

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.ДВ.02.01
(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Расчет реакторов

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки
18.03.01 Химическая технология

направленность (профиль)
Машины и аппараты химических производств

Форма обучения: очно-заочная

Год набора: 2025

Общая трудоемкость: 1 ЗЕ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	8	Итого
Форма контроля	Зачет	
Вид занятий		
Лекции	16	16
Лабораторные	16	16
Практические	-	-
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР	-	-
Промежуточная аттестация	0,25	0,25
Контактная работа	32,25	32,25
Самостоятельная работа	3,75	3,75
Контроль	-	-
Итого	36	36

Рабочую программу составил(и):

ст. преподаватель Гончаров М.В.

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рецензирование рабочей программы дисциплины:

☒

Отсутствует

☐

Рецензент

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки 18.03.01 Химическая технология

Срок действия рабочей программы дисциплины до «31» августа 2030 г.

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры «Химическая технология и ресурсосбережение»

(протокол заседания № 2 от «23» сентября 2024 г.)

1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – формирование знаний, умений и навыков, необходимых для выполнения расчетов параметров реакторов, анализа их конструктивных особенностей, обеспечения эффективности химико-технологических процессов, а также соблюдения требований экологической безопасности и экономической целесообразности при разработке и эксплуатации оборудования химической промышленности.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (учебный курс) относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)» (вариативная часть, дисциплины по выбору).

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина:

«Физика», «Высшая математика», «Общая и неорганическая химия», «Инженерная графика», «Общая химическая технология», «Химия и технология органических и неорганических веществ 1», «Процессы и аппараты в химической технологии и биотехнологии».

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты ВКР».

3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
ПК-2 Способен разрабатывать, реализовывать и управлять процессами в области технологии неорганических и органических веществ с применением соответствующего инструментария, цифровых технологий, а также методов моделирования		<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none">– принципы математического моделирования химико-технологических процессов в реакторах;– основы цифровой обработки экспериментальных данных, полученных при расчетах реакторов;– возможности и функции прикладных программ для моделирования и оптимизации параметров реакторов. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none">– использовать прикладное программное обеспечение (Mathcad, Aspen Plus, COMSOL Multiphysics и др.) для расчета параметров работы реакторов;– проводить обработку и анализ данных, полученных в ходе расчета и моделирования;– представлять расчётные результаты в виде таблиц, графиков и отчетных материалов.

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
		<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методами цифрового анализа и визуализации информации при расчете химико-технологических процессов; – навыками построения расчетных моделей реакторов с применением специализированных программ; – приемами технической документации и оформления отчетов на основе цифровых расчетов.
<p>ПК-5 Способен анализировать и рассчитывать основные процессы химической технологии и выбирать их аппаратное оформление с применением современного математического аппарата и методов моделирования</p>		<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – классификацию реакторов, их конструктивные особенности и области применения; – основы химической кинетики, тепломассообмена и их влияние на выбор типа реактора; – методики расчета технологических параметров и габаритов реакторов при различных режимах работы. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – выполнять расчет реакторов идеального вытеснения, идеального смешения и реакторов периодического действия; – оценивать эффективность протекания химических реакций в зависимости от конструкции реактора; – сопоставлять различные варианты аппаратного оформления с учетом энергетической, производственной и экономической целесообразности. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками инженерного анализа при выборе и расчете реакторного оборудования; – методами построения материального и теплового баланса для различных типов реакторов; – инструментами принятия технически обоснованных решений по аппаратному оформлению технологических процессов.

4. Структура и содержание дисциплины

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1. «Теоретические основы проектирования и классификации реакторов»	Лек1	Роль реакторов в технологических схемах химических производств. Классификация реакторов по способу ведения процесса, типу движения среды, конструкции. Принципы выбора типа реактора в зависимости от химико-технологических особенностей процесса. Геометрические и конструктивные характеристики типовых реакторов.	8	2	—	—	
Модуль 2. «Основы химической кинетики и расчетов идеальных реакторов»	Лек2	Кинетические законы, применяемые при расчете реакторов. Стехиометрические соотношения и их роль в материальном балансе. Идеализированные модели: – реактор идеального вытеснения (PFR); – реактор идеального перемешивания (CSTR); – периодический реактор. Материальные и тепловые балансы в реакторах. Сравнительный анализ производительности и селективности различных моделей реакторов.	8	2	—	—	
	Лаб1	Сравнение производительности реакторов периодического и непрерывного действия.	8	4	—	—	Отчет по лабораторной работе №1

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Лаб2	Сравнение эффективности различных конфигураций реакторов.	8	6	—	—	Отчет по лабораторной работе №2
Модуль 3. «Реальные реакторы и учет отклонений от идеальности»	Лек3	Понятие неидеального потока: отклонения от идеальных режимов Методы исследования режимов движения: функции $F(t)$, $E(t)$, RTD-анализ Модели неидеальных реакторов: — модель идеальных ячеек; — модель аксиального перемешивания; — модель с зонами застоя и короткозамкнутыми потоками. Корректировка расчета реакторов с учетом реального режима течения.	8	4	—	—	
	Лаб3	Изучение неидеальности в реакторе: модель идеальных ячеек.	8	6	—	—	Отчет по лабораторной работе №3
Модуль 4. «Расчет теплообмена и специализированных типов реакторов»	Лек4	Тепловые эффекты в химических реакциях: особенности расчета. Температурные режимы реакторов: изотермический, адиабатический, политермический. Теплообмен в реакторах: типовые схемы и расчет теплопередающих поверхностей.	8	4	—	—	

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Лек5	Расчет энергетического баланса реакторов. Специализированные типы реакторов: – каталитические реакторы; – реакторы с псевдоожиженным слоем; – многоступенчатые и каскадные реакторы; – биореакторы. Основы оптимизации конструкции реакторов и повышения энергоэффективности.	8	4	–	–	
	Ср	Изучение теоретического материала. Подготовка отчетов по практическим занятиям. Выполнение индивидуальных заданий. Подготовка к зачету.	8	3,75	–	–	Реферат-презентация
	ПА	Зачет	8	0,25	–	–	Зачет
Итого:				36			

5. Образовательные технологии

При реализации учебного курса дисциплины используется технология традиционного обучения, включающая лекции, практические занятия и лабораторные работы, которые предполагают последовательное изложение материала преподавателем.

Лекция с элементами дискуссии. Лекция-презентация.

Практические занятия и лабораторные работы с решением задач, обсуждение алгоритма решения задач и полученных результатов. Выполнение индивидуальных заданий.

6. Методические указания по освоению дисциплины

При освоении темы необходимо:

- изучить учебный материал по дисциплине «Расчет реакторов», используя лекционный материал и материал библиотечного фонда по данной тематике;
- акцентировать внимание на основах кинетики химических реакций, расчетах объемов и геометрических параметров реакторов различных типов, выборе оптимальных режимов работы, а также методах теплового и массообменного анализа процессов.

Методические рекомендации к выполнению самостоятельной работы:

1. Изучение теоретического материала по изучаемой теме, изложенного в учебно-методическом пособии.
2. Вопросы для самостоятельной работы студентов:
 - 2.1. Классификация химических реакторов и принципы их работы.
 - 2.2. Модели идеального вытеснения, идеального смешения и поршневого режима.
 - 2.3. Методы расчета объемов реакторов на основе заданной кинетики реакции.
 - 2.4. Влияние температурного режима и теплоэффектов на работу реактора.
 - 2.5. Определение времени пребывания и степени превращения вещества.
 - 2.6. Особенности расчета реакторов непрерывного и периодического действия.
 - 2.7. Применение программных средств моделирования при расчете реакторов.
3. Подготовка к аудиторным занятиям (лабораторным работам и промежуточной аттестации).
4. Самостоятельное прочтение, просмотр, Интернет-ресурсы, повторение учебного материала.
5. Лабораторные работы включают в себя решение прикладных, расчетных и ситуационных задач, обсуждение результатов деятельности.
6. Подготовка отчетов по практическим занятиям и лабораторным работам:
 - 6.1. Выполненное практическое занятие / лабораторная работа должны быть оформлены в текстовом редакторе совместимом с Microsoft Word (с расширением файла – doc/docx) с названием файла, Ф.И.О. № Группы_ РР_ №Задания и включать в себя:
 - наименование и вариант работы;
 - исходные данные;
 - описание предлагаемого решения;
 - общее заключение по результатам работы.
 - 6.2. При сдаче отчета студент должен ответить на вопросы преподавателя по теме практического занятия / лабораторной работе в устной форме, используя отчет по работе.

7. Оценочные средства

7.1. Паспорт оценочных средств

Семестр	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
8	ПК-2, ПК-5	Отчеты по практическим занятиям № 1-4 в электронном виде. Отчеты по лабораторным работам № 1-3 в электронном виде. Вопросы к зачету № 1-50.

7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

7.2.1. Отчет по лабораторной работе

Типовой пример задания:

Лабораторная работа № 3. Изучение неидеальности в реакторе: модель идеальных ячеек.

Цель работы: изучить понятие неидеальности в химических реакторах и исследовать, как модель идеальных ячеек (модель последовательных резервуаров) может быть использована для аппроксимации поведения реальных реакторов.

Оборудование и материалы

1. Программное обеспечение для расчетов (например, Excel, Python или специализированные симуляторы).

2. Параметры реакции: константа скорости k , время пребывания τ (выбираются согласно варианта (таблица 1)).

Таблица 1 – Исходные данные

№ Варианта	Константа скорости (k), мин ⁻¹	Время пребывания (τ), мин
1	0.1	10
2	0.2	11
3	0.3	12
4	0.2	10
5	0.3	11
6	0.1	11
7	0.2	9
8	0.3	10
9	0.3	9
10	0.3	12

Теоретические основы:

Идеальные модели реакторов включают реактор непрерывного перемешивания (РНП, CSTR) и реактор идеального вытеснения (РИВ, PFR). Однако реальные реакторы часто демонстрируют неидеальное поведение из-за таких факторов, как каналирование, застойные зоны или несовершенное перемешивание. Модель идеальных ячеек представляет реальный

реактор как последовательность из N идеальных РНП, где N можно варьировать для соответствия поведению реактора.

Для реакции первого порядка конверсия X в последовательности из N РНП определяется уравнением:

$$X = 1 - \left(\frac{1}{1 + \frac{k}{\tau}} \right)^N, \quad (1)$$

где: k – константа скорости реакции (мин^{-1});

τ – общее время пребывания в реакторе (мин);

N – число ячеек (резервуаров) в модели.

Для идеального РНП ($N = 1$) конверсия X рассчитывается по уравнению::

$$X = \frac{k\tau}{1 + k\tau}. \quad (2)$$

Для идеального РИВ конверсия X рассчитывается по уравнению:

$$X = 1 - e^{-k\tau}, \quad (3)$$

где: e – основание натуральных логарифмов, $e \approx 2.718281828459045$.

При увеличении N поведение реактора приближается к РИВ, а при $N=1$ соответствует одиночному РНП.

Порядок выполнения

1. Выбрать реакцию первого порядка с известными значениями k и τ .
2. Рассчитать конверсию X для идеального РНП ($N = 1$).
3. Рассчитать X для идеального РИВ.
4. Рассчитать X для $N = 2, 5, 10, 20$ с использованием модели идеальных ячеек.
5. Построить график зависимости X от N и сравнить результаты с конверсиями для РНП и РИВ.
6. Провести анализ полученных результатов и сделать вывод.
7. Сформировать и предоставить отчет по лабораторной работе в электронном виде.
8. Ответить на вопросы.

Пример решения

Условие

Рассмотрим реакцию первого порядка $A \rightarrow B$ с параметрами (вариант №1):

- Константа скорости: $k = 0.1 \text{ мин}^{-1}$;
- Общее время пребывания: $\tau = 10 \text{ мин}$.

Расчеты

1. Идеальный РНП ($N = 1$):

$$X = \frac{k\tau}{1+k\tau} = \frac{0.1 \cdot 10}{1+0.1 \cdot 10} = \frac{1}{1+1} = 0.5$$

Конверсия: 50%.

2. Идеальный РИВ:

$$X = 1 - e^{-k\tau} = 1 - e^{-0.1 \cdot 10} = 1 - e^{-1} \approx 0.6321$$

Конверсия: 63.21%.

3. $N = 2$:

$$X = 1 - \left(\frac{1}{1 + \frac{0.1 \cdot 10}{2}} \right)^2 = 1 - \left(\frac{1}{1+0.5} \right)^2 = 1 - \left(\frac{1}{1.5} \right)^2 = 1 - 0.4445 \approx 0.5556$$

Конверсия: 55.56%.

4. $N = 5$:

$$X = 1 - \left(\frac{1}{1 + \frac{0.1 \cdot 10}{5}} \right)^5 = 1 - \left(\frac{1}{1+0.2} \right)^5 = 1 - \left(\frac{5}{6} \right)^5 = 1 - 0.4019 \approx 0.5981$$

Конверсия: 59.81%.

5. $N = 10$:

$$X = 1 - \left(\frac{1}{1 + \frac{0.1 \cdot 10}{10}} \right)^{10} = 1 - \left(\frac{1}{1+0.1} \right)^{10} = 1 - \left(\frac{10}{11} \right)^{10} = 1 - 0.3855 \approx 0.6145$$

Конверсия: 61.45%.

6. $N = 20$:

$$X = 1 - \left(\frac{1}{1 + \frac{0.1 \cdot 10}{20}} \right)^{20} = 1 - \left(\frac{1}{1+0.05} \right)^{20} = 1 - \left(\frac{20}{21} \right)^{20} = 1 - 0.3769 \approx 0.6231$$

Конверсия: 62.31%.

Результаты расчетов сведем в таблицу 2

Таблица 2 – Результаты расчетов

N	1 (РНП)	2	5	10	20	РИВ
X (%)	50.00	55.56	59.81	61.45	62.31	63.21

Построим график зависимости X от N и сравнить результаты с конверсиями для РНП и РИВ.

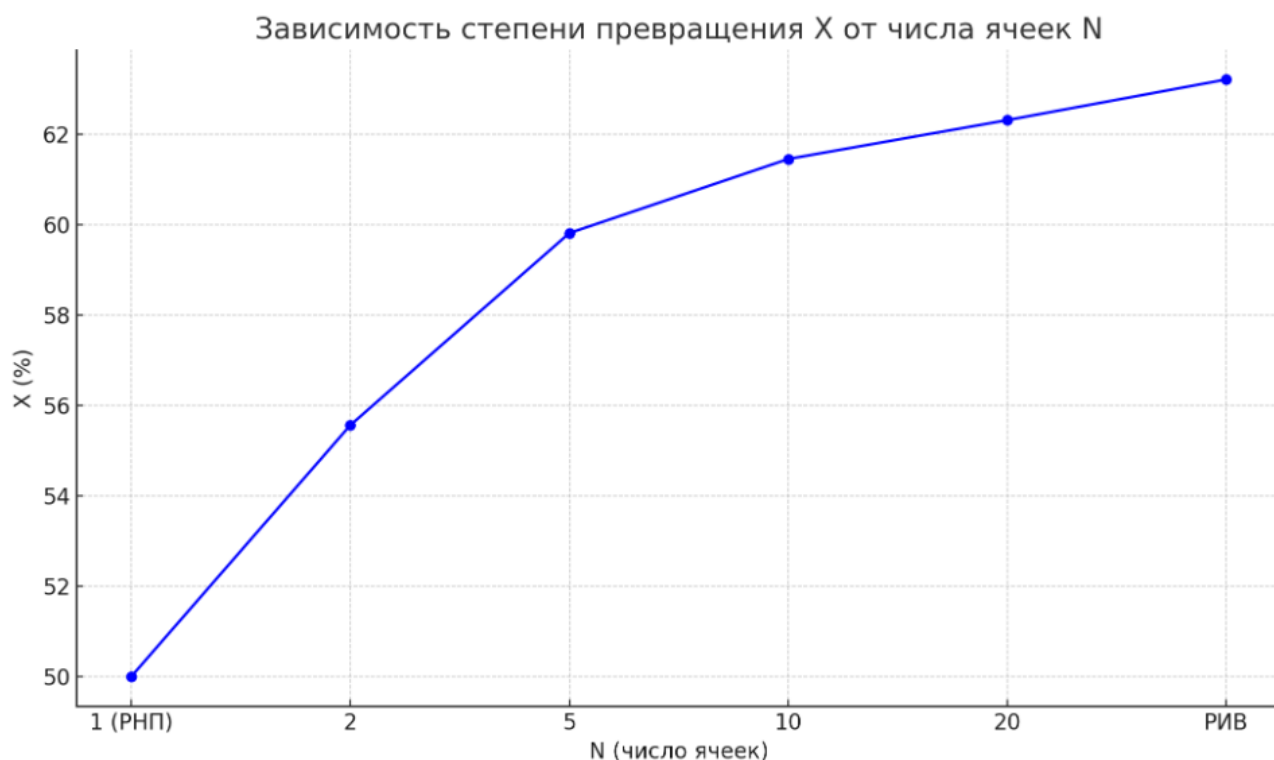


График зависимости степени превращения X от числа ячеек N . Видно, что с увеличением числа ячеек степень превращения возрастает и приближается к асимптоте, соответствующей режиму идеального вытеснения (РИВ). Такой характер кривой отражает переход от режима идеального смешения (РНП) к вытеснению. Для процессов, требующих высокой конверсии, предпочтительно большее N , что соответствует РИВ. Модель полезна для проектирования реакторов, обеспечивая баланс между перемешиванием и эффективностью.

Вывод

Модель идеальных ячеек является эффективным инструментом для изучения и проектирования реакторов. Изменение числа ячеек N позволяет моделировать различные степени неидеальности, что важно для оптимизации химических процессов.

Контрольные вопросы

1. Что такое модель идеальных ячеек, и как она используется для описания неидеальности в химических реакторах?
2. Как влияет увеличение числа ячеек N на степень конверсии X в модели идеальных ячеек? Объясните с использованием данных из таблицы результатов.
3. Чем отличается поведение реактора при $N = 1$ от поведения при $N \rightarrow \infty$ в модели идеальных ячеек? Сравните с реальными типами реакторов.
4. Как можно определить оптимальное число ячеек N для заданного процесса на основе экспериментальных данных?
5. Объясните, почему конверсия в модели идеальных ячеек не достигает значения для РИВ даже при $N = 20$. Какие факторы могут ограничивать рост конверсии?

Критерии оценки:

Оценка «**зачтено**» ставится студенту, если отчет по лабораторной работе включает более 50% от требуемого объема и выполнен в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии;

Оценка «**не зачтено**» ставится студенту, если отчет по лабораторной работе включает менее 50% от требуемого объема.

7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Семестр 8

№ п/п	Вопросы к зачету
1.	Какова основная цель расчета реакторов в химической технологии?
2.	Чем отличается реактор идеального вытеснения (РИВ) от РНП по характеру потока и перемешивания?
3.	Что такое модель каскада идеальных реакторов и как она применяется?
4.	Чем реальные реакторы отличаются от идеальных моделей?
5.	Какое значение имеет распределение времени пребывания (РВП) в анализе реакторов?
6.	Объясните концепцию реактора с псевдоожиженным слоем и его преимущества.
7.	Что такое микрореакторы и как они повышают эффективность реакций?
8.	Как геометрия реактора влияет на производительность реакции?
9.	Каковы преимущества трубчатых реакторов в химических процессах?
10.	Как учесть неидеальный поток при расчетах реакторов?
11.	Какие шаги включаются в расчет размеров реактора для реакции второго порядка?
12.	Как вычисляется фактор эффективности для каталитических реакторов?
13.	Какое значение имеет число Дамкёлера в проектировании реакторов?
14.	Какие методы используются для решения дифференциальных уравнений кинетики реакций?
15.	Как составляется тепловой баланс для экзотермической реакции в реакторе?
16.	Опишите работу реактора с неподвижным слоем и его типичные применения.
17.	Определите понятия идеального смешения и идеального вытеснения в моделях реакторов.
18.	Какую роль играют реакторы в общем процессе химического производства?
19.	Как выводится уравнение материального баланса для РНП?
20.	Какова формула для расчета конверсии в РИВ для реакции первого порядка?
21.	Как рассчитать константу скорости реакции на основе экспериментальных данных?
22.	Как рассчитать время пребывания в реакторе?
23.	В чем основные различия между реакторами периодического и непрерывного действия?
24.	Какие факторы влияют на скорость химической реакции в реакторе?
25.	Каковы характеристики реактора непрерывного перемешивания (РНП)?
26.	Что такое метод анализа «pinch» и как он применяется к реакторам?
27.	Опишите связь между проектированием реакторов и энергоэффективностью.
28.	Какие ключевые допущения используются в моделях идеальных реакторов?
29.	Как определить объем реактора, необходимый для заданной конверсии?
30.	Какие основные конструктивные элементы входят в состав химического реактора?

№ п/п	Вопросы к зачету
31.	Как можно оптимизировать работу реактора для процессов полимеризации?
32.	Объясните значение кинетики реакции для проектирования реакторов.
33.	Какую роль играют тепло- и массообмен в работе реактора?
34.	Как влияет наличие катализатора на расчеты реакторов?
35.	Как устройства перемешивания влияют на работу реактора?
36.	Какие материалы обычно используются для изготовления реакторов и почему?
37.	Как теплообменное оборудование интегрируется в конструкцию реактора?
38.	Какие факторы определяют выбор типа реактора для конкретного процесса?
39.	Как динамические компоненты (насосы, мешалки) влияют на работу реактора?
40.	Какие меры безопасности учитываются при проектировании реакторов?
41.	Как оценивается долговечность реактора в условиях эксплуатации?
42.	Какую роль играет автоматизация в управлении и оптимизации реакторов?
43.	Как выбрать подходящую толщину стенок корпуса реактора?
44.	Как оценить экологическое воздействие работы реактора?
45.	Как рассчитать размер реактора для синтеза аммиака?
46.	Какие ключевые аспекты нужно учитывать при проектировании реактора для производства серной кислоты?
47.	Какие меры позволяют снизить энергопотребление в химическом реакторе?
48.	Как определить оптимальный температурный профиль в РИВ?
49.	Какую роль играет численное моделирование в проектировании реакторов?
50.	Как рассчитать падение давления в трубчатом реакторе?

7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
8	Зачет (устно)	«зачтено»	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Знает и понимает суть дисциплины, основных положений учебного материала; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Поверхностно анализировать события, ситуации, делать определенные выводы, самостоятельно воспроизводить большую часть материала. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Умением давать правильные ответы (допускаются некоторые неточности и не принципиальные ошибки); – Умением работать только с учебной литературой, указанной преподавателем.
		«не зачтено»	Не отвечает ни на один из теоретических вопросов, не может ответить ни на один дополнительный вопрос.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Попов Ю.В., Латышова С.Е., Мохов В.М.	Основы проектирования и оборудование технологических процессов органического синтеза и нефтепереработки	Учебное пособие	2021	ЭБС «Лань»
2	Разинов А.И., Клинов А.В., Дьяконов Г.С.	Процессы и аппараты химической технологии	Учебник	2023	ЭБС «Лань»
3	Янчуковская Е.В.	Процессы и аппараты химической технологии	Учебное пособие	2021	ЭБС «Лань»
4	Петров И. В.	Расчет и проектирование машин химических производств	Учебник	2023	ЭБС «Лань»
5	Москвичев Ю.А., Григоричев А.К., Павлов О.С.	Теоретические основы химической технологии	Учебное пособие	2024	ЭБС «Лань»

8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Лебедев В. П., Морозов А. Н.	Основы расчета и конструирования аппаратов химической технологии	Учебник	2022	ЭБС «Лань»
2	Борисов А. В.	Механика и конструирование оборудования химических производств	Учебное пособие	2020	ЭБС «Лань»
3	Поникаров И.И., Поникаров С.И., Рачковский С.В.	Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки (примеры и задачи)	Практикум	2020	ЭБС «Лань»

8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

– Химическая промышленность сегодня. Журнал «Химическая промышленность сегодня» публикует оригинальные статьи химико-технологического профиля, содержащие новые результаты завершённых исследований в области химической технологии и биотехнологии, промышленного внедрения и эксплуатации химических производств. Журнал также публикует обзоры наиболее интересных и актуальных научных достижений и практических разработок по публикациям отечественной и иностранной печати, информацию о проведении научных конференций, симпозиумов и научно-практических совещаний в области химической технологии и химической промышленности.

– Теоретические основы химической технологии. Журнал публикует сообщения о новых технологических процессах в обрабатывающей промышленности с точки зрения фундаментальной науки. Статьи в журнале посвящены основам тепломассообмена, процессам разделения, межфазным явлениям, течению сыпучих материалов, биотехнологии, оптимизации, автоматизации и управлению, экономии энергии, металлов и сырья, защите окружающей среды и смежным темам. Журнал входит в Перечень ВАК и систему РИНЦ. Для зарегистрированных пользователей Научной электронной библиотеки (eLibrary) доступен полнотекстовый архив с 2011 года: <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=8244>.

– Oriental Journal Of Chemistry. Научный рецензируемый журнал открытого доступа. Страна: Индия. Язык: английский. Публикует результаты научных исследований в области общей химии, биохимии, спектроскопии, химии окружающей среды. Доступен полнотекстовый архив с 2008 года: <http://www.orientjchem.org/Archive.php>.

– Chemical and Process Engineering Research. Журнал на английском языке Международного института по науке, технологиям и образованию (International Institute for Science, Technology and Education) (США, Великобритания, Гонконг). Публикует оригинальные статьи, касающиеся различных аспектов химического машиностроения, в том числе, управление процессами и контрольноизмерительными приборами данного производства. Доступен полнотекстовый архив с 2011 года: <http://www.iiste.org/Journals/index.php/CPER/issue/archive>.

– Journal of Advanced Chemical Engineering. Научный рецензируемый и реферируемый журнал открытого доступа. Страна: Египет. Язык: английский. Публикует оригинальные исследования, обзорные статьи, короткие сообщения в области химического машиностроения, современных материалов, биохимии. Доступен полнотекстовый архив с 2011 года: <http://www.ashdin.com/journals/published.aspx?jid=jace>.

8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows: WinPro 10 RUS Upgrd OLP NL Acdmc	договор № 757 от 04.07.2018, срок действия – бессрочно; контракт № 1653 от 14.12.2018, срок действия – бессрочно
2	Office Standard: Office Stdandard 2013 Russian OLP NL AcademicEdition	договор № 690 от 19.05.2015, срок действия – бессрочно
3	MathCAD версия 14 или 15	Акт п/п от 21.07.09 (Гос. Контракт 487 от 28.05.09), бессрочный

8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Лаборатория «Технология органических соединений». Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. (А-311)	Столы лабораторные островные физические; Столы островные химические; полки для посуды; мойки; Столы лабораторные; Столы письменные; шкаф вытяжной 1500ШВ; шкафы сушильный WS31.; баня водяная многоместная; печь муфельная; плитка электрическая; магнитная мешалка.; термостат VT8; аппарат для определения температуры вспышки; лабораторная ректификационная колонна; весы аналитические ВЛР200; весы электронные HL100; штативы лабораторные; табуреты лабораторные; стул; химическая посуда, доска меловая.
2	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (А-419)	Столы ученические двухместные (моноблоки), стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная (меловая), таблица Менделеева.
3	Лаборатория "Процессы и аппараты защиты окружающей среды". Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (А-409)	Столы ученические моноблоки, Столы, стулья, доска аудиторная (меловая), проектор, ноутбук, экран переносной, установка технологического комплекса, позволяющая снизить распространение аэродисперсной системы в пространств., установка, позволяющая создать аэродинамическую тягу.
	Лаборатория "Процессов и АХП". Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового	Лабораторные установки по изучению процесса ректификации, процесса теплопередачи (труба в трубе), лабораторная установка для

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
4	проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (А-118)	измерения давления, стационарное медиа оборудование, интерактивная доска. Столы ученические, стулья ученические.
5	Компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (УЛК-203)	Переносной проектор, экран, столы компьютерные, стол преподавательский, стулья, доска аудиторная (маркерная)- ПК с выходом в сеть Интернет.
6	Помещение для самостоятельной работы обучающихся. (Г-401)	Столы, стулья, компьютеры.