



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«МИРЭА — Российский технологический университет»

РТУ МИРЭА

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор

_____ Н.И. Прокопов
« ____ » _____ 20 ____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

2.1.6 Процессы и аппараты химических технологий

Научная специальность

2.6.13 «Процессы и аппараты химических технологий»

Форма обучения

Очная

Москва 2025

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий» являются:

1. Формирование устойчивых знаний законов сохранения и явлений переноса субстанций: количества движения, энергии и вещества.
2. Овладение умением составления математических моделей процессов переноса количества движения, энергии и вещества в химической технологии и проведения технологических расчётов, определением материальных и тепловых потоков, затрат энергии на проведение процессов, а также основных размеров аппаратов.
3. Изучение методов расчета основных аппаратов химической технологии: теплообменников, массообменных, гидромеханических, насосов, компрессоров и других.

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина «Процессы и аппараты химических технологий» является обязательной дисциплиной образовательного компонента блока «Дисциплины (модули)» учебного плана научной специальности 2.6.13 «Процессы и аппараты химических технологий».

3. Требования к результатам освоения дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий»

В ходе освоения дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий» идет дальнейшее формирование элементов (знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности) аспиранта:

- способность к самостоятельному обучению новым методам исследования;
- способность к пониманию основных проблем в своей предметной области, выбору методов и средств их решения;
- способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой своих исследований;
- способность анализировать состояние научно-технической проблемы, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию по теме исследований;
- способность оценивать научную значимость и перспективы прикладного использования результатов исследований.

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- общие проблемы и задачи при расчёте процессов и аппаратов химической технологии;
- методы расчёта размеров аппаратов и потребляемой энергии при

проведении процесса;

базы данных, обеспечивающие многоаспектный поиск библиографической информации;

логику, стратегию, методы, методики организации и осуществления научно-исследовательской работы;

основные существующие методы и подходы, применяемые в своей профессиональной деятельности.

Уметь:

использовать реферативные базы журнальных и патентных публикаций;

обосновывать необходимость, актуальность поставленной исследовательской задачи и решать её с помощью современных технологий и достижений;

использовать разработанные методы и подходы для решения проблем при проектировании схем промышленных установок.

Владеть:

навыками использования языкового аппарата, необходимого для своей профессиональной деятельности и специализации;

навыками применения математического аппарата для описания и решения основных видов задач исследовательской деятельности;

навыками анализа и систематизации результатов научно-исследовательской работы, подготовки презентаций, научных отчетов.

4. Содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий» составляет 3 зачетных единицы (108 акад. часов).

4.1. Распределение объема дисциплины по разделам (темам), семестрам, видам учебной работы и формам контроля

№ раздела	Семестр	Неделя семестра	Объем (в акад. час.)							Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)
			Всего	Контактная работа (по видам учебных занятий)				СР	Контроль	
				Всего	ЛК	ПР	СР под рук.			
1	4	1	10	4	2	2		4	2	Устное собеседование; выполнение практических заданий
1	4	2	10	4	2	2		4	2	Устное собеседование; выполнение практических заданий
2	4	3	10	4	2	2		4	2	Устное собеседование; выполнение практических заданий
2	4	4	10	4	2	2		4	2	Устное собеседование; выполнение практических

№ раздела	Семестр	Неделя семестра	Объем (в акад. час.)						Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)		
			Всего	Контактная работа (по видам учебных занятий)				СР			Контроль
				Всего	ЛК	ПР	СР под рук.				
										заданий	
2	4	5	10	4	2	2		4	2	Устное собеседование; выполнение практических заданий	
3	4	6	10	4	2	2		4	2	Устное собеседование; выполнение практических заданий	
3	4	7	10	4	2	2		4	2	Устное собеседование; выполнение практических заданий	
3	4	8	10	4	2	2		4	2	Устное собеседование; выполнение практических заданий	
3	4	9	12	4	2	2		4	4	Устное собеседование; выполнение практических заданий	
По материалам курса			16						16	Экзамен	
Всего в 4 семестре:			108	36	18	18	0	36	36		
Всего:			108	36	18	18	0	36	36		

4.2. Наименование и содержание разделов дисциплины

Номер темы	Наименование темы	Содержание темы
1	Гидравлика и гидромеханические процессы	<p>Предмет и место курса ПАХТ. Перенос субстанций в химической технологии. Основное балансовое соотношение. Основы теории переноса количества движения, энергии, вещества. Основные уравнения переноса энергии и массы. Теория подобия и анализ размерностей. Гидродинамика и гидродинамические процессы. Побудители расхода.</p> <p>Структура потока. Типовые модели структуры потоков в аппаратах непрерывного действия. Модель идеального перемешивания. Модель идеального вытеснения. Сравнительная оценка идеальных моделей. Ячеечная модель потока с продольным перемешиванием. Диффузионная модель потока с продольным перемешиванием. Комбинированные (многопараметрические) модели.</p> <p>Течение жидкости в пленках, трубах и пограничных слоях. Уравнения и граничные условия гидродинамики.</p>

Номер темы	Наименование темы	Содержание темы
		Гидродинамика тонких стекающих пленок. Пограничный слой. Обтекание сферической частицы, капли и пузыря поступательным стоксовым потоком. Сферические частицы в поступательном потоке при умеренных и больших числах Рейнольдса.
2	Тепловые и массообменные процессы	<p>Потоки массы и теплоты в сплошной фазе. Массоперенос в химико-технологических системах с учетом наличия межфазных поверхностей. Массо- и теплоперенос в пленках жидкости, трубах и плоских каналах. Уравнение и граничные условия теории конвективного тепло- и массопереноса. Теплоперенос к плоской пластине. Массоперенос в пленках жидкости. Тепло- и массоперенос при ламинарном течении в круглой трубе. Предельные числа Нуссельта при ламинарном течении жидкостей по трубам различной формы. Внутренние задачи о теплообмене тел различной формы.</p> <p>Внешние и внутренние задачи массопереноса. Нестационарный массообмен. Гидродинамика, массо- и теплообмен в неньютоновских жидкостях. Реологические модели неньютоновских несжимаемых жидкостей. Движение пленок неньютоновских жидкостей.</p> <p>Элементы механики твердых дисперсных сред в процессах химической технологии. Структура и структурные связи твердых дисперсных сред. Понятие форм и размеров твердых частиц, гранулометрического состава, сыпучести, сил взаимодействия между частицами. Реологические свойства сыпучих материалов, контактные силы внешнего трения и адгезионные свойства сыпучих материалов. Движение оживленных твердых дисперсных систем. Процессы тепло- и массопереноса в псевдооживленных слоях.</p> <p>Тепловые процессы. Основные законы теплопереноса. Классификация используемых аппаратов. Теплообменники с передачей тепла через стенку. Кипятильники. Конденсаторы. Объекты с сосредоточенными и распределенными параметрами. Теплообмен излучением. Законы теплового излучения. Теплообмен излучением между поверхностями твердых тел, между газом и твердой поверхностью.</p> <p>Массопередача в диффузионных процессах. Коэффициенты массопередачи при различных способах выражения движущих сил процесса.</p> <p>Математические модели процессов со структурной перестройкой исходной системы. Описание роста кристаллов и зародышеобразования. Механизмы гранулообразования. Гранулирование порошков и</p>

Номер темы	Наименование темы	Содержание темы
		<p>расплавов. Типовые конструкции грануляторов. Математические модели процессов гранулирования. Процессы гранулирования и капсулирования. Формальная аналогия процессов со структурной перестройкой исходной системы: гранулирование, кристаллизация, образование мягкой материи (структурированных сред и гелей), эмульгирование и др.</p> <p>Математические модели процессов разделения. Ректификационные аппараты. Описание равновесия в системах жидкость-пар. Типы ректификационных аппаратов и их математическое описание.</p> <p>Математические модели мембранных установок. Общая характеристика мембранных способов разделения смесей. Их классификация. Виды мембран. Описание процесса переноса в мембранах. Математические модели фильтрационных установок, установок обратного осмоса, первапорационных установок.</p>
3	Ресурсо- и энергосбережение в химической технологии	<p>Энерго-ресурсосберегающие технологии. Типовые схемы энергосбережения. Применение частичного и полного теплового насоса. Внутреннее энергосбережение в процессе ректификации. Теория внутреннего энергосбережения. Ресурсосберегающие технологии в химической промышленности.</p> <p>Совмещенные и сопряженные процессы. Простые и комбинированные процессы. Классификация. Основные особенности. Достоинства и недостатки. Общие задачи, возникающие при разработке сопряженных и совмещенных процессов. Критерии оценки их эффективности. Области возможного использования сопряженных массообменных процессов. Возможные варианты сочетания различных массообменных процессов. Методика выбора оптимальных вариантов разделения. Влияние рекуперативного теплообмена между потоками на эффективность сопряженных и совмещенных процессов. Возможные варианты совмещенных массообменных и реакционно-массообменных процессов и области их использования. Особенности их организации. Критерии оценки эффективности.</p>

4.3. Лабораторные работы (ЛБ)

Учебным планом не предусмотрены.

4.4. Практические занятия (ПР)

№ п/п	Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (в акад. часах)
1	1	Течение жидкостных пленок	2
2	1	Структура потоков. Кривые отклика.	2
3	2	Сравнение эффективности теплообменника при прямотоке и противотоке теплоносителей.	2
4	2	Расчет абсорбера	2
5	2	Расчёт ректификационной колонны	2
6	3	Расчет энергосбережения при ректификации	2
7	3	Анализ энергосбережения при ректификации при ректификации тройных смесей	2
8	3	Расчет поверхности мембран	2
9	3	Варианты схем сопряженных процессов	2
Всего:			18

5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы, обучающихся по дисциплине «Процессы и аппараты химических технологий»

Виды самостоятельной работы обучающегося, порядок и сроки ее выполнения:

подготовка к лекциям и практическим занятиям с использованием конспекта лекций, материалов практических занятий и приведенных ниже (п. 8.1 и 8.2) источников (в соответствии с расписанием занятий);

оформление отчетов по выполненным практическим заданиям и теоретическая подготовка к их сдаче (в соответствии с расписанием занятий).

Перечень вопросов для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации — в соответствии с тематикой дисциплины.

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1. Описание показателей и критериев оценивания знаний, умений и владений на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

6.1.1. Показатели и критерии оценивания, используемые шкалы оценивания

Показатели оценивания	Критерии оценивания	Средства оценивания	Шкалы оценивания
Умение	Правильность выполнения учебных заданий, аргументированность выводов	<i>Текущий контроль:</i> выполнение устных/письменных заданий, тестирование <i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	Шкала 1
Знание	Правильность и полнота ответов, глубина понимания вопроса	<i>Текущий контроль:</i> выполнение устных/письменных заданий, тестирование	Шкала 1

Показатели оценивания	Критерии оценивания	Средства оценивания	Шкалы оценивания
		<i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	
Владение	Обоснованность и аргументированность выполнения учебной деятельности	<i>Текущий контроль:</i> выполнение практического задания, тестирование <i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	Шкала 2

6.1.2. Описание шкал оценивания степени сформированности знаний, умений и владений

Шкала 1. Оценка сформированности знаний, умений и владений

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности знаний, умений и владений		
Цифр.	Оценка			
		Знать	Уметь	Владеть
1	Неудовлетворительно	Отсутствие знаний	Отсутствие умений	Отсутствие навыков
2	Неудовлетворительно	Фрагментарные знания	Частично освоенное умение	Фрагментарное применение
3	Удовлетворительно	Общие, но не структурированные знания	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение	В целом успешное, но не систематическое применение
4	Хорошо	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	В целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков
5	Отлично	Сформированные систематические знания	Сформированное умение	Успешное и систематическое применение навыков

Шкала 2. Комплексная оценка сформированности знаний, умений и владений

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности знаний, умений и владений
Цифр.	Оценка	
1	Неудовлетворительно	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале
2	Удовлетворительно	Знать на уровне ориентирования , представлений.

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности знаний, умений и владений
Цифр.	Оценка	
	или неудовлетворительно (по усмотрению преподавателя)	Субъект учения знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает их в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения
3	Удовлетворительно	Знать и уметь на репродуктивном уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях
4	Хорошо	Знать, уметь, владеть на аналитическом уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения
5	Отлично	Знать, уметь, владеть на системном уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания учебной дисциплины, его значимость в содержании учебной дисциплины

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.

Типовые вопросы и задания для текущего контроля (оценка сформированности элементов (знаний, умений, навыков) в рамках текущего контроля по дисциплине) по разделам дисциплины

Примеры вопросов по теме 1:

1. Гидродинамика. Задачи гидродинамики. Уравнения движения вязкой жидкости (Навье – Стокса);
2. Профиль скорости и поток жидкостной пленки по вертикальной поверхности.

Примеры практического задания по теме 1:

1. При известном объемном расходе жидкости на погонном метре вертикальной поверхности определить толщину стекающей пленки в отсутствие газового потока.
2. Насос перекачивает 30% серную кислоту. Показания манометра на нагнетательном трубопроводе 1,7 атм. Показания вакуумметра

(разрежения) на всасывающем трубопроводе перед насосом – 29 мм. рт. ст. Манометр присоединён на 0,5 м. выше вакуумметра. Всасывающий и нагнетательный трубопровод одинакового диаметра. Какой напор развивает насос?

Примеры вопросов по теме 2:

1. Фазовое равновесие системы жидкость-пар для бинарных смесей;
2. Схема и материальный расчет ректификационной установки непрерывного действия;
3. Тепловой расчет ректификационной установки непрерывного действия. Расход греющего пара в кипятильнике;
4. Получить формулу для расчета коэффициентов теплопередачи.

Примеры практического задания по теме 2:

1. Стальная труба с диаметром 60 мм и толщиной стенки 3 мм изолирована слоем пробки толщиной 30 мм. Температура наружной поверхности изоляции $t_2 = 45$ оС, внутренний $t_1 = 175$ оС. Определить количество теплоты, теряемого паропроводом в час. Теплопроводность изоляции $\lambda = 0,116$ Вт/м*град, т.е. 1 ккал/(м*час*град).
2. В ректификационную колонну непрерывного действия поступает 5000 кг/час смеси метанол-вода. Уравнение рабочей линии верхней части колонны $y=0,73x+0,264$. Кубового остатка получается 3800 кг/час. Определить массовый процент метилового спирта в дистилляте и количество паров, поступающих в дефлегматор.

Примеры вопросов по теме 3:

1. Основы теории внутреннего энергосбережения при ректификации.
2. Энергосбережение при ректификации многокомпонентных смесей.

Пример практического задания по теме 3:

1. Рассчитать необходимую поверхность мембраны для очистки 0,05 кг/с исходной смеси, содержащей 16 % примеси до остаточной концентрации 0,5 %. В надмембранном пространстве поток под давлением 2,0 ат движется в режиме ИВ, в подмембранном пространстве – «отсос» пермеата при остаточном давлении 0,1 ат. Селективность мембраны 2,4. Коэффициент проницаемости примеси в мембране равен 0,0060 кг/(с*ат*м²).

Перечень вопросов для подготовки к экзамену (оценка сформированности элементов (знаний, умений, навыков) в рамках промежуточной аттестации по дисциплине).

1. Предмет и место курса ПАХТ. Перенос субстанций в химической технологии.
2. Основное балансовое соотношение.
3. Основы теории переноса количества движения, энергии, вещества.
4. Основные уравнения переноса.
5. Теория подобия и анализ размерностей.
6. Гидродинамика и гидромеханические процессы.

7. Побудители расхода.
8. Структура потока. Типовые модели структуры потоков в аппаратах непрерывного действия.
9. Модель идеального перемешивания.
10. Модель идеального вытеснения.
11. Сравнительная оценка идеальных моделей.
12. Ячеечная модель потока с продольным перемешиванием.
13. Диффузионная модель потока с продольным перемешиванием.
14. Комбинированные (многопараметрические) модели продольного перемешивания.
15. Течение жидкостных пленок. Гидродинамика тонких стекающих пленок.
16. Пограничный слой.
17. Обтекание сферической частицы поступательным стоксовым потоком.
18. Сферические частицы в поступательном потоке при умеренных и больших числах Рейнольдса.
19. Потоки массы и теплоты в сплошной фазе.
20. Массоперенос в химико-технологических системах с учетом наличия межфазных поверхностей.
21. Массо- и теплоперенос в пленках жидкости.
22. Коэффициенты тепло- и массотдачи.
23. Уравнение и граничные условия теории конвективного тепло- и массопереноса.
24. Теплоперенос к плоской пластине.
25. Массоперенос в пленках жидкости.
26. Массопередача в диффузионных процессах.
27. Коэффициенты массопередачи при различных способах выражения движущих сил процесса.
28. Внешние и внутренние задачи массопереноса.
29. Нестационарный теплообмен.
30. Нестационарный массообмен.
31. Кипятильники. Расчет поверхности теплообмена.
32. Конденсаторы. Расчет поверхности теплообмена.
33. Процессы тепло- и массопереноса в псевдоожигенных слоях.
34. Теплообмен излучением: законы теплового излучения, теплообмен излучением между поверхностями твердых тел.
35. Математические модели процессов со структурной перестройкой исходной системы: описание роста кристаллов и зародышеобразования.
36. Математические модели процессов со структурной перестройкой исходной системы: механизмы гранулообразования. Гранулирование порошков и расплавов.
37. Основные способы гранулирования, промышленные технологии и продукты (пример).

38. Типовые конструкции грануляторов. Показатели качества гранулированных продуктов.
39. Процессы капсулирования. Способы нанесения и виды капсулирующих оболочек.
40. Процессы частичного растворения для капсулированных продуктов.
41. Формальная аналогия процессов со структурной перестройкой исходной системы: гранулирование, кристаллизация, образование мягкой материи (структурированных сред и гелей), эмульгирование и др.
42. Структура и структурные связи твердых дисперсных сред. Понятие форм и размеров твердых частиц, гранулометрического состава, сыпучести, сил взаимодействия между частицами.
43. Общая характеристика мембранных способов разделения смесей. Их классификация.
44. Виды мембран. Описание процесса переноса в мембранах.
45. Математические модели фильтрационных установок, установок обратного осмоса, перапорационных установок.
46. Математические модели процессов разделения. Ректификационные аппараты.
47. Описание равновесия в системах жидкость-пар.
48. Типы ректификационных аппаратов и их математическое описание.
49. Типовые схемы энергосбережения: применение частичного и полного теплового насоса.
50. Теория внутреннего энергосбережения при ректификации.
51. Способы энергосбережения при ректификации бинарных смесей - на основе теории внутреннего энергосбережения.
52. Ресурсосберегающие технологии в химической промышленности
53. Совмещенные и сопряженные процессы. Классификация. Основные особенности. Достоинства и недостатки.
54. Общие задачи, возникающие при разработке сопряженных и совмещенных процессов. Критерии оценки их эффективности.
55. Области возможного использования сопряженных массообменных процессов. Возможные варианты сочетания различных массообменных процессов.
56. Методика выбора оптимальных вариантов разделения.
57. Влияние рекуперативного теплообмена между потоками на эффективность сопряженных процессов.
58. Возможные варианты совмещенных массообменных и реакционно-массообменных процессов и области их использования. Особенности их организации. Критерии оценки эффективности.
59. Влияние теплообмена на кинетику совмещенных процессов.
60. Способы энергосбережения при ректификации многокомпонентных смесей на основе теории внутреннего энергосбережения.

6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

Процедуры и средства оценивания элементов знаний, умений и владений по дисциплине «Процессы и аппараты химических технологий»

Процедура проведения	Средство оценивания				
	Текущий контроль				Промежуточный контроль
	Выполнение устных заданий	Выполнение письменных заданий	Выполнение практических заданий	Выполнение тестовых заданий	Экзамен
Продолжительность контроля	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	В соответствии с принятыми нормами времени
Форма проведения контроля	Устный опрос	Письменный опрос	Письменный опрос	Письменный опрос	В письменной форме
Вид проверочного задания	Устные вопросы	Письменные задания	Практические задания	Письменный опрос	Экзаменационный билет
Форма отчета	Устные ответы	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме
Раздаточный материал	Нет	Справочная литература	Справочная литература	Справочная литература	Справочная литература

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина «Процессы и аппараты химических технологий» предусматривает лекции и практические занятия. Успешное изучение дисциплины требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях, выполнения учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на практическое занятие и указания на самостоятельную работу.

При подготовке к лекционным занятиям аспирантам необходимо: перед очередной лекцией просмотреть конспект материала предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях.

Практические занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности аспирантов по изучаемой дисциплине.

При подготовке к практическому занятию аспиранты имеют возможность

воспользоваться консультациями преподавателя.

При подготовке к практическим занятиям аспирантам необходимо:

приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию;

до очередного практического занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия;

в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения;

в ходе семинара давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов; на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

Аспирантам, пропустившим занятия (независимо от причин), не имеющие письменного решения задач или не подготовившиеся к данному практическому занятию, рекомендуется не позже чем в 2-недельный срок явиться на консультацию к преподавателю и отчитаться по теме, изучавшейся на занятии. Аспиранты, не отчитавшиеся по каждой не проработанной ими на занятиях теме к началу экзаменационной сессии, не допускаются к экзамену.

8. Ресурсное обеспечение дисциплины

8.1. Основная и дополнительная учебная литература, необходимая для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс : учебник : в 2 книгах / В. Г. Айнштейн, М. К. Захаров, Г. А. Носов [и др.] ; под редакцией В. Г. Айнштейна. — 8-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022 — Книга 1 : Книга 1 — 2022. — 916 с. — ISBN 978-5-8114-2975-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/205946> (дата обращения: 23.09.2024).

б) дополнительная литература

1. Захаров М.К. Ректификационная установка непрерывного действия. / М.К. Захаров, Д.П. Храмцов 2-е изд., испр. и доп. М.: РТУ МИРЭА, 2021. — 66 с.

2. Захаров М.К. Сборник задач по процессам и аппаратам. Часть 1. / Захаров М.К., Кузнецова Н.А. М.: РТУ МИРЭА, 2019. — 67 с.

3. Основные процессы и аппараты химической технологии: В 2 т. / Гельперин Н.И. М.: Химия, 1981 г. — 812 с.

4. Романков П.Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи) / П.Г. Романков, В.Ф. Фролов, О.М. Флисюк 2-е изд., испр. СПб.: 2009. — 544 с.

5. Таран Ю.А. Гранулирование окатыванием [Электронный ресурс]: Практикум / Таран Ю.А. , Фуфаева В.М. — М.: МИРЭА — Российский

технологический университет, 2022. – 71 с.

6. Таран Ю.А. Гранулирование кристаллизацией капель расплавов [Электронный ресурс]: Практикум / Таран Ю.А., Стрельникова В.О. — М.: МИРЭА – Российский технологический университет, 2022. — 80 с.

7. Таран Ю.А. Капсулирование гранулированных продуктов [Электронный ресурс]: Практикум / Таран Ю.А., Фуфаева В.М. — М.: МИРЭА – Российский технологический университет, 2023. — 73 с.

8. Захаров М.К. Энергосберегающая ректификация. / М.К. Захаров Учебное пособие. СПб.: Издательство «Лань», 2018. – 252 с.

9. Скобло А.Н. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии. / А.Н. Скобло, Ю.К. Молоканов, А.И. Владимиров, В.А. Щелкунов М.: Издательский центр РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2012. – 726 с.

8.2. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимые для освоения дисциплины

<http://www.mitht.ru/e-library/methodics?id=477>

<http://www.mitht.ru/e-library/methodics?id=810>

<http://www.mitht.ru/e-library/methodics?id=809>

<http://www.mitht.ru/e-library/methodics?id=476>

8.3. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

- технологии моделирования на базе программного комплекса AspenTech.

8.4. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

- учебная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием.