конструкционных параметров химических реакторов	4	4
ИТОГО:			34	34

4.3 Содержание лабораторных работ

Учебным планом не предусмотрены.

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

№ п/п	Наименование контрольных вопросов
1.	Классификация химических реакторов
2.	Пути интенсификации работы реакторных устройств
3.	Реакторы непрерывного и периодического действия. Преимущества и недостатки.
4.	Производительность и интенсивность работы реактора
5.	Структурные элементы химических реакторов
6.	Требования к химическим реакторам
7.	Принципы математического моделирования химических реакторов
8.	Причины отклонений от идеальных режимов в химических реакторах
9.	Достоинства и недостатки адиабатических реакторов
10.	Характеристика адиабатического температурного режима
11.	Уравнения теплового баланса реактора идеального смешения в различных температурных режимах работы
12.	Оптимальный температурный режим реактора
13.	Влияние температуры на равновесный выход продуктов обратимых эндотермической и экзотермической реакций
14.	Уравнения теплового баланса адиабатического и политермического реакторов идеального вытеснения
15.	Понятие устойчивости работы реактора
16.	Способы создания развитой поверхности контакта между фазами
17.	Показатели работы химических реакторов
18.	Факторы влияющие на работу реакторных устройств
19.	Типовые конструкции реакторов для газожидкостных гетерогенных процессов
20.	устройство и принцип действия реактора с псевдооживленным и плотно движущимся слоем катализатора. Опишите работу реактора каталитического крекинга со взвешенным слоем катализатора
21.	Модель РИС-Н, ее характеристическое уравнение для реакций различного порядка.
22.	Устройство реакторов для проведения гомогенных процессов
23.	Скорость гетерогенного процесса. Пути увеличения скорости гетерогенного ХТП.
24.	Устройство реакторов для проведения гетерогенных некаталитических процессов.

25.	Сравнение реакторов различных моделей по интенсивности и селективности.
26.	Понятие о температурном режиме реактора. Классификация реакторов по тепловому режиму.
27.	Отклонение реальных моделей химических реакторов от идеальных.
28.	Модель каскада реакторов идеального смешения, расчет числа ступеней каскада для достижения определенной степени превращения.
29.	Химические реакторы. Уравнение теплового баланса химического реактора.
30.	Смещение равновесия химической реакции под влиянием концентрации реагирующих веществ.
31.	Понятие о химическом равновесии. Термодинамическая вероятность химической реакции. Константа равновесия химической реакции.
32.	Характеристика изотермического режима для различных типов реакторов.
33.	Влияние температуры на скорость химической реакции.
34.	Классификация химических реакторов и режимов их работы.
35.	Кинетическая и диффузионная области протекания гетерогенного химико-технологического процесса. Способы определения области протекания реакции.
36.	Классификация химических реакций, лежащих в основе ХТП.
37.	Создание оптимального температурного режим в реакторах при проведении эндо- и экзотермических процессов.
38.	Влияние температуры на степень превращения простой необратимой реакции с различным тепловым эффектом. Условия, ограничивающие применение высоких температур при проведении химических реакций.
39.	Влияние концентрации на скорость химической реакции.
40.	Понятие о каталитических ХТП, особенности гетерогенного катализа.
41.	Скорость гомогенного и гетерогенного ХТП. Пути определения области реакции.
42.	Принцип Ле-Шателье. Сдвиг химического равновесия под влиянием температуры.
43.	Характеристика адиабатического режима для различных типов реакторов.
44.	Модель РИС-П, ее характеристическое уравнение для реакций различного порядка.
45.	Сравнение реакторов с различным тепловым режимом при проведении экзотермического процесса.
46.	Уравнение материального баланса химического реактора.

**5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ,
их краткое содержание и объем
Учебным планом не предусмотрены.**

5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий

Расчетно-графическое задание выполняется на тему «Расчет химического реактора» (используется конкретный вид реактора – реактор смешения, реактор вытеснения, каталитические реакторы с неподвижным и подвижным слоем катализатора, а также реакторы для гомогенных и гетерогенных процессов). Объем РГЗ – 20-25 страниц. Пояснительная записка содержит разделы: введение; краткое описание производимого продукта и реакций, протекающих в реакторе при его образовании; описание конструкции реактора, включая основные элементы и параметры процессов (температурный и гидравлический режим, рабочее давление); требуемые расчеты (констант скоростей реакций, концентрации реагентов, выхода продукта, объема реактора и основных размеров его конструктивных элементов).

Каждому студенту выдается индивидуальное задание для выполнения расчетно-графического задания.

Пример задания

Рассчитать реактор непрерывного действия для проведения процесса эмульсионной полимеризации G , т/сут. Концентрация мономера C_0 , масс. %. Степень превращения x . Начальная температура T_0 , температура реакции T_p .

Этапы работы:

1. Описать процесс эмульсионной полимеризации и определить основные требования для его проведения.
2. Привести обоснование выбора типа аппарата.
3. Определить общий рабочий объем реактора.
4. Определить диаметр аппарата и мешалки.
5. Определить частоту вращения мешалки.
6. Определить количество теплоты, выделяющееся при полимеризации.
7. Определить общее количество теплоты, отводимое из реактора.
8. Определить расход охлаждающего агента.
9. Определить геометрические характеристики теплообменника.

Некоторые темы расчетно-графических заданий

1. Рассчитать непрерывнодействующий реактор вытеснения для проведения процесса полимеризации в растворе по следующим данным. Производительности по сухому веществу $G=864$ кг/сут. Концентрация мономера в исходной смеси $C_0=25$ масс. %. Степень превращения мономера на входе $x_0=0,1$, на выходе $x=0,96$. Температура реакции $T_p=308$ К. Смесь подается при температуре реакции.
2. Рассчитать трубчатый реактор смешения непрерывного действия для проведения процесса полимеризации этилена G . Концентрация мономера C_0 , масс. %. Степень превращения x .
3. Рассчитать каталитический реактор непрерывного действия с неподвижным катализатором для производства заданного вещества (см. таблицу 1) из синтез-газа производительностью G . Соотношение CO/H_2 , степень превращения x приведены в таблице 1.

Таблица 1

Вариант	Вещество	G, кг/сут.	СО/Н ₂	x
1.	Этилен	400		0,4
2.	Метанол	500	1:2	0,8
3.	Этанол	500	1:2	0,7
4.	Уксусная кислота	300	1:1	0,9
5.	Этиленгликоль	200	1:1,5	0,9
6.	Пропан	800	1:2	0,6

4. Рассчитать каталитический реактор непрерывного действия с подвижным слоем катализатором для производства аммиака производительностью 100 т/сут. Соотношение N₂/H₂. = 1:3. Степень превращения 0,14

5.4. Перечень контрольных работ

Оценочными средствами для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации являются контрольные работы.

Контрольная работа включает 3 задачи. К задаче прилагается таблица исходных данных. Номер варианта, который необходимо выполнить, выбирается в соответствии с предпоследней цифрой шифра студента.

Задачи относятся к расчету констант равновесия химических реакций и равновесных составов реакционных смесей, к расчету объемов реакторов идеального смешения и идеального вытеснения и к технологическим расчетам типовых реакторов, применяемых в различных отраслях химической технологии.

Перечень задач к контрольным работам

Задача 1. Обратимая химическая реакция $A + B \leftrightarrow 2R$ протекает при температуре T. Тепловой эффект реакции при температуре T составляет $\Delta H T_0$, изменение энтропии $\Delta S T_0$. Начальные концентрации реагентов равны CA_0 и CB_0 . Определить состав реакционной смеси в момент равновесия. Исходные данные приведены в табл.2.

Таблица 2

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T, К	573	298	473	323	373	423	323	523	298	423
$-\Delta H T_0$, МДж/кмоль	55,8	26,6	38,2	31,7	41,5	46,4	37,1	54,5	26,0	41,5
$-\Delta S T_0$, кДж/кмоль·К	80	70	60	75	85	80	90	85	70	75
CA_0 , кмоль/м ³	1,0	0,5	2,0	0,5	1,0	0,5	1,0	2,0	0,5	1,0
CB_0 , кмоль/м ³	2,0	1,0	2,0	1,0	2,0	0,5	1,0	3,0	1,0	2,0

Задача 2. Реакция $2A \leftrightarrow R + S$ протекает непрерывно в каскаде реакторов с перемешиванием. Объемный расход реагентов V_0 . Концентрация исходного вещества A равна CA_0 (концентрации CR_0 и CS_0 равны 0). Константа скорости прямой реакции составляет k_1 . Константа равновесия равна K_C . Степень превращения составляет α от равновесной, т.е. $x_A = \alpha x_A^*$. Объемы ступеней каскада равны, и объем каждой ступени составляет 1/10 от объема единичного

реактора смешения. Определить объем каскада реакторов. Исходные данные представлены в табл. 3.

Таблица 3

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$V_0, \text{м}^3/\text{ч}$	2,5	2,8	3,0	2,85	2,5	2,75	2,3	2,8	3,0	2,75
$CA_0, \text{кмоль}/\text{м}^3$	10	15	25	20	18	25	16	21	14	18
$k_1, \text{м}^3/\text{кмоль} \cdot \text{ч}$	0,75	0,80	0,65	0,50	0,70	0,60	0,80	0,65	0,85	0,70
K_C	25	36	16	9	36	25	49	16	25	36
α	0,8	0,75	0,9	0,85	0,7	0,8	0,9	0,75	0,8	0,9

Задача 3. Рассчитать необходимое число труб в реакторе для получения изобутана с расходом G из n -бутана в результате его парофазной изомеризации на хлориде алюминия. Процесс протекает при температуре t и давлении P . Степень конверсии n -бутана составляет α при времени реакции τ . Реактор собран из труб диаметром d и длиной l . Исходные данные представлены в табл.4.

Таблица 4

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$G, \text{т}/\text{ч}$	3,5	4,0	4,5	3,0	2,5	3,2	2,8	2,0	3,4	2,9
$t, \text{°C}$	120	110	100	90	115	110	95	100	110	100
$P, \text{МПа}$	1,5	2,0	1,8	1,6	1,9	1,7	1,5	2,0	1,8	1,4
$\alpha, \%$	40	50	42	55	45	50	43	52	48	54
$\tau, \text{мин.}$	12	14	16	11	15	12	14	17	11	19
$d, \text{мм}$	120	140	160	100	80	100	120	80	100	120
$l, \text{м}$	5	7	9	6	5	8	7	5	8	6

Задача 4. Сравнить объемы непрерывно действующих реакторов идеального смешения и идеального вытеснения для проведения простой необратимой реакции $A + B \rightarrow R + S$. Объемный расход реакционной смеси V_0 . Концентрации исходных веществ A и B равны CA_0 и CB_0 соответственно (концентрации CR_0 и CS_0 равны 0). Константа скорости реакции равна k . Степень превращения составляет x_A . Исходные данные представлены в табл.5.

Таблица 5

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$V_0, \text{м}^3/\text{ч}$	0,25	0,32	0,20	0,40	0,35	0,27	0,48	0,60	0,30	0,20
$CA_0, \text{кмоль}/\text{м}^3$	1,0	1,5	2,5	2,0	1,0	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0
$CB_0, \text{кмоль}/\text{м}^3$	2,0	3,0	2,5	4,0	1,0	2,5	3,0	2,0	3,0	2,0
$k, \text{м}^3/\text{кмоль} \cdot \text{ч}$	0,25	0,36	0,16	0,29	0,32	0,25	0,49	0,26	0,20	0,38
x_A	0,8	0,75	0,9	0,85	0,7	0,8	0,9	0,75	0,8	0,9

Задача 5. Определить объем реактора идеального вытеснения для проведения простой необратимой реакции $2A \rightarrow 3R + S$, описываемой кинетическим уравнением первого порядка. Молярный расход реагента VA_0 . Процесс протекает при температуре t и давлении P . Константа скорости реакции равна k . Степень превращения составляет x_A . Исходные данные представлены в табл. 6.

Таблица 6

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
VA_0 , кмоль/с	0,25	0,32	0,20	0,40	0,35	0,27	0,48	0,60	0,30	0,20
t , °C	160	200	180	220	170	250	200	160	240	190
P , кПа	2,0	3,0	2,5	4,0	1,0	2,5	3,0	2,0	3,0	2,0
$k \cdot 10^3$, с ⁻¹	1,25	2,36	3,12	1,29	3,24	2,56	1,49	2,26	1,20	1,68
x_A	0,8	0,75	0,9	0,85	0,7	0,8	0,9	0,75	0,8	0,9

Задача 6. Определить внутренний диаметр реактора для получения этилбензола путем алкилирования бензола этиленом. Массовый расход бензола равен G . Молярное соотношение бензол: этилен = $n:1$, конверсия этилена составляет α . Производительность реакционного объема по этилбензолу равна I . Штуцер для слива алкилата расположен на высоте h . Исходные данные представлены в табл.7.

Таблица 7

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
G , т/ч	9,5	12,0	10,5	9,0	12,5	13,2	11,8	12,0	10,4	11,6
n	2,5	3,0	4,0	3,5	2,0	3,0	2,5	4,0	3,5	3,0
I , кг/м ³ ·ч	170	200	180	160	190	170	150	220	180	240
α , %	93	89	92	90	88	85	93	90	86	91
h , м	5	7	9	6	5	8	7	5	8	6

Задача 7. Определить состав реакционной смеси на выходе из непрерывно действующего реактора идеального смешения объемом V_P , если в нем протекает реакция $A + 2B \rightarrow 3R$. Константа скорости реакции равна k . Объемный расход реакционной смеси V_0 . Концентрации исходных веществ A и B равны CA_0 и CB_0 соответственно. Исходные данные представлены в табл.8.

Таблица 8

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
V_P , м ³	2,5	3,0	2,0	1,5	2,5	3,0	4,0	3,5	2,0	5,0
CA_0 , кмоль/м ³	1,0	1,5	2,5	2,0	1,0	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0
CB_0 , кмоль/м ³	2,0	3,0	5,0	4,0	2,0	3,0	4,0	2,0	3,0	4,0
V_0 , м ³ /ч	2,5	1,5	1,0	1,5	1,25	3,0	2,0	1,75	2,0	2,5
k , м ³ /кмоль ² ·ч	0,92	0,75	0,87	0,81	0,72	0,88	0,96	0,72	0,84	0,91

Задача 8. Исходные реагенты A и B подаются в реактор отдельными потоками и смешиваются в определенном соотношении перед входом в реактор, в котором протекает простая необратимая реакция $A + B \rightarrow R + S$. Объемный расход реагирующей смеси V_0 . Концентрации исходных веществ A и B в отдельных потоках равны CA и CB соответственно. Соотношение между объемными расходами реагентов составляет $VA : VB = 1 : n$. Константа скорости реакции равна k . Степень превращения составляет x_A . Объем единичного реактора в каскаде равен V_p , м³. Сравнить объемы реактора идеального смешения периодического действия и непрерывно действующих реакторов идеального смешения и идеального вытеснения. Исходные данные представлены в табл.9.

Таблица 9

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$V_0, \text{м}^3/\text{ч}$	9	24	13,5	30	18	27	12	24	18	21
СА, кмоль/м	2,0	1,8	2,5	1,5	2,0	1,4	2,0	1,2	1,6	1,0
СВ, кмоль/м	3,0	3,6	2,5	3,0	2,0	2,8	3,0	1,8	2,4	2,0
$k, \text{л/моль} \cdot \text{мин}$	0,52	0,46	0,58	0,49	0,52	0,42	0,55	0,47	0,51	0,48
x_A	0,8	0,75	0,9	0,85	0,7	0,8	0,9	0,75	0,8	0,9
n	3	2	4	1,5	3	2,5	4	2	3	1,5
$V_p, \text{м}^3$	0,1	0,2	0,15	0,25	0,2	0,3	0,1	0,25	0,15	0,2

Задача 10. Определить внутренний диаметр реактора прямой гидратации этилена. В реактор поступает парогазовая смесь с расходом G . Исходные реагенты подаются с массовым соотношением этилен : водяной пар = $n : 1$. Объемная скорость подачи газовой смеси V . Степень конверсии этилена составляет α . Селективность процесса β . Рассчитать удельную производительность катализатора, если высота его слоя в реакторе составляет h . Исходные данные представлены в табл.9.

Таблица 10

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$G, \text{т/ч}$	50	60	70	55	60	45	70	30	55	50
$V \cdot 10^{-3}, \text{ч}^{-1}$	1,8	2,1	1,6	1,5	1,9	1,6	2,4	1,2	1,4	1,9
n	1,5	2,0	2,5	1,75	3,0	1,25	2,5	2,0	1,75	1,5
$\alpha, \%$	3,5	4,0	4,5	3,0	2,5	3,2	2,8	3,0	3,4	2,9
$\beta, \%$	90	88	85	93	89	86	91	87	90	94
$h, \text{м}$	5	7	9	6	5	8	7	5	8	6

6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

6.1. Перечень основной литературы

1. Косинцев В.И. и др. Основы проектирования химических производств: Учебник для вузов / Под ред. А.И. Михайличенко. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2008.– 332 с.

6.2. Перечень дополнительной литературы

1. Кутепов А.М. Общая химическая технология: учеб. для вузов/ Кутепов А.М., Бондарева Т.И., Беренгартен. – 3 изд., перераб. – М:ИКУ Академкнига, 2003.- 526 с.
2. Соколов Р.С. Химическая технология: Учеб. пособие. т. 1. –М: Гуманит. изд. центр Владос, 2000.- 368 с.
3. Соколов Р.С. Химическая технология: Учеб. пособие. т. 2. –М: Гуманит. изд. центр Владос, 2000.- 448 с.
4. Смирнов Н.Н. Химические реакторы в примерах и задачах/ Смирнов Н.Н. – Л: Химия, 1986.- 224 с.
5. Бесков С.Д. Химические расчеты/ Бесков С.Д. – М.: Высшая школа. – 1986.- 520 с.
6. Мухленов Н.П. Общая химическая технология: учеб. для вузов. ч. 1 / Мухленов Н.П.– М. Высшая школа, 1984.- 256 с.
7. Мухленов Н.П. Общая химическая технология: учеб. для вузов. ч. 2 / Мухленов Н.П.– М. Высшая школа, 1984.- 288 с.

6.3. Перечень интернет ресурсов

1. <http://elibrary.ru>
2. <http://e.lanbook.com>
3. <http://www.consultant.ru>
4. <http://normacs.ru/>
5. <https://elib.bstu.ru/Reader/Book>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Лекционный курс обеспечен электронной версией конспектов лекций.

На лазерном диске имеется набор рисунков и графиков по всему курсу лекций с возможностью экспонирования на экран для сопровождения лекционных занятий.

Занятия ведутся в специализированной учебной лаборатории № 302 кафедры прикладной химии, оборудованной в соответствии с требованиями, предъявляемыми к учебным химическим лабораториям.

Для проведения практических и лекционных занятий в аудитории имеется мультимедийный комплекс в состав которого входит:

- интерактивная доска;
- проектор;
- компьютер.

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2019/2020 учебный год.

Протокол № 11 заседания кафедры от «24» июня 2019 г.

Заведующий кафедрой ТСК  Евтушенко Е.И.

Директор ХТИ  Павленко В.И.

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений
Рабочая программа без изменений утверждена на 2020/2021 учебный
год.

Протокол № 9 заседания кафедры от «13» мая 2020 г.

Заведующий кафедрой  Евтушенко Е.И.
подпись, ФИО

Директор института  Павленко В.И.
подпись, ФИО