

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Химической технологии им. Н.И. Ярополова»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №7 от 14 мая 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ»

Направление: 18.03.01 Химическая технология

Химическая технология органических веществ

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Губанов Николай Дмитриевич
Дата подписания: 21.05.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Боженков Георгий
Викторович
Дата подписания: 12.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Дьячкова
Светлана Георгиевна
Дата подписания: 22.05.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКО-1 Способен применять теорию основных процессов и аппаратов химической технологии для обеспечения внедрения прогрессивных экономически обоснованных ресурсо-, энергосберегающих технологических процессов и режимов производства выпускаемой организацией продукции	ПКО-1.3, ПКО-1.4, ПКО-1.5

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКО-1.3	Демонстрирует знание основных законов гидравлики, современных методов и средств измерения параметров гидромеханических процессов и применяет их при решении профессиональных задач; применяет современные методы и средства физического, математического моделирования процессов и аппаратов для осуществления расчетов гидромеханических процессов	Знать Знать основные законы гидравлики, современные методы и средства измерения параметров, современные методы и средства физического и математического моделирования процессов и аппаратов гидромеханических процессов химических производств Уметь Уметь применять основные законы гидростатики и гидродинамики при изучении гидромеханических процессов химической технологии; современные методы и средства измерения параметров, физического и математического моделирования аппаратов для осуществления гидромеханических процессов химической технологии Владеть Владеть современными методами и средствами измерения параметров, физического и математического моделирования аппаратов гидромеханических процессов химических производств.
ПКО-1.4	Демонстрирует знание основных законов тепло-массообмена, методов и средств измерения параметров тепло-массообменных процессов и применяет их для изучения тепло-массообменных процессов химических	Знать Знать основные законы тепло-массопередачи, современные методы и средства измерения параметров, современные методы и средства физического и математического моделирования процессов и аппаратов тепло-массообменных процессов

	производств; применяет современные методы и средства физического, математического моделирования процессов и аппаратов для осуществления расчетов тепло-массообменных процессов	химических производств. Уметь Уметь применять основные за-коны тепло-массопередачи при изучении тепло-массообменных процессов химической технологии; современные методы и средства измерения параметров, физического и математического моделирования аппаратов для осуществления тепло-массообменных процессов химической технологии Владеть Владеть современными метода-ми и средствами измерения параметров, физического и математического моделирования процессов и аппаратов тепло-массообменных процессов химических производств
ПКО-1.5	Демонстрирует знание устройства, принципов работы, современных методов расчета, подбора и эксплуатации технологического оборудования для осуществления гидромеханических, тепло-массообменных процессов химических производств. Соблюдает требования нормативно-правовых актов при разработке технической документации	Знать Знать устройство, принцип работы, современные методы расчета технологического оборудования для осуществления гидромеханических, тепло-массообменных процессов химических производств; требования нормативно-правовых актов при разработке технической документации. Уметь Уметь применять современные методы расчета, подбора и эксплуатации технологического оборудования для осуществления гидромеханических, тепло-массообменных процессов химических производств; соблюдать требования нормативно-правовых актов при разработке технической документации. Владеть Владеть современными метода-ми расчета, подбора и эксплуатации технологического оборудования для осуществления гидромеханических, тепло-массообменных процессов химических производств

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Введение в профессиональную деятельность», «Инженерная и компьютерная графика», «Математические методы

решения профессиональных задач», «Общая химическая технология», «Прикладная механика», «Учебная практика: ознакомительная практика», «Физическая химия»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Информационные технологии», «Моделирование химико-технологических процессов», «Подготовка, транспортировка и хранение нефти и газа», «Проектирование и оборудование предприятий органического синтеза», «Производственная практика: научно-исследовательская работа», «Производственная практика: преддипломная практика», «Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика», «Системы автоматизированного проектирования нефтехимических производств», «Системы управления химико-технологическими процессами и метрология», «Теоретические основы химической технологии топлив и углеродных материалов», «Теория химико-технологических процессов органического синтеза»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 9 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)			
	Всего	Семестр № 4	Семестр № 5	Семестр № 6
Общая трудоемкость дисциплины	324	108	180	36
Аудиторные занятия, в том числе:	160	64	80	16
лекции	64	32	32	0
лабораторные работы	48	16	32	0
практические/семинарские занятия	48	16	16	16
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	128	44	64	20
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	0	36	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет, Курсовой проект, Экзамен	Зачет	Экзамен	Курсовой проект

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 4

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

1	1. Основы теории переноса количества движения, теплоты, массы. Теория физического и математического моделирования	1	4							Устный опрос
2	2. Общие вопросы прикладной гидравлики. Гидромеханические процессы	2	28	1, 2, 3, 4, 5	16	1, 2, 3, 4, 5	16	1, 2, 3, 4, 5	44	Устный опрос
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		32		16		16		44	

Семестр № 5

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1. Теплообменные процессы. Основы теории теплообменных процессов. Теплообменные аппараты. Выпаривание	1	10	1, 2	16	1, 2, 3	8	1, 2, 4	54	Устный опрос
2	2. Основы теории массопередачи. Массообменные процессы и аппараты	2	22	3, 4, 5	16	4, 5	8	3	10	Устный опрос
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего		32		32		16		100	

Семестр № 6

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Нет лекционных часов									Проект
	Промежуточная аттестация									Курсовой проект
	Всего									

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 4

№	Тема	Краткое содержание
---	------	--------------------

1	1. Основы теории переноса количества движения, теплоты, массы. Теория физического и математического моделирования	Предмет и задачи дисциплины. Классификация основных процессов химической технологии. Уравнение переноса количества движения, теплоты, массы. Уравнения материального и теплового балансов. Понятие физического и математического моделирования.
2	2. Общие вопросы прикладной гидравлики. Гидромеханические процессы	Гидростатика. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики и его практическое применение. Гидродинамика. Дифференциальные уравнения движения Эйлера, Навье-Стокса. Уравнение Бернулли и его практическое применение. Основы теории подобия, гидродинамическое подобие. Принципы моделирования. Гидравлические сопротивления в трубопроводах и аппаратах. Движение тел в жидкостях. Движение жидкостей через неподвижные слои зернистых материалов. Гидродинамика псевдоожиженных слоев зернистых материалов. Барботаж газа. Пленочное течение жидкостей. Перемешивание в жидких средах. Пневматическое и механическое перемешивание. Перемешивание с помощью сопел и насосов. Устройство мешалок. Перемещение жидкостей. Классификация насосов, основные параметры насосов. Напор насоса и высота всасывания. Поршневые, центробежные насосы, насосы других типов. Совместная работа насоса и трубопроводной сети, определение рабочих точек насоса. Разделение неоднородных (гетерогенных) систем. Отстаивание, скорость свободного и стесненного осаждения. Отстойники. Центрифугирование. Центробежная сила и фактор разделения. Устройство и расчет центрифуг. Фильтрация, способы фильтрации. Фильтровальные перегородки. Устройство и расчет фильтров. Гравитационная очистка газов. Очистка газов под действием центробежных сил. Очистка газов фильтрованием.

Семестр № 5

№	Тема	Краткое содержание
1	1. Теплообменные процессы. Основы теории теплообменных процессов. Теплообменные аппараты. Выпаривание	Способы передачи теплоты. Движущая сила теплообменных процессов. Тепловые балансы. Уравнения теплоотдачи и теплопередачи. Коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи. Передача тепла теплопроводностью. Уравнения Фурье, коэффициент теплопроводности. Теплопроводность плоских, цилиндрических стенок. Конвективный теплообмен. Тепловое излучение. Законы теплового излучения.

		Теплопередача через плоские и цилиндрические стенки. Расчет коэффициента теплопередачи. Средняя разность температур теплоносителей. Нагревание водой, водяным паром и высокотемпературными теплоносителями. Охлаждение до обыкновенных и низких температур. Конденсация паров. Кипение жидкостей. Устройство и расчет теплообменных аппаратов. Выпаривание. Способы выпаривания. Однокорпусные выпарные установки. Материальный и тепловой балансы, расчет поверхности нагрева. Полезная разность температур, температурные потери. Многокорпусные выпарные установки (МВУ). Материальный и тепловой балансы МВУ. Общая (суммарная) полезная разность температур в МВУ и ее распределение по корпусам. Устройство и расчет выпарных установок.
2	2. Основы теории массопередачи. Массообменные процессы и аппараты	Классификация массообменных процессов. Фазовое равновесие, равновесная линия. Материальный баланс массообменного аппарата. Уравнение рабочей линии. Молекулярная и конвективная диффузия. Законы Фика. Модели процессов массопередачи. Подobie процессов массопереноса. Уравнения массоотдачи и массопередачи, коэффициенты массоотдачи и массопередачи. Движущая сила массопередачи. Число единиц переноса и высота единицы переноса. Понятие теоретической тарелки. Расчет основных размеров массообменных аппаратов. Абсорбция. Равновесие между фазами при абсорбции. Материальный и тепловой баланс процесса. Уравнение рабочей линии. Расход абсорбента. Устройство и режимы работы абсорбционных аппаратов. Расчет насадочных и тарельчатых абсорберов. Дистилляция и ректификация. Равновесие в системах жидкость-пар. Закон Рауля, идеальные, реальные и азеотропные смеси. Дистилляция, принципиальная схема и материальный баланс. Непрерывно и периодически действующие ректификационные установки. Материальный баланс, уравнения рабочих линий. Минимальное и действительное флегмовое число. Тепловой баланс ректификационной колонны. Ректификация многокомпонентных смесей. Устройство и расчет ректификационных колонн. Жидкостная экстракция. Равновесие в системе жидкость-жидкость. Треугольная диаграмма. Одноступенчатая экстракция, материальный баланс. Многоступенчатая противоточная

	экстракция.
--	-------------

Семестр № 6

№	Тема	Краткое содержание
1	Нет лекционных часов	Курсовое проектирование

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 4

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Определение гидравлических сопротивлений трубопровода и арматуры	2
2	Изучение гидродинамики тарельчатых и насадочных колонн	4
3	Изучение гидродинамики взвешенного слоя	2
4	Испытание рамного фильтр-пресса	4
5	Определение затрат мощности на перемешивание в аппарате с мешалкой	4

Семестр № 5

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Испытание теплообменников	10
2	Испытание двухкорпусной выпарной установки	6
3	Изучение процесса ректификации	6
4	Абсорбция	6
5	Экстракция	4

Семестр № 6

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	нет лабораторных работ	1

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 4

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Теория подобия, критерии гидродинамического подобия. Характерный линейный размер. Основное уравнение гидростатики и его практическое применение. Уравнение Бернулли и его практическое применение.	4
2	Гидравлические сопротивления в трубопроводах и арматуре. Гидравлические сопротивления зернистых слоев. Расчет скорости псевдоожижения и скорости уноса.	4

3	Перемешивание в жидких средах. Расчет мощности на перемешивание. Устройство мешалок.	2
4	Основные параметры насосов. Напор насоса и высота всасывания. Совместная работа насоса и сети	2
5	Отстаивание. Скорость осаждения. Расчет отстойников. Расчет скорости фильтрования, производительность фильтров и констант фильтрования. Очистка газов от пыли. Определение основных размеров циклонов.	4

Семестр № 5

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Расчет тепловых балансов теплообменных аппаратов. Теплопроводность плоских и цилиндрических стенок.	2
2	Расчет коэффициентов теплоотдачи, теплопередачи и поверхности теплообмена	4
3	Материальный и тепловой балансы однокорпусных и многокорпусных установок	2
4	Равновесие в системах газ-жидкость. Материальный баланс абсорбера. Минимальный и рабочий расход абсорбента. Равновесие в системах пар-жидкость. Идеальные и реальные смеси.	4
5	Материальный баланс ректификационной колонны. Расчет минимального и действительного флегмового числа. Построение рабочих линий на диаграмме $Y - X$.	4

Семестр № 6

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Расчёт насадочных и тарельчатых абсорбционных колонн	8
2	Расчет насадочных и тарельчатых ректификационных колонн	8

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 4

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	5
2	Подготовка к зачёту	8
3	Подготовка к практическим занятиям	5

	(лабораторным работам)	
4	Подготовка к сдаче и защите отчетов	6
5	Проработка разделов теоретического материала	20

Семестр № 5

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	14
2	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	10
3	Подготовка к сдаче и защите отчетов	10
4	Проработка разделов теоретического материала	30

Семестр № 6

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Написание курсового проекта (работы)	20

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: В ходе проведения лекций, практических и лабораторных работ используются следующие интерактивные методы обучения: работа в команде, применение информационных технологий; проектный метод.

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по курсовому проектированию/работе:

Курсовой проект является завершающим этапом изучения дисциплины. Выполнение курсового проекта и его защита дают возможность студенту показать насколько он овладел теоретическим и практическим материалом дисциплины и как он умеет использовать свои знания при решении практических инженерных задач.

Кроме того выполнение курсового проектирования должно рассматриваться и как подготовка к выполнению выпускных работ, так как, работая над проектом, студент изучает действующие ГОСТы, ОСТы, нормалы, справочную литературу, приобретает навыки расчёта и выбора аппаратуры и оформления технической документации.

Курсовой проект относится к самостоятельной работе и состоит из пояснительной записки и графической части.

Пояснительная записка к курсовому проекту, содержащая все исходные, рассчитанные и графические материалы, должна быть оформлена в следующей последовательности: титульный лист; бланк задания на проектирование; содержание; введение; технологическая схема установки и ее описание; выбор конструкционного материала аппарата; технологический расчет аппарата; расчет или подбор вспомогательного оборудования; заключение (выводы и предложения); список использованных источников. Во введении необходимо кратко изложить сущность и назначение данного процесса, сравнительную характеристику аппаратов для его осуществления.

На технологической схеме должны быть показаны основные аппараты, указаны основные технологические связи между аппаратами (трубопроводы), а также элементы,

имеющие самостоятельное функциональное назначение (насосы, ёмкости, трубопроводную арматуру и т. д.).

Выбор конструкционного материала. В этом разделе необходимо привести данные по обоснованию выбора материала, из которого будет изготовлена аппаратура.

Технологический расчет аппаратов. Задачей этого раздела является расчет основных размеров аппаратов (диаметра, высоты, поверхности теплопередачи и т.д.). Для проведения технологического расчета необходимо предварительно найти по справочникам физико-химические свойства перерабатываемых веществ (плотность, вязкость, теплоемкость и т.п.), составить материальные и тепловые балансы. Затем на основе анализа литературных данных выбирается методика расчета размеров аппаратов. При этом особое внимание следует уделять гидродинамическому режиму работы аппарата. В этот же раздел входит гидравлический расчет аппаратов, целью которого является определение гидравлического сопротивления.

Расчет или подбор вспомогательного оборудования. Кроме основных аппаратов в установку входят различные виды вспомогательного оборудования: насосы, вентиляторы, компрессоры, вакуум-насосы, емкости для хранения сырья и продукции и т.п. Все это оборудование должно быть рассчитано или подобрано по нормальям, каталогам или ГОС-Там с учетом конкретных условий работы.

Заключение (выводы и предложения). Заканчивая расчетную часть проекта, студент должен дать анализ полученных результатов, их соответствие заданию на проект, высказать соображения о возможных путях совершенствования данного процесса и его аппаратурного оформления.

Список использованных источников. В список включают все источники информации, использованные при выполнении проекта. Ссылку на источник в тексте пояснительной записки и библиографическое описание источника в списке должно соответствовать требованиям ГОСТ 7.0.5-2008.

Оформление пояснительной записки должно соответствовать СТО ИРНИТУ 005-2020.

Графическая часть курсового проекта состоит из технологической схемы установки и чертежа основного аппарата. Чертеж общего вида должен содержать следующие сведения: изображение аппарата, необходимые виды, разрезы и сечения, дающие полное представление об устройстве рассчитанного аппарата; основные размеры – конструктивные, присоединительные и габаритные; вид или схему с действительным расположением штуцеров, люков, лап, опор и др.; таблицу назначения штуцеров; техническую характеристику; технические требования. Оформление графической части выполняется в соответствии с требованиями ЕСКД и СТО ИРНИТУ .005-2020.

Темы курсового проекта и исходные данные для расчета аппаратов указываются в задании, которое студент получает у руководителя на кафедре.

Руководитель курсового проектирования определяет общий объем работы, осуществляет контроль за ходом проектирования и сроками выполнения отдельных разделов, консультирует по вопросам, связанным с проектированием. Темы курсовых проектов следующие: расчет теплообменных аппаратов; расчет абсорбционных колонн; расчет ректификационных аппаратов.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Практические занятия позволяют осуществить единый подход к изучению основных процессов химической технологии и тем самым получить широкую техническую подготовку, основанную на знаниях, полученных при решении реальных задач. Указанные особенности практических занятий позволяют формировать как общепрофессиональные, так и профессиональные компетенции студента.

Решение практических задач на занятиях каждый студент выполняет

индивидуально и оформляет решение с выводами в отдельной тетради по практическим занятиям.

Примеры практических занятий приведены ниже.

Практическое занятие №1 Теория подобия, критерии гидродинамического подобия. Характерный линейный размер. Основное уравнение гидростатики и его практическое применение. Уравнение Бернулли и его практическое применение.

Цель занятия – закрепление теоретического материала по теории подобия, гидростатике и гидродинамике.

Предварительно производится опрос студентов по основным положениям теории подобия, дифференциальным уравнениям Эйлера, Навье-Стокса. Затем решением задач типа 1.6, 1.7, 1.13, 1.23 /*/ показывается практическое применение основного уравнения гидростатики, закона Паскаля и уравнения Бернулли.

Практическое занятие №2 Гидравлические сопротивления в трубопроводах и арматуре. Гидравлические сопротивления зернистых слоев. Расчет скорости псевдоожижения и скорости уноса.

Цель занятия – закрепление теоретического материала по гидравлическим сопротивлениям, гидродинамике неподвижных и псевдоожиженных (кипящих) зернистых слоев.

Решением задач типа 1.25, 1.31, 1.37 /*/ приобретаются навыки расчёта гидравлических сопротивлений в трубопроводах и аппаратах.

При решении задачи типа 1.25 группа делится на две подгруппы. Каждая под-группа определяет потери давления на трение при заданных скоростях жидкости и постоянных значениях остальных параметров. Полученные результаты обсуждаются в форме дискуссии. и делаются выводы о влиянии скорости движения на коэффициент трения и потери давления.

Решение задачи типа 3.3 /*/ под руководством преподавателя позволяет усвоить методы расчёта скорости псевдоожижения и скорости уноса, знание которых необходимо при проектировании реакторов кипящего слоя. Для закрепления материала на самостоятельную работу задается задача 3.2 /*/.

*Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу Процессы и аппараты химической технологии: уч. пособие для вузов. – М.: Альянс, 2007. -537 с.

5.1.3 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Лабораторные работы проводятся на полупромышленных установках, позволяющих экспериментально определять влияние основных параметров на технологический процесс. Обработка полученных данных позволяет сравнивать опытные и рассчитанные параметры. Методические указания студенты получают в бумажном и электронном видах.

Отчёт по выполненной лабораторной работе составляется каждым студентом индивидуально и защищается им. Структура отчёта должна соответствовать СТО ИНИТУ .027-2015. При оформлении отчёта следует соблюдать требования СТО ИНИТУ .005-2020.

Примеры методических указаний по выполнению лабораторных работ приведены ниже. Лабораторная работа №1 «Определение гидравлических сопротивлений трубопровода и арматуры».

Цель работы: Экспериментально определить гидравлическое сопротивление контрольных участков трубопровода и арматуры. Сопоставить справочные и экспериментальные значения коэффициентов трения и местных сопротивлений.

Приборы и принадлежности: лабораторная установка, включающая напорный бак, центробежный насос, диафрагму, дифференциальный манометр, трубопроводную

арматуру и различные местные сопротивления.

Через систему трубопроводов с местными сопротивлениями из напорного бака насосом прокачивается вода. Расход воды, перепады давлений местных сопротивлений (змеевика, внезапного расширения и сужения, вентиля, крана, задвижки) и на прямом участке трубопровода измеряются с помощью дифманометра.

Для выполнения работы подгруппа разбивается на две команды, каждая из которых выполняет эксперименты на установке по исходным данным заданным преподавателем, исследуя влияние расхода (скорости) воды на гидравлические сопротивления трубопровода и местных сопротивлений. После обработки экспериментальных данных опытные значения коэффициентов трения и местных сопротивлений сравниваются с рассчитанными.

Лабораторная работа №2 «Изучение гидродинамики тарельчатой и насадочной колонн»

Цель работы: Экспериментально определить гидравлическое сопротивление сухих и орошаемых контактных элементов – тарелок и насадок. Сопоставить измеренные величины с рассчитанными по эмпирическим зависимостям.

Приборы и принадлежности: лабораторная установка, которая состоит из двух прозрачных колонн с внутренним диаметром 200 мм. Воздух подается в нижнюю часть колонны, а вода поступает в верхнюю. Для определения расходов воздуха и воды имеются ротаметры, снабженные калибровочными графиками. Тарельчатая колонна имеет 4 колпачковых тарелки. Расстояние между тарелками $H_{\text{мт}} = 0,182$ м. Насадочная колонна имеет слой насадки из колец Рашига высотой 300 мм.

Работа выполняется в следующем порядке. Производят измерения гидравлического сопротивления (перепада давлений) вначале сухих тарелок при нескольких расходах воздуха. Измерение осуществляют с помощью дифманометра. Затем подают орошение колонны и производят измерения перепада давлений при тех же расходах воздуха.

Расходы воздуха и воды устанавливают по показаниям ротаметров по заданию преподавателя. Аналогично выполняют работу на насадочной колонне. Вначале измеряют гидравлическое сопротивление сухой насадки для различных расходов воздуха, а затем при постоянном расходе воды на орошение колонны измеряют сопротивление при тех же расходах воздуха.

Для выполнения работы подгруппа разбивается на две команды, каждая из которых выполняет эксперименты на установке по исходным данным заданным преподавателем, исследуя влияние расхода воздуха и воды на гидравлические сопротивления тарелок и насадки.

По результатам опытов проводят расчеты гидравлического сопротивления тарельчатой и насадочной колонн. Для сравнения строят графические зависимости опытных и рассчитанных сопротивлений от скорости воздуха в колоннах с использованием программ Mathcad, Excel.

*Губанов Н.Д. Процессы и аппараты химической технологии: лаб. практикум. – Иркутск, 2020. – 66с.

5.1.4 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Самостоятельная работа студента (СР) предусмотрена образовательным стандартом. СР является видом занятий по дисциплине, выполняемое студентом самостоятельно вне аудиторных занятий.

Целью СР является подготовка к практическим занятиям, лабораторным работам, изучение отдельных тем дисциплины по рекомендуемой литературе и выполнении курсового проекта. Это позволяет студенту приобрести навыки самостоятельной работы с различными источниками теоретической информации и проектирования аппаратов. При изучении тем студент обязан основательно проработать и законспектировать

изучаемый материал со всеми математическими выводами.

При выполнении схем аппаратов и изучении их устройств и принципов работы следует обращать внимание на достоинства и недостатки в конструкции и работе аппаратов с целью их дальнейшего совершенствования.

Подготовка к защите отчётов по лабораторным работам заключается в изучении теоретического материала исследуемого процесса для ответов на контрольные вопросы, приведённые в методических указаниях. Требования к оформлению отчётов приведены в СТО ИРНИТУ .027-2021.

При самостоятельном изучении тем студенты используют рекомендуемую литературу и электронные ресурсы, приведённые ниже. Теоретический материал, устройство, принцип действия и схемы аппаратов конспектируются в тетрадях для лекций с пометкой «самостоятельная работа». Подготовка к экзамену осуществляется по контрольным вопросам с использованием лекционного материала, рекомендуемой литературы и электронных образовательных ресурсов.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 4 | Устный опрос

Описание процедуры.

Студент устно или письменно отвечает на поставленные вопросы. Примеры контрольных вопросов приведены ниже.

Тема 1: Общие вопросы прикладной гидравлики. Гидромеханические процессы.

Тема 2: Теплообменные процессы. Основы теории теплообменных процессов.

Тема 3: Массообменные процессы. Основы теории массопередачи.

Описание процедуры: Студент получает три вопроса, письменно готовится в течение 15-20 минут и отвечает преподавателю.

Примеры вопросов для контроля.

1. Гидростатика и гидродинамика, их основные задачи. Сформулируйте понятие идеальной и реальной жидкостей. Какие силы действуют в реальных жидкостях?
2. Что такое средняя скорость движения жидкости? Назовите и охарактеризуйте режимы движения жидкости.
3. Укажите физический смысл критериев гидродинамического подобия. Приведите обобщенные (критериальные) уравнения.
4. Назовите теоремы подобия.
5. Выведите основное уравнение гидростатики и уравнение Бернулли. Для решения каких практических задач применяют эти уравнения.
6. Приведите уравнения тепловых балансов без изменения агрегатного состояния теплоносителей, при конденсации и испарении одного из теплоносителей.
7. Сопоставьте движущие силы теплопередачи при прямоточной, противоточной и сложных схемах движения теплоносителей в теплообменнике.
8. Назовите виды теплоносителей для подвода теплоты в теплообменную аппаратуру.
9. Перечислите основные достоинства и недостатки нагревания насыщенным водяным паром.
10. В чем особенности гидродинамических режимов работы насадочных колонн?
11. Какие требования предъявляются к насадке? Какие виды насадок используют для абсорбции?
12. Охарактеризуйте режимы работы тарельчатых абсорберов.

13. В чем особенности гидродинамических условий работы колонн с провальными тарелками?
14. Каков порядок расчета абсорберов?
15. Что понимают под дистилляцией (простой перегонкой)?
16. Раскройте принцип составления материального баланса дистилляции, определения количества кубового остатка, дистиллята и его состава при простой перегонке.
17. Раскройте принцип ректификации. Изобразите схему ректификационной колонны и укажите на ней потоки жидкости и пара.

Критерии оценивания.

Зачитывается, если студент дает исчерпывающие ответы на поставленные вопросы. Владеет навыками выполнения практических задач.

Не зачитывается, если не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические задания.

6.1.2 семестр 5 | Устный опрос

Описание процедуры.

Студент устно или письменно отвечает на поставленные вопросы. Примеры контрольных вопросов приведены ниже.

Тема 1: Общие вопросы прикладной гидравлики. Гидромеханические процессы.

Тема 2: Теплообменные процессы. Основы теории теплообменных процессов.

Тема 3: Массообменные процессы. Основы теории массопередачи.

Описание процедуры: Студент получает три вопроса, письменно готовится в течение 15-20 минут и отвечает преподавателю.

Примеры вопросов для контроля.

1. Гидростатика и гидродинамика, их основные задачи. Сформулируйте понятие идеальной и реальной жидкостей. Какие силы действуют в реальных жидкостях?
2. Что такое средняя скорость движения жидкости? Назовите и охарактеризуйте режимы движения жидкости.
3. Укажите физический смысл критериев гидродинамического подобия. Приведите обобщенные (критериальные) уравнения.
4. Назовите теоремы подобия.
5. Выведите основное уравнение гидростатики и уравнение Бернулли. Для решения каких практических задач применяют эти уравнения.
6. Приведите уравнения тепловых балансов без изменения агрегатного состояния теплоносителей, при конденсации и испарении одного из теплоносителей.
7. Сопоставьте движущие силы теплопередачи при прямоточной, противоточной и сложных схемах движения теплоносителей в теплообменнике.
8. Назовите виды теплоносителей для подвода теплоты в теплообменную аппаратуру.
9. Перечислите основные достоинства и недостатки нагревания насыщенным водяным паром.
10. В чем особенности гидродинамических режимов работы насадочных колонн?
11. Какие требования предъявляются к насадке? Какие виды насадок используют для абсорбции?
12. Охарактеризуйте режимы работы тарельчатых абсорберов.
13. В чем особенности гидродинамических условий работы колонн с провальными тарелками?

14. Каков порядок расчета абсорберов?
15. Что понимают под дистилляцией (простой перегонкой)?
16. Раскройте принцип составления материального баланса дистилляции, определения количества кубового остатка, дистиллята и его состава при простой перегонке.
17. Раскройте принцип ректификации. Изобразите схему ректификационной колонны и укажите на ней потоки жидкости и пара.

Критерии оценивания.

Зачитывается, если студент дает исчерпывающие ответы на поставленные вопросы. Владеет навыками выполнения практических задач.

Не зачитывается, если не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические задания.

6.1.3 семестр 6 | Проект

Описание процедуры.

Представляется пояснительная записка, выполненная в соответствии с заданием на курсовое проектирование и СТО 005-2020. Чертёж общего вида рассчитанного аппарата. Студент защищает выполненный проект и отвечает на заданные вопросы.

Критерии оценивания.

Отлично: В установленные сроки оформлена пояснительная записка, выполнен чертёж общего вида спроектированного аппарата в соответствии с требованиями, изложенными в п. 5.1.4 При выполнении курсового проекта использованы информационные технологии. При защите курсового проекта сделан исчерпывающий доклад, дает правильные ответы на вопросы по теме курсового проектирования.

Хорошо: В установленные сроки оформлена пояснительная записка, выполнен чертёж общего вида спроектированного аппарата в соответствии с требованиями, изложенными в п. 5.1.4 При выполнении курсового проекта использованы информационные технологии. При защите курсового проекта сделан исчерпывающий доклад, не дает правильные ответы на некоторые вопросы по теме курсового проектирования.

Удовлетворительно: В установленные сроки не оформлена пояснительная записка, не выполнен чертёж общего вида спроектированного аппарата в соответствии с требованиями, изложенными в п. 5.1.4 При выполнении курсового проекта использованы информационные технологии. При защите курсового проекта сделан доклад, дает неправильные ответы на большинство вопросов по теме курсового проектирования.

Неудовлетворительно: Не выполнено задание на курсовое проектирование.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
----------------------------------	---------------------	---

ПКО-1.3	Уверенно демонстрирует знание основных законов гидравлики и их применение при изучении гидромеханических процессов; знание современных методов и средств измерения параметров, современных методов, средств физического и математического моделирования процессов и аппаратов для осуществления гидромеханических процессов химических производств	Устное собеседование по теоретическим и практическим вопросам
ПКО-1.4	Уверенно демонстрирует знание основных законов тепло-массопередачи и их применение при изучении тепло-массообменных процессов; знание современных методов и средств измерения параметров, современных методов и средств физического и математического моделирования процессов и аппаратов для осуществления тепло-массообменных процессов химических производств.	Устное собеседование по теоретическим и практическим вопросам
ПКО-1.5	Уверенно демонстрирует знания устройства, принципов работы, современных методов расчета, подбора и эксплуатации технологического оборудования для осуществления гидромеханических, тепло-массообменных процессов химических производств; требований нормативно-правовых актов при разработке технической документации	Устное собеседование по теоретическим и практическим вопросам

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 4, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Для получения зачёта необходимо выполнить все лабораторные работы, оформить отчет и защитить его, ответив на контрольные вопросы, приведённые в методических указаниях.

По практическим занятиям должны быть решены все задачи по темам дисциплины. Выполнены все виды самостоятельной работы.

Пример задания:

Примеры контрольных вопросов приведены ниже.

1. Гидростатика и гидродинамика, их основные задачи. Сформулируйте понятие идеальной и реальной жидкостей. Какие силы действуют в реальных жидкостях?
2. Что такое средняя скорость движения жидкости? Назовите и охарактеризуйте режимы движения жидкости.
3. Опишите движение жидкости через неподвижные слои зернистых материалов и наса-док.
4. Как определяют скорость начала псевдоожижения и скорость уноса? Что понимают под явлением пневмотранспорта?
5. Что такое барботаж? Сформулируйте понятие о поверхностно-объемном диаметре пузырька, покажите его связь с газосодержанием и удельной поверхностью контакта фаз.
6. Перечислите основные методы перемешивания жидких сред. Приведите понятие интенсивности и эффективности перемешивания.
7. Приведите классификацию конструкций мешалок.
8. В каких случаях применяют пневмоническое перемешивание.
9. Как определяется расход мощности на механическое перемешивание.
10. Приведите модифицированные критерии для перемешивания.
11. Что называют подачей и напором насоса?
12. Как влияет температура перекачиваемой жидкости на допустимую высоту всасывания?
13. Как выбрать рабочую точку при работе насосов на сеть?
14. Как рассчитать мощность на валу насоса?
15. Что такое скорость свободного осаждения?
16. Получите уравнение для определения поверхности осаждения отстойника.
17. В каких случаях целесообразно применять пылеосадительные камеры.
18. В каких случаях вместо одного циклона применяют батарейный циклон?
19. Что является движущей силой фильтрования?
20. Перечислите режимы фильтрования.
21. Получите дифференциальное уравнение фильтрования.
22. Что такое константы фильтрования? Как их определяют?
23. Каковы основные достоинства нутч-фильтров, работающих под вакуумом и под избыточным давлением?
24. Опишите устройство и работу фильтр-пресса.
25. Для чего рукавные фильтры снабжаются кольцами жесткости?

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Знает теорию, технологию, средства измерения технологических параметров гидромеханических процессов. Умеет читать технологические схемы. Демонстрирует знания по устройству, принципам работы и совершенствованию аппаратов гидромеханических процессов химических производств.	Не знает теорию, технологию, средства измерения технологических параметров гидромеханических процессов. Не умеет читать технологические схемы. Не демонстрирует знаний по устройству, принципам работы и совершенствованию аппаратов гидромеханических процессов химических производств.

6.2.2.2 Семестр 5, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.2.1 Описание процедуры

Студент приходит на экзамен с зачётной книжкой и паспортом. Получает экзаменационный билет, готовится в течение не менее 20 минут. После подготовки отвечает на вопросы экзаменационного билета. При необходимости ему задаются дополнительные вопросы.

Пример задания:

Примеры экзаменационных билетов

Экзаменационный билет № 1

Иркутский национальный
исследовательский технический
университет

по дисциплине процессы и аппараты
химической технологии

Профиль подготовки ХТОБ

1. Барботаж газа (пара)
2. Дистилляция. Материальный баланс.
3. Отстойник с наклонными перегородками
4. Кожухотрубчатые теплообменники одно- и многоходовые.

Билет составил Губанов Н.Д.

Утверждаю: «__» _____ 20__ г.

Зав. кафедрой ХТ _____

Экзаменационный билет № 2

Иркутский национальный
исследовательский технический
университет

по дисциплине процессы и аппараты
химической технологии

Профиль подготовки ХТОБ

1. Определение рабочих точек центробежных насосов.
2. Равновесие при абсорбции. Расход абсорбента.
3. Отстойник непрерывного действия с гребками.
4. Кожухотрубчатый теплообменник с линзовым компенсатором.

Билет составил Губанов Н.Д.

Утверждаю: «__» _____ 20__ г.

Зав. кафедрой ХТ _____

Экзаменационный билет № 3

Иркутский национальный
исследовательский технический
университет

по дисциплине процессы и аппараты
химической технологии

Профиль подготовки ХТОБ

1. Характеристики центробежных насосов.
2. Число единиц переноса.
3. Шнековая центрифуга НОГШ
4. Теплообменник с плавающей головкой.

Билет составил Губанов Н.Д.

Утверждаю: «__» _____ 20__ г.

Зав. кафедрой ХТ _____

6.2.2.2.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Имеет глубокие знания основных процессов химической технологии, физико-химических основ технологических процессов, основных технических средств измерения параметров технологических процессов, свойств сырья и готовой продукции, по совершенствованию технологических процессов. Умеет читать технологические схемы	Имеет хорошие знания основных процессов химической технологии, физико-химических основ технологических процессов, основных технических средств измерения параметров технологических процессов, свойств сырья и готовой продукции, по совершенствованию технологических процессов. Умеет читать технологические схемы.	Имеет достаточные знания основных процессов химической технологии, физико-химических основ технологических процессов, основных технических средств измерения параметров технологических процессов, свойств сырья и готовой продукции, по совершенствованию технологических процессов. Умеет читать технологические схемы.	Не знает основные процессы химической технологии, физико-химические основы технологических процессов, основные технические средства измерения параметров технологических процессов, свойств сырья и готовой продукции. Не владеет методами совершенствования технологических процессов. Читает технологические схемы с затруднениями.

6.2.2.3 Семестр 6, Типовые оценочные средства для курсовой работы/курсового проектирования по дисциплине

6.2.2.3.1 Описание процедуры

Представляется пояснительная записка, выполненная в соответствии с заданием на курсовое проектирование и СТО 005-2020. Чертёж общего вида рассчитанного аппарата. Студент защищает выполненный проект и отвечает на заданные вопросы.

Пример задания:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

З А Д А Н И Е
НА КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

По курсу Процессы и аппараты химической технологии

Студенту гр. _____

(Фамилия, инициалы)

Тема проекта: Проектирование насадочной ректификационной колонны для разделения смеси _____

Исходные данные:

Расход исходной смеси, кг/с _____
Состав исходной смеси, % мольн. _____
Состав дистиллята, % мольн. _____
Состав кубового остатка, % мольн. _____
Давление в колонне, МПа _____ атмосферное

Рекомендуемая литература:

1. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию. Под ред. Дытнерского Ю.И. –М.: ООО ИД «Альянс», 2008.
2. Александров И.А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. –М.: Химия, 1978.
3. Ульянов Б.А. и др. Процессы и аппараты химической технологии. –Ангартск, 2006.
4. Расчёт и проектирование массообменных аппаратов. Под ред. А.Н. Острикова. СПб.: Изд-во «Лань», 2015.

Графическая часть на 1 листе

Дата выдачи задания «__» 202 г.

Задание получил _____
Подпись И.О. Фамилия

Дата представления проекта руководителю «__» 202 г.

Руководитель курсового проектирования _____ Н.Д. Губанов

6.2.2.3.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
В установленные сроки оформлена пояснительная записка, выполнен чертёж общего вида спроектированного аппарата в соответствии с требованиями, изложенными в СТО 005-2020. При выполнении курсового проекта	В установленные сроки оформлена пояснительная записка, выполнен чертёж общего вида спроектированного аппарата в соответствии с требованиями, изложенными в СТО 005-2020. При выполнении курсового проекта	В установленные сроки не оформлена пояснительная записка, не выполнен чертёж общего вида спроектированного аппарата в соответствии с требованиями, изложенными в СТО 005-2020. При выполнении курсового проекта	Не выполнено задание на курсовое проектирование.

использованы информационные технологии. При защите курсового проекта сделан исчерпывающий доклад, дает правильные ответы на вопросы по теме курсового проектирования.	использованы информационные технологии. При защите курсового проекта сделан исчерпывающий доклад, не дает правильные ответы на некоторые вопросы по теме курсового проектирования.	использованы информационные технологии. При защите курсового проекта сделан доклад, дает неправильные ответы на большинство вопросов по теме курсового проектирования.	
---	--	--	--

7 Основная учебная литература

1. Ульянов Б. А. Процессы и аппараты химической технологии в примерах и задачах : учеб. пособие для вузов по хим.-технол. направлениям и специальностям / Б. А. Ульянов, В. Я. Бадеников, В. Г. Ликучев, 2006. - 743.
2. Фролов В. Ф. Лекции по курсу "Процессы и аппараты химической технологии" : учеб. пособие / В. Ф. Фролов, 2003. - 606.
3. Основные процессы и аппараты химической технологии : пособие по проектированию / Г. С. Борисов [и др.] ; ред. Ю. И. Дытнерский, 2008. - 493.
4. Дытнерский. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов : в 2 кн. Ч. 1 : Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты, 2002. - 399.
5. Дытнерский. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов : в 2 кн. Ч. 2 : Массообменные процессы и аппараты, 2002. - 367.
6. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию : учебное пособие для химико-технологических специальностей вузов / Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский, 2008. - 493.
7. Комиссаров Ю. А. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие для подгот. бакалавров , магистров и дипломир. специалистов высш. учеб. заведений , обучающихся по хим.-тех. направлениям "Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии и биотехнологии", "Химическая технология и биотехнология" / Ю. А. Комиссаров , Л. С. Гордеев , Д. П. Вент, 2011. - 1229.
8. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов / А. Г. Касаткин, 2014. - 750.
9. Ульянов Б. А. Приложение к Процессы и аппараты химической технологии в примерах и задачах / Б. А. Ульянов, В. Я. Бадеников, В. Г. Ликучев, 2006. - 1 эл. опт. диск
10. Губанов Н. Д. Процессы и аппараты химической технологии : лабораторный практикум / Н. Д. Губанов, 2020. - 66.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Дытнерский Юрий Иосифович. Процессы и аппараты химической технологии : учеб. для хим.-технол. спец.: В 2 ч. Ч. 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты / Юрий Иосифович Дытнерский, 1995. - 399.
2. Дытнерский. Процессы и аппараты химической технологии : учеб. для хим.-технол. специальностей вузов : в 2 кн. Ч. 2 : Массообменные процессы и аппараты, 2002. - 367, [1].
3. Дытнерский Юрий Иосифович. Процессы и аппараты химической технологии : учеб. для хим.-технол. спец.: В 2 ч. Ч. 2. Массообменные процессы и аппараты / Юрий Иосифович Дытнерский, 1995. - 367.
4. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию : учеб. пособие для хим.-технол. спец. вузов / Под ред. Ю. И. Дытнерского, 1991. - 496.
5. Самохвалов Н. М. Процессы и аппараты химической технологии. Расчет ректификационных установок : учебное пособие / Н. М. Самохвалов, 2015. - 108.
6. Комиссаров. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов: в 5 ч. Ч. 1, 2020. - 216.
7. Комиссаров. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов: в 5 ч. Ч. 2, 2020. - 227.
8. Комиссаров. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов: в 5 ч. Ч. 5, 2020. - 208.
9. Комиссаров. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов: в 5 ч. Ч. 4, 2020. - 323.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. КОМПАС-3D V15_поставка 2014
2. NanoCAD + NanoCAD СПДС 21
3. PTC_MathCAD14
4. MS Office Professional Plus Education ALNG

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Автоматизированная ректификационная установка
2. Термометр сопротивления ДТС064-50М.В3.80/0,2
3. Термометр сопротивления ДТС064-50М.В3.80/0,2
4. Термометр сопротивления ДТС064-50М.В3.80/0,2
5. Термометр сопротивления ДТС064-50М.В3.80/0,2
6. Устройство контроля температуры УКТ38-Щ4.ТС
7. 317220 Измеритель температуры Т-СМ 12шт
8. 318104 Потенциометр ПКЦ -12 к теплообменнику N-1314