

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ
Методические указания

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета
2019

Составители: С.В. Лановецкий, О.К. Косвинцев

УДК 66.01

П 68

Процессы и аппараты химической технологии: метод. указания / П 68 сост. С.В. Лановецкий, О.К. Косвинцев; Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2019. – 40с.

Даны методические указания для выполнения курсового проекта. Приведены рекомендации по содержанию и оформлению расчетно-пояснительной записки; требования, предъявляемые к графической части проекта.

Предназначены для студентов направления 18.03.01 «Химическая технология».

УДК 66.01

© Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К НЕМУ	4
ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ	5
ОФОРМЛЕНИЕ СПИСКА ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	11
ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ....	14
Титульный лист и задание на проектирование	14
Содержание.....	15
Введение.....	15
Описание технологической схемы	15
Описание устройства и принцип действия проектируемого аппарата .	15
Материальный и энергетический балансы	15
Технологические и конструктивные расчеты	16
Гидравлический расчет.....	17
Механический расчет	17
Заключительная часть.....	18
Список использованной литературы	18
СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	18
2. ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	23
3. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЗАЩИТЫ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	23
4. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	25
Общие вопросы	25
Тепловые процессы и аппараты	28
Массообменные процессы и аппараты	29
Механические расчеты	34
Приложение.....	35

1. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К НЕМУ

Курсовой проект по процессам и аппаратам химической технологии выполняется студентами по индивидуальному заданию под руководством преподавателя.

Целью курсового проекта является комплексная систематизация, закрепление и расширение знаний, умений и навыков, полученных студентом при изучении курса «Процессы и аппараты химической технологии». В процессе выполнения курсового проекта студент осваивает профессиональные компетенции, направленные на формирование умения выполнять расчеты технологических процессов и оборудования, а также навыков проектирования технологических схем химических производств.

Тематика курсового проекта обычно охватывает несколько важнейших разделов курса.

Задача курсового проекта – научить студентов основам проектирования химической аппаратуры и составлению технической документации, необходимой в предстоящей профессиональной деятельности, а также привить им навыки самостоятельного пользования специальной литературой и справочниками.

Студенту предоставляется право выбора темы курсового проекта. Однако темы работ студентов одной группы не должны повторяться.

Студенты очно-заочной формы обучения выполняют работу на материалах предприятий, где они работают или проходят практику. Студенты очной формы обучения используют материалы, собранные по предприятию, цеху в период прохождения практики. Примерные темы курсовых проектов по дисциплине представлены в приложении 1.

Структура курсового проекта должна способствовать раскрытию выбранной темы и отдельных её вопросов. Все части работы должны быть изложены в строгой логической последовательности и взаимосвязи.

В ряде случаев курсовой проект может включать элементы исследовательского характера. К ним относятся:

1. Вариантное проектирование (сопоставление различных вариантов с целью нахождения приемлемой области).

2. Теоретическое исследование, связанное с самостоятельным теоретическим анализом.

3. Экспериментальное исследование, включающее разработку плана и методики эксперимента, выбор аппаратуры и макетирования, алгоритмизацию задачи на ЭВМ, обработку результатов, сопоставление с теоретическими данными и выводы.

4. Аналитический обзор (с включением зарубежных источников научно–технической литературы).

5. Оценка патентоспособности устройства (аппарата).

Курсовой проект включает в себя:

1. Пояснительную записку.

2. Графическую часть (чертеж технологической схемы, чертеж рассчитываемого аппарата и его узлов).

ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Изложение текста и оформление пояснительной записки выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32-2001 (Стандарт «Отчет о научно-исследовательской работе – структура и правила оформления»).

Требуемый объем пояснительной записки 25-30 страниц текста, отпечатанного на принтере, на листах белой бумаги форматом А4 (210x297 мм) через 1 или 1,5 интервала. Размер шрифта – 12-14 пунктов. Латинские буквы, встречающиеся в тексте и формулах, набираются курсивом.

Текст записки следует размещать по ширине, соблюдая следующие размеры полей: левое - 30 мм, правое - 10 мм, верхнее - 15 мм, нижнее - 20 мм. Абзацный отступ первой строки – 12,5 мм. Текст записки курсового проекта делят на разделы, которые нумеруются арабскими цифрами с точкой в конце. Заголовки разделов пишутся прописными буквами симметрично тексту. Точку в конце заголовка не ставят. Заголовки не подчеркиваются. Перенос слов в заголовках не допускается. Каждый раздел начинается с новой страницы.

Страницы пояснительной записки нумеруются арабскими цифрами. Титульный лист включается в общую нумерацию, но номер на нем не ставится. На следующих страницах номер проставляется в правом нижнем углу.

Уравнения и формулы следует выделять в тексте отдельными строками. Если формула не уместится в одну строку, то она должна быть перенесена после знаков равенства (=), плюса (+), минуса (-), умножения (\times) и деления (:). Сначала формула пишется в буквенном выражении, затем в нее подставляются численные значения величин и без промежуточных вычислений дается ответ, например:

количество тепла, необходимое для нагревания раствора до температуры кипения, определяется по формуле:

$$Q = G \times c \times (t_k - t_n) = 600 \times 3,8 \times (105 - 20) = 193800 \text{ кДж/ч}, \quad (1)$$

где G – количество исходного раствора, кг/ч; c – теплоемкость раствора, Дж/(кг·°C); t_k – температура кипения, °C; t_n – начальная температура раствора, °C.

Пояснение значений символов и числовых значений коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в какой они даны в формуле. Первую строку начинают со слова «где» без двоеточия.

Нумеруются формулы арабскими цифрами в пределах всей пояснительной записки. Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например (3.1).

Цифровой материал курсового проекта рекомендуется оформлять в виде таблиц. Каждая таблица должна иметь заголовок. Заголовок и слово «Таблица» начинаются с прописной буквы. Заголовок не подчеркивается.

Таблицу следует располагать в пояснительной записке непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

На все таблицы должны быть ссылки. При ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другой лист (страницу). При переносе части таблицы на другой лист (страницу) слово «Таблица» и номер ее указывают один раз над первой частью таблицы, над другими частями пишут слово «Продолжение» и указывают номер таблицы, например: «Продолжение таблицы 1». При переносе таблицы на другой лист (страницу) заголовок помещают только над ее первой частью.

Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения.

Если в документе одна таблица, то она должна быть обозначена

«Таблица 1».

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят.

Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями. Допускается применять размер шрифта в таблице меньший, чем в тексте.

Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Цифры в графах таблиц должны проставляться так, чтобы разряды чисел во всей графе были расположены один под другим. В одной графе количество десятичных знаков должно быть одинаковым. Если данные отсутствуют, то в графах ставят знак тире. Если цифры, математические знаки повторяются, проставляют повторные их значения, заменять их кавычками или комбинацией кавычек и тире не допускается.

Пример заполнения представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Материальный баланс контактного аппарата в производстве азотной кислоты

Приход					Расход				
Комп онент	кмоль/ ч	кг/ч	% мас	м ³ /ч	Комп онент	кмоль/ ч	кг/ч	% мас	м ³ /ч
NH ₃	230,4	3916,6	6,7	5160,1	NO	223,4	6703,5	11,5	5005,2
O ₂	391,4	12524,8	21,4	8767,4	O ₂	106,9	3421,1	5,9	2394,7
N ₂	1472,4	41227,2	70,7	32981,7	N ₂	1475,6	41323,8	70,9	33059,0
H ₂ O	35,6	640,6	1,2	797,2	H ₂ O	381,1	6860,8	11,7	8537,3
Всего	2129,8	58309,2	100	47706,4	Всего	2187,0	58309,2	100	48996,2

Все иллюстрации в пояснительно записке обозначаются словом

«Рисунок» и нумеруются последовательно арабскими цифрами в пределах всей пояснительной записки или раздела. В случае нумерации в пределах раздела номер иллюстрации включает в себя номер раздела и порядковый номер иллюстрации в этом разделе. (Например: Рисунок 1 или Рисунок 2.3 – рисунок №3 второго раздела) Иллюстрации следует располагать в пояснительной записке непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице. На все иллюстрации должны быть даны ссылки в отчете. Иллюстрации располагают по центру.

Иллюстрации должны иметь наименование, которое располагается вместе с номером под ними. При необходимости иллюстрации снабжают поясняющими данными (легендой), которые располагают под иллюстрацией. Номер иллюстрации помещают ниже поясняющей надписи. Если в записке приведена одна иллюстрация, то ее не нумеруют. Ниже приведен пример оформления иллюстраций.

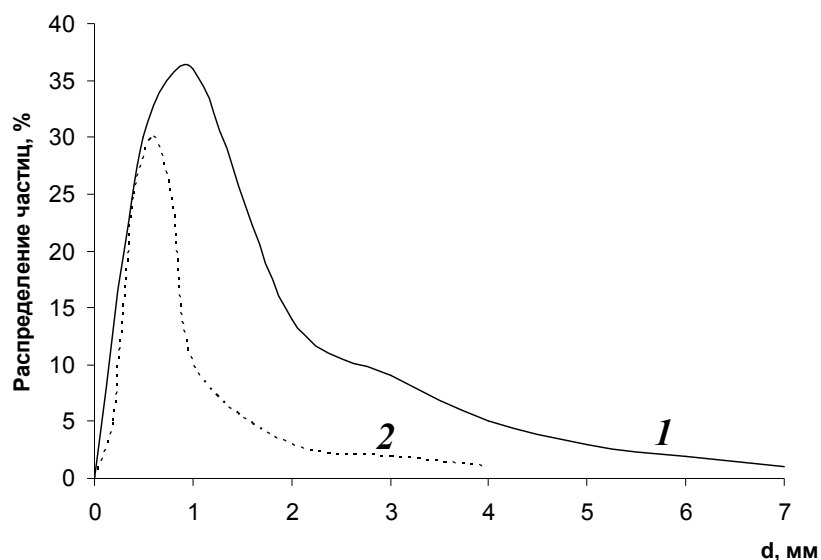


Рисунок 1 – Гранулометрический состав карьерной соли: 1 – до ультразвуковой обработки, 2 – после ультразвуковой обработки

Иллюстрации должны быть выполнены в компьютерном исполнении в черно-белом формате.

При ссылках на литературу в квадратных скобках указывается порядковый номер источника и конкретная страница, информация из которой используется в пояснительной записке, например: [4, стр. 44]. Сведения об источниках следует располагать в порядке появления ссылок на источники в тексте и нумеровать арабскими цифрами.

При ссылках на иллюстрации указывается порядковый номер иллюстрации, например: рисунок 1.

В ссылках на формулу указывают порядковый номер формулы, например: «...в формуле (2)». В тексте также должны быть ссылки на все приводимые таблицы и рисунки, при этом слово «таблица» или «рисунок» в тексте пишут полностью.

В повторных ссылках на таблицы и иллюстрации следует указать: «См. табл. 2» или «См. рис. 1».

Приложения располагают в конце пояснительной записки в порядке появления ссылок по тексту. Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием в правом верхнем углу слова «Приложение». Приложение должно иметь заголовок. Если выпускная работа содержит несколько приложений, их нумеруют последовательно арабскими цифрами без знака №, например: Приложение 1, Приложение 2 и т.д.

В приложения к пояснительной записке можно включать результаты промежуточных расчетов, таблицы и графики, используемые в процессе работы над курсовым проектом, спецификации к чертежам, оригинальные результаты экспериментальных исследований, полученные студентом при выполнении исследовательской работы, статистические данные по режимам работы установки, собранные студентом в период прохождения практики.

ОФОРМЛЕНИЕ СПИСКА ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Оформление списка использованных источников выполняется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 (Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления). Источники следует располагать в порядке появления ссылок в тексте проекта. Примеры оформления ссылок на источники приведены ниже.

Книги

Одного автора

Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов. – 2-е изд. – М.: Химия, 2007. – 752 с.

Двух или трех авторов

Плановский А.Н., Николаев П.И., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учебник для вузов. – 2-е изд. – М.: Химия, 2010 – 496 с.

Четырех и более авторов

Общая химическая технология: учебник для вузов / А.М. Кутепов [и др.] – 3-е изд. – М.: Академия, 2005. – 528 с.

Статьи из журналов и сборников

Одного автора

Артеменко В. Г. Коррозионная активность жидких азотных удобрений на основе нитрата аммония, карбамида и ацетамида // Хим. технология. – 2011. – № 10. – С. 587-589.

Двух или трех авторов

Рудобашта Л.Я., Плановский А.Н. Исследование и расчет газосодержания на ситчатых тарелках // Теор. основы хим. технологии – 1981. – Т.15 – № 6. – С. 867-874.

Шенфельд Б.Е., Васильев Б.Т., Суцев В.С. Регенерация отработанных серных кислот, содержащих органические примеси // Хим. пром. – 1986. – № 2. – С.97-99.

Четырех и более авторов

Монацит как сырье для производства высокоэффективных удобрений / Вальков А. В. [и др.] // Хим. технология. – 2009. – № 9. – С. 385-388.

Материалы конференций

Гельперин Н.И., Полоцкий Л.М., Ленский М.Г. Исследование контактных устройств ректификационной колонны, работающей в циклическом режиме // Пути совершенствования, интенсификации и повышения надежности аппаратов основной химии: Материалы II Всесоюзного науч.-техн.совещ. – Сумы, 1982. – Ч.1– С.1.

Патентные документы

Регулярная сетчатая насадка: пат. 2431522 Рос. Федерация / А.А. Ваганов, А.С. Пушнов, А.С. Тимонин. № 2010111894/05; заявл. 30.03.2010; опубл. 20.10.2011. Бюл. № 29 – 7 с.

Авторефераты

Сафаров Р.А. Исследование истинных газосодержаний и гидравлических сопротивлений при лифтировании вязко-пластичных жидкостей: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Баку, 1975. – 20 с.

Диссертации

Сафаров Р.А. Исследование истинных газосодержаний и гидравлических сопротивлений при лифтировании вязко-пластичных жидкостей: дис. ... канд. техн. наук. – Баку, 1975. – 165 с.

Нормативно-технические документы (ГОСТ, прейскурант, каталог)

ГОСТ 2.795-80. Обозначения условные графические. Центрифуги.— М.: Изд-во стандартов, 1980.

ГОСТ 10749.1-80. Спирт этиловый технический. Методы анализа: Сборник. – М.: Изд-во стандартов, 1981.

Аппараты с псевдооживленным слоем: Каталог. – М.: ЦИНТИ-химнефтемаш, 1984.

Выпарные трубчатые аппараты общего назначения для химических производств: Каталог. – М.: ЦИНТИ-химнефтемаш, 1985.

Депонированные работы

Кукова А.И., Лозовая М.Р., Емелькин Ю.Д. Применение активированного угля для очистки отработанной серной кислоты. – Новокуйбышевск, 1988. – 8 с. – Деп. в ЦНИИТЭнефтехим 01.02.88, № 17-нх.

Изменение скорости звука в холодильных расплавах / Кузнецов Ю.С., Курбатов Н.Н., Червинский Ю.Ф.; Моск. хим.-технол. ин-т. – М., 1982. – 10 с. – Деп. в ВИНТИ 01.06.82, № 2691.

Методические указания

Кавитационные испытания центробежного насоса: метод. указания к лабор. работе по курсу «Насосы, компрессоры, холодильные установки» / сост. В.М. Беляев; ППИ. – Пермь, 1989. – 25 с.

Процессы и аппараты химической технологии: метод. указания / сост. С.В. Лановецкий, О.К. Косвинцев; ПНИПУ. – Пермь, 2016. – 40с.

Интернет-документы

Зелинская Е.В. Теоретические аспекты возможности селективного извлечения микрокомпонентов из подземных хлоридно-кальциевых рассолов Сибирской платформы // Электронный журнал «Исследовано в России» – URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/2004/031.pdf> (дата обращения 19.05.2016).

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Пояснительная записка должна включать в себя следующие разделы

1. Титульный лист (приложение 2).
2. Задание на проектирование (приложение 3).
3. Содержание.
4. Введение.
5. Описание технологической схемы.
6. Описание устройства и принцип действия проектируемого аппарата.
7. Материальный и энергетический балансы.
8. Технологический и конструктивные расчеты.
9. Гидравлический расчет.
10. Механический расчет.
11. Заключительная часть.
12. Список использованной литературы.

Титульный лист и задание на проектирование

На титульном листе указываются тема курсового проекта, курс (дисциплина), фамилии выполнившего работу и проверяющего преподавателя. Оформляется титульный лист в соответствии с приложением 2.

В задании на курсовое проектирование указываются аппарат, который необходимо рассчитать, и исходные параметры, с помощью которых будет вестись расчет выбранного аппарата, а также перечень необходимых расчетов. Пример оформления задания указан в приложении 3.

Содержание

В содержании перечисляются разделы пояснительной записки с указанием номеров страниц.

Введение

Кратко описывается назначение и сущность установки, приводятся соображения о выборе схемы и метода осуществления процесса, дается сравнительная характеристика различных схем процесса и типов основных аппаратов.

Описание технологической схемы

В данном разделе по стадиям описывается технологическая схема процесса, в которой применяется проектируемый аппарат. Здесь же указываются технические условия на сырье и готовый продукт.

Описание устройства и принцип действия проектируемого аппарата

Задачей этого раздела является краткое описание устройства проектируемого аппарата, назначение тех или иных деталей установки, основные принципы работы аппарата.

Материальный и энергетический балансы

Целью этого раздела является установление, исходя из заданной производительности установки, величин материальных и энергетических потоков технологической схемы и определение материальных и энергетических показателей процесса в виде расходных коэффициентов.

Материальные расчеты могут производиться на 1 т готового продукта, на часовую (суточную) производительность цеха или на 100 (1000) кг исходного сырья.

Материальные расчеты должны основываться на стехиометрических уравнениях реакции. В них необходимо вносить ряд поправок с учетом состава сырья, обратимости химических реакций и т.д. Теоретический

выход продукта определяется по стехиометрическим уравнениям с учетом обратимости реакций, а затем на основе потерь продукта вводится поправка – коэффициент практического выхода продукта от теоретического.

Материальный расчет должен заканчиваться таблицей материального баланса (таблица 2).

Таблица 2 – Сводная таблица материального баланса (аппарата, отделения)

Приход				Расход			
Компоненты	кг/ч	м ³ /ч	%	Компоненты	кг/ч	м ³ /ч	%
Итого				Итого			

За материальными расчетами следуют тепловые расчеты. Тепловые балансы составляются по аппаратам или стадиям производства для определения расхода охлаждающей воды, греющего пара или температуры системы в конце процесса. Для тех аппаратов, в которых температура системы не влияет на протекание процесса или ее колебания невелики, тепловой баланс можно не составлять.

Результаты расчета теплового баланса оформляются в виде таблиц. При отсутствии практических данных потери тепла в окружающую среду могут быть приняты в пределах 1,5 – 3 % от прихода тепла.

Технологические и конструктивные расчеты

В задачу этого раздела входит расчет основных размеров аппарата по кинетическим уравнениям протекающих процессов. Для теплообменных аппаратов – это поверхность теплопередачи, для абсорбционных и ректификационных колонн – их диаметр и высота, для сушильных аппаратов – диаметр и длина, для контактных аппаратов – площадь поперечного сечения и высота слоя катализатора и т.д. При этом

обязательно должны быть использованы данные, полученные при расчетах материального и теплового балансов.

Конструктивные расчеты производятся для определения размеров деталей аппаратов, не связанных с действием механических нагрузок, а определяемых:

1. Технологическими условиями, например, размеры колпачков тарельчатых колонн, расположение труб в трубных решетках и т.д.
2. Конструктивными соображениями.

Рассчитываются диаметры всех штуцеров и трубопроводов с учетом объемов материальных потоков. Здесь же производится расчет тепловой изоляции.

При выборе размеров аппаратуры следует руководствоваться существующими нормами, государственными стандартами и данными каталогов отечественной промышленности.

Гидравлический расчет

Производится расчет гидравлических сопротивлений аппаратов и трубопроводов, на основании которых подбираются машины для перемещения жидкостей и газов.

Механический расчет

Наряду с технологическим расчетом аппаратов обязательно производится механический расчет. В большинстве своем аппараты являются типовыми и подбираются согласно данным технологического расчета по соответствующим каталогам. Под механическим расчетом понимают проверку толщины стенки аппарата, толщины крышки (затвора) и прочности болтовых соединений в наиболее опасных местах. В аппаратах, работающих под избыточным наружным давлением, проверяется только толщина их стенок.

Заключительная часть

В заключении пояснительной записки необходимо предоставить основные результаты расчетов проектируемого аппарата, привести габаритные размеры, расходные и температурные показатели, гидравлическое сопротивление аппарата, данные о давлении и материалах.

Список использованной литературы

Список литературы должен содержать перечень источников, использованных студентом при выполнении курсового проекта. Источники следует располагать в порядке появления ссылок на них в тексте. Сведения об источниках, включенных в список литературы, необходимо давать в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.5-2008.

СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Графическая часть курсового проекта включает в себя два чертежа:

1. Чертеж технологической схемы производства, куда входит рассчитываемый аппарат.
2. Чертеж проектируемого аппарата с необходимыми разрезами, сечениями и деталями узлов.

Чертежи выполняются на чертежной бумаге (размер 594x841 мм, формат А1) согласно ГОСТ 2.301-68 с основной надписью по ГОСТ 2.104-68 и ГОСТ 21.103-78 в правом нижнем углу. Чертеж обводят рамкой, отстоящей от левого края листа на 20 мм, от остальных краев листа – на 5 мм. Внутри рамки выполняется основная надпись (приложение 4), в противоположном верхнем углу располагается повторное обозначение формата (приложение 5). Технические характеристики, технические требования, условные обозначения и дополнительные записи в виде таблиц и надписей располагаются в правой части листа, при этом таблицы должны примыкать к рамке, а ширина их не должна превышать 185 мм.

Если правая часть листа занята таблицами, то дополнительные записи помещаются слева от таблиц.

Все оборудование на схеме вычерчивается сплошными линиями толщиной 0,3-0,5 мм, а трубопроводы и арматура – сплошными основными линиями в 2-3 раза толще, чем оборудование.

Аппараты на схеме изображают схематически в виде конструкторского очертания изделия, причем показывают основные технологические штуцера входа и выхода продукта.

При необходимости допускается смещение штуцеров и отверстий по отношению к их истинному расположению, но с соблюдением их технологического назначения и взаимосвязи. Допускается изображать аппараты на схеме без строгого соблюдения масштаба, но и без нарушения вида их конструкций.

Линии трубопроводов, а также расположенную на них арматуру следует показывать горизонтально и вертикально, параллельно линиям рамки формата.

ГОСТ 14202-69 предусматривает цифровое обозначение трубопроводов в зависимости от параметров среды и назначения (табл. 3).

Таблица 3 – Цифровое обозначение трубопроводов

Цифровое обозначение	Транспортируемое вещество. Наименование	Цифровое обозначение	Транспортируемое вещество. Наименование
1	Вода	6	Кислоты
1.1	питьевая	6.1	серная
1.2	техническая	6.2	соляная
1.3	горячая (водоснабжение)	6.3	азотная
1.4	горячая (отопление)	6.4	резерв
1.5	питательная	6.5	неорганические кислоты и их растворы
1.6	резерв	6.6	органические кислоты и их растворы
1.7	резерв	6.7	растворы кислых солей
1.8	конденсат	6.8	резерв
1.9	прочие виды воды	6.9	прочие жидкости кислотной реакции

1.0	отработанная, сточная	6.0	отработанные кислоты и кислые стоки (при pH<6,5)
2	Пар	7	Щелочи
2.1	низкого давления (до 2 кгс/см)	7.1	натриевые
2.2	насыщенный	7.2	калийные
2.3	перегретый	7.3	известковые
2.4	отопление	7.4	известковая вода
2.5	влажный (соковый)	7.5	неорганические щелочи и их растворы
2.6	отборный	7.6	органические щелочи и их растворы
2.7	резерв	7.7	резерв
2.8	вакуумный	7.8	резерв
2.9	прочие виды пара	7.9	прочие жидкости щелочной реакции
2.0	отработанный	7.0	отработанные щелочи и щелочные стоки (pH>8,5)
3	Воздух	8	Жидкости горючие
3.1	атмосферный	8.1	жидкости категории А($t_{вп}<28^{\circ}\text{C}$)
3.2	кондиционированный	8.2	жидкости категории Б($28^{\circ}\text{C}<t_{вп}<120^{\circ}\text{C}$)
3.3	циркуляционный	8.3	жидкости категории В($t_{вп}>120^{\circ}\text{C}$)
3.4	горячий	8.4	смазочные масла
3.5	сжатый	8.5	прочие органические горючие жидкости
3.6	пневмотранспорта	8.6	взрывоопасные жидкости
3.7	кислород	8.7	резерв
3.8	вакуум	8.8	резерв
3.9	прочие виды воздуха	8.9	прочие горючие жидкости
3.0	отработанный	8.0	горючие стоки
4	Газы горючие	9	Жидкости негорючие
4.1	светильный	9.1	жидкие пищевкусные продукты
4.2	генераторный	9.2	водные растворы (нейтральные)
4.3	ацетилен	9.3	прочие растворы (нейтральные)
4.4	аммиак	9.4	водные суспензии
4.5	водород и газы его содержащие	9.5	прочие суспензии
4.6	углеводороды и их производные	9.6	эмульсии
4.7	окись углерода и газы ее содержащие	9.7	резерв
4.8	резерв	9.8	резерв

Продолжение таблицы 3

4.9	прочие виды горючих газов	9.9	прочие негорючие жидкости
4.0	отработанные горючие газы	9.0	негорючие стоки (нейтральные)
5	Газы негорючие	0	Прочие вещества
5.1	азот и газы его содержащие	0.1	порошкообразные материалы
5.2	резерв	0.2	сыпучие материалы зернистые
5.3	хлор и газы его содержащие	0.3	смеси твердых материалов с воздухом
5.4	углекислый газ и газы его содержащие	0.4	гели
5.5	инертные газы	0.5	пульпы водяные
5.6	сернистый газ и газы его содержащие	0.6	пульпы прочих жидкостей
5.7	резерв	0.7	резерв
5.8	резерв	0.8	резерв
5.9	прочие виды негорючих газов	0.9	резерв
5.0	отработанные негорючие газы	0.0	отработанные твердые материалы

Условное обозначение и изображение трубопроводов на схеме должны быть расшифрованы в таблице условных обозначений по форме:

10 10 8	Условное обозначение		Наименование среды в трубопроводе
	Цифровое	Графическое	
	20	50	70

Пересекать изображение аппаратов, машин и других элементов линиями трубопроводов не допускается.

На каждом трубопроводе у места его отвода или подвода к аппарату, или другому трубопроводу проставляются стрелки, указывающие направление движения потока, и условное изображение вида среды:

▷ – газ, ► – жидкость.

Перечни единиц оборудования или составных частей оборудования в технологической схеме помещают в правой части листа над основной надписью (приложение 6).

Спецификации выполняются на отдельных листах формата А4 (297×210) и подшиваются к пояснительной записке в виде приложения (приложение 7).

На чертеже проектируемого аппарата размещают виды, разрезы, сечения, необходимые для понимания устройства аппарата, взаимодействия его основных частей, и проставляют все необходимые размеры. Для раскрытия особенностей аппарата или его отдельных узлов допускается размещение на чертежах дополнительных видов, разрезов наложенных проекций. На чертеже над основной надписью помещают:

- 1) таблицу назначения штуцеров аппарата;
- 2) техническую характеристику аппарата;
- 3) технические требования и условные обозначения.

Составные части аппарата (детали, узлы и т.д.) нумеруются, и на них составляются спецификации. Листы спецификации заполняются сверху вниз по разделам: документация, сборные единицы, детали, стандартные изделия, прочие изделия и материалы (приложение 7).

Следует помнить, что графическая часть – это иллюстрация доклада при защите курсового проекта, в котором каждая иллюстрация должна сопровождаться комментарием. Поэтому окончательный объем графической части обязательно должен быть согласован с преподавателем. Основным критерием качества выполненных чертежей является наглядность изображения устройства или отдельных частей аппарата, а также наличие всех основных размеров и соответствие чертежей требованиям ЕСКД.

2. ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Выполненный студентом курсовой проект проверяется преподавателем в срок до 10 дней. За принятые в курсовом проекте технические решения и за правильность всех вычислений несет ответственность студент – автор проекта. При оценке работы учитываются содержание работы, степень самостоятельности, оригинальность выводов, качество используемого материала, а также уровень грамотности (общий и специальный). После проверки делается вывод, допущен студент к защите курсового проекта или нет.

Чертежи и пояснительная записка подписываются исполнителем и руководителем проекта (преподавателем).

При защите курсового проекта студент даёт описание технологической схемы процесса с основным изложением принципов получения продукта. Указывает основные отделения, стадии производства и аппараты, в которых происходит процесс. Затем переходит к описанию проектируемого аппарата, его места и роли в технологической схеме, а также описывает принципы и особенности расчета данного аппарата.

Время выступления студента не должно превышать 5 минут.

После краткого изложения содержания работы студент должен дать исчерпывающие ответы на замечания и вопросы преподавателя.

Окончательная оценка курсового проекта выставляется преподавателем по итогам защиты и качества выполненного проекта.

3. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЗАЩИТЫ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Критерии оценки курсового проекта основаны на перечне требований к обучающемуся, установленными действующим федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по

направлению «Химическая технология» и учитывающих требования кафедры химической технологии и экологии Березниковского филиала ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

Оценку курсового проекта, а также процедуру его защиты выполняет преподаватель, ведущий данную дисциплину.

Курсовой проект оценивается по четырехбалльной системе. Основные критерии оценки результатов защиты курсового проекта представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Критерии оценки результатов защиты курсового проекта

Оценка	Критерии
Отлично	Оценка «отлично» выставляется студенту, если курсовой проект выполнен в срок, оформление, структура и стиль работы полностью соответствует методическим рекомендациям. Работа выполнена самостоятельно, присутствуют собственные обобщения, заключения и выводы. Использовано оптимальное количество литературы и источников по теме работы, их изучение проведено на высоком уровне. Автор работы полностью владеет методикой расчета выбранного аппарата и технологического процесса, умеет оперативно отвечать на вопросы преподавателя. Графическая часть выполнена с использованием САПР, полностью соблюдены требования ЕСКД.
Хорошо	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если курсовой проект выполнен в срок, в оформлении, структуре и стиле работы нет грубых ошибок. Работа выполнена самостоятельно, присутствуют собственные обобщения, заключения и выводы. Используются основная литература и источники по теме работы. Автор работы грамотно отвечает на вопросы преподавателя, владеет методикой расчета выбранного аппарата и технологического процесса, однако в работе имеются незначительные недочеты. В графической части имеются наибольшие отклонения от требований ЕСКД.
Удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если курсовой проект выполнен в срок или с небольшим опозданием. Работа удовлетворяет всем предъявляемым требованиям, но отличается поверхностностью, в ней просматривается непоследовательность изложения материала, представлены необоснованные расчеты, выводы и предложения. В работе отсутствуют ссылки на использованную литературу. В графической части имеется ряд отклонений от

Оценка	Критерии
	требований ЕСКД. На ряд вопросов преподавателя по теме курсового проекта студент отвечает не по существу.
Неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если в течение выполнения курсового проекта он демонстрирует полное безразличие к выполняемой работе, не выполняет требования задания. Содержание разделов не соответствует их названию. Использованная информация и иные данные отрывисты и второстепенны. Полученные результаты не внушают доверия и требуют доскональной проверки. Выполнение графической части и пояснительной записки не соответствует стандартам. Не отвечает на вопросы преподавателя по теме курсового проекта.

4. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Общие вопросы

Основная литература

1. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1995.
2. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию / Под ред. Ю.И. Дытнерского. – М.: Альянс, 2015.
3. Расчеты химико-технологических процессов / Под ред. И.П. Мухленова. – М.: Альянс, 2015.
4. Кувшинский М.Н., Соболева А.П. Курсовое проектирование по предмету «Процессы и аппараты химической промышленности». – М.: Высш. школа, 1980.
5. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – 11-е изд., стер. - Москва: ООО "РусМедиаКонсалт", 2004.
6. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – Москва: ООО ИТД «Альянс», 2014.

7. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – М.: Химия, 1987.
8. Плановский А.Н., Рамм В.М. Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии. – М.:Химия, 1967.
9. Эмирджанов Р.Т., Лемберанский Р.А. Основы технологических расчетов в нефтепереработке и нефтехимии. – М.: Химия, 1989.
10. Грива З.И., Коц В.А. Справочник химика 5т. – Л.: Химия, 1996.
11. Шиляев М.И. Методы расчета пылеулавливающих систем: учебное пособие. - М.: ФОРУМ: ИНФРА - М, 2014.
12. Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флюсик О.М. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии. – СПб.: Химия, 2009.
13. Зиганшин М.Г., Колесник А.А., Зиганшин А.М. Проектирование аппаратов пылегазоочистки: учеб. пособие, – 2-е изд., перераб. и доп. - СПб. : Изд-во ЛАНЬ, 2014.
14. Саблин, С.А. Справочник по измельчению. – Старый Оскол: ТНТ, 2016. – 216 с.
15. Гудков А.Г. Механическая очистка сточных вод: учеб. пособие, - 2-е изд., перераб. и доп. – М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019.
16. Калачев, В.В. Струйные насосы. Теория, расчет и проектирование. – М. : Филинь : Омега-Л, 2017.
17. Оборудование нефтегазопереработки, химических и нефтехимических производств: учебник для вузов в двух книгах., Книга 1 / под ред. А.С. Тимонина. – М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019.
18. Оборудование нефтегазопереработки, химических и нефтехимических производств: учебник для вузов в двух книгах., Книга 2 / под ред. А.С. Тимонина. – М.; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019.

Дополнительная литература

1. Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии. – Л.: Химия, 1982.
2. Дыбина П.В. Расчеты по технологии неорганических веществ. – М.: Высш. школа, 1967.
3. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1991.
4. Борисов Г.С. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию. – М.: Химия, 1991.
5. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. – Л.: Химия, 1981.
6. Коган В.Б. Теоретические основы типовых процессов и аппаратов химических технологий. – Л.: Химия, 1977.
7. Альперт Л.З. Основы проектирования химических установок. – М.: Высш. школа, 1989.
8. Лекаев В.М. Процессы и аппараты химической промышленности. – М.: Высш. школа, 1984.
9. Романков П.Г. Процессы и аппараты химической промышленности. – Л.: Химия, 1989.
10. Макаров Ю.И. Технологическое оборудование химических и нефтегазоперерабатывающих производств. – М.: Машиностроение, 1976.
11. Романков П.Г. Расчетные диаграммы и номограммы по курсу ПАХТ. – Л.: Химия, 1985.
12. Романков П.Г. Примеры и задачи по курсу ПАХТ. – Л.: Химия, 1984.
13. Позин М.Е. Расчеты по технологии неорганических веществ. – Л.: Химия, 1977.
14. Жужиков В.А. Фильтрация. – М.: Химия, 1968.

15. Мищенко К.П., Равдель А.А. Краткий справочник физико-химических величин. – Л.: Химия, 1974.
16. Лашинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчет химической аппаратуры: Справочник. – Л.: Машиностроение, 1970.
17. Расчеты химической аппаратуры: Справочник./ Под ред. Н.И. Логинова – Л.: Химия, 1970.
18. Перри Д.Г. Справочник инженера–химика. – М.: Химия, 1970.

Тепловые процессы и аппараты

Основная литература

1. Кудинов, А.А. Тепломассообмен : учеб. пособие. – М.: ИНФРА-М, 2015.
2. Затонский А.В. Тепловой расчет кожухотрубчатого теплообменника: метод. пособие. – Пермь, 1999.
3. Маньковский О.И., Толчинский А.Р., Александров М.В. Теплообменная аппаратура химических производств. – Л.: Химия, 1976.
4. Исаченко В.П., Осипова В.П., Сукомен А.С. Теплопередача. – М.: Энергия, 1981
5. Чернобыльский П.И. Выпарные установки. – Киев: Высш.школа, 1970.
6. Галин Н.М. Кириллов Л.П. Тепломассообмен. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
7. Паршаков П.Г., Бикчетай Р.Н., Романов Б.А. Термодинамика и теплопередача. – М.: Недра, 1987.
8. Справочник по теплообменникам. – М.: Энергоиздат, 1987.
9. Таубман Е.И. Выпаривание. – М.: Химия, 1982.

Дополнительная литература

1. Гельперин Н.И. Выпарные аппараты. – М.: Госхимиздат, 1947.
2. Кичигин М.А., Костенко Г.М. Теплообменные аппараты и выпарные установки. – М.: Госэнергоиздат, 1955.
3. Калач Т.А. Выпарные станции. – М.: Машгиз, 1963.
4. Цыганков А.С. Расчет теплообменных аппаратов. – Л.: Химия, 1956.
5. Хоблер Т. Теплопередача и теплообменники. – М.: Госхимиздат, 1961.
6. Воскресенский К.Д. Сборник расчетов и задач по теплопередаче. – М.: Госэнергоиздат, 1959.
7. Шак А. Промышленная теплопередача. – М.: Металургиздат, 1961.
8. Краткий справочник по тепловым аппаратам. В.А. Григорьев [и др]. – М.: Госэнергоиздат, 1962.
9. Петровский Ю.В., Фастовский В.Г. Современные эффективные теплообменники. – М.: Госэнергоиздат, 1962.
10. Андреев В.А. Теплообменные аппараты для вязких жидкостей. – Л.: Энергия, 1972.
11. Лебедев П.Д., Щюкин А.А. Теплоиспользующие установки промышленных предприятий. – М.: Энергия, 1970.
12. Бакластов А.М. Проектирование, монтаж и эксплуатация теплоиспользующих установок. – М.: Энергия, 1970.

Массообменные процессы и аппараты

Абсорбция, адсорбция, ректификация, кристаллизация

Основная литература

1. Ягодковский, В.Д. Адсорбция. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015 .
2. Александров И.А. Ректификационные и абсорбционные

аппараты.– М.: Химия, 1978.

3. Кафаров В.В. Основы массопередачи. - М.: Высшая школа, 1979.
4. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. – М.: Химия, 1984.
5. Петлюк Ф.Б., Серафимов М.А. Многокомпонентная ректификация.– М.: Химия, 1983.
6. Романков П.Г. Фролов В.Ф. Массообменные процессы химической технологии. – М.: Химия, 1990.
7. Рудобашта С.П. Массоперенос в системах с твердой фазой. – М.: Химия, 1980.
8. Расчет и проектирование массообменных аппаратов: учеб. пособие / под ред. А.Н. Острикова. – СПб.: Изд-во ЛАНЬ, 2015.
9. Александров, И. А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. Методы расчета и основы конструирования [Текст] / И.А. Александров . - 3-е изд., перераб. - М. : Альянс, 2017 . - 278 с. - ISBN 978-5-00106-250-9.

Дополнительная литература

1. Хоблер Т. Массопередача и абсорбция. – Л.: Химия, 1964.
2. Стабников В.Н. Расчет и конструирование контактных устройств ректификационных и абсорбционных аппаратов. – Киев: Техніка, 1970.
3. Стабников В.Н. Ректификационные аппараты. – М.: Машиностроение, 1965.
4. Массообменные процессы химической технологии. Системы с твердой фазой. П.Г. Романков [и др.]. – Л.: Химия, 1975.
5. Рамм В.М. Абсорбция газов. – М.: Химия, 1976.
6. Гельперин Н.И., Пибалк В.Л., Костанян А.Е. Структура потоков и эффективность колонных аппаратов химической промышленности. – М.: Химия, 1977.

7. Евстафьев А.Г. Ректификационные установки. – М.: Машгиз, 1963.
8. Зельвенский Я.Д., Титов А.А., Шалыгин В.А. Ректификация разбавленных растворов. – Л.: Химия, 1974.
9. Серпионова Е.Н. Промышленная адсорбция газов и паров. – М.: Высшая школа, 1969.

Сушка

Основная литература

1. Коганович Ю.А. Промышленное обезвоживание в кипящем слое. – Л.: Химия, 1990.
2. Сажин Б.С. Основы техники сушки. – М.: Химия, 1984.
3. Разумов И.М. Псевдооживление и пневмотранспорт сыпучих материалов. – М.: Химия, 1982.
4. Исламов М.Ш. Проектирование и эксплуатация промышленных печей. – М.: Химия, 1986.
5. Сушка во взвешенном состоянии: Теория, конструкции, расчет / Под ред. П.Г. Романкова. – М.: Химия, 1986.
6. Муштаев В.И., Ульянов В.М. Сушка в условиях пневмотранспорта. – М.: Химия, 1984.
7. Донат Е.В., Двинянинов В.В. Расчет и конструирование пневматической сушилки: учебное пособие. Харьков, 1982.

Дополнительная литература

1. Лыков М.В. Сушка в химической промышленности. - М.: Химия, 1976.
2. Романков П.Г., Романовская И.Б. Сушка во взвешенном состоянии. – Л.: Химия, 1979.
3. Плановский А.Н., Муштаев В.И. Сушка дисперсных материалов в нефтехимической промышленности. – М.: Химия, 1979.

4. Филиппов В.П. Конструкция, расчет и эксплуатация устройств и оборудования для сушки минерального сырья. – М.: Химия, 1979.
5. Левченко Расчет печей и сушилок силикатной промышленности. – М.: Химия, 1968.
6. Лебедев П.О. Расчет и конструирование сушильных установок. – М.: Госэнергоиздат, 1963.

Экстракция, растворение, кристаллизация

Основная литература

1. Гельперин Н.И., Носов Г.А. Основы техники фракционной кристаллизации. – М.: Химия, 1986.
2. Романков П.Г. Курочкина М.И. Экстрагирование из твердых материалов. – Л.: Химия, 1983.
3. Расчет и проектирование массообменных аппаратов: учеб. пособие / под ред. А.Н. Острикова. – СПб.: Изд-во ЛАНЬ, 2015.

Дополнительная литература

1. Аксельруд Г.А., Молчанов А.Д. Растворение твердых веществ. – М.: Химия, 1977.
2. Аксельруд Г.А., Лысянский В.М. Экстрагирование. Система твердое тело – жидкость. - Л.: Химия, 1974.
3. Трейбал Р. Жидкостная экстракция. – М.: Химия, 1966.
4. Пономаренко В.Г., Ткаченко К.П., Курлянд Ю.А. Кристаллизация в псевдооживленном слое. – Киев: Техніка, 1972.
5. Белгорт А.В. Промышленная кристаллизация. – М.: Химия, 1969.
6. Матусевич Л.Н. Кристаллизация из растворов в химической промышленности. – М.: Химия. 1968.

Флотационное обогащение

Основная литература

1. Абрамов А. А. Собрание сочинений [Текст]: учебн. пособие, – Т.6. – Флотация. Физико-химическое моделирование процессов. – М.: «Горная книга», Изд-во МГГУ, 2010.
2. Абрамов, А. А. Собрание сочинений [Текст]: учебное пособие, – Т.7. – Флотация. Реагенты-собиратели. – М.: «Горная книга», Изд-во МГГУ, 2012.
3. Абрамов А. А. Собрание сочинений [Текст]: учебное пособие, – Т.8. – Флотация. Сульфидные минералы. – М.: «Горная книга», Изд-во МГГУ, 2013.
4. Мелик - Гайказян, В.И. Методы решения задач теории и практики флотации [Текст]: учебное пособие. – М.: «Горная книга», Изд-во МГГУ, 2013.
5. Романенко, С.А. Применение современных средств математического анализа во флотации [Текст]. – М.: «Горная книга», Изд-во МГГУ, 2013.
6. Федотов К.В., Никольская Н.И. Проектирование обогатительных фабрик. – М.: «Горная книга», Изд-во МГГУ, 2014.
7. Разумов К.А. Проектирование обогатительных фабрик. – М.: Недра, 2002.
8. Мещеряков Н.Ф. Флотационные машины и аппараты. – М.: Недра, 1982.
9. Абрамов А.А. Флотационные методы обогащения — М.: Недра, 1984.
10. Желнин А.А. Теоретические основы и практика флотации калийных солей. – Л.: Химия, 1973.
11. Глембоцкий В.А., Классен В.И. Флотация. – М.: Недра, 1973.
12. Карамзин В.И., Серго Е.Е. Процессы и машины для обогащения полезных ископаемых. – М.: Недра, 1974.

13. Сиденко П.М. Измельчение в химической промышленности. – М.: Химия, 1968.

Дополнительная литература

1. Сабиров Р.Х, Сквирский Л.Я, Кириченко Л.Н. Технология флотационного обогащения калийных руд. Н.Н. Тетерина [и др.]. – Пермь: ОГУП «Соликамская типография», 2002.

2. М.А. Эйгелес, Реагенты-регуляторы в флотационном процессе – Л.: Химия, 1974

3. Донченко А.С., Донченко В.А. Справочник механика рудо-обогатительной фабрики – М.: Недра, 1986.

4. Андреев С.Е., Перов В.А., Зверевич В.В. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. – М. Недра, 1980.

5. Серго Е.Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. – М. Недра, 1985.

6. Евменова Г.Л., Иванов Г.В., Байченко А.А. Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению. Пособие по курсовому проектированию. – Кемерово. ГУ Куз ГТУ, 2005.

7. Курмаев Р.Х. Флотационный способ получения хлорида калия из сильвинита – Пермь: Изд-во ППИ, 1993.

8. Справочник по обогащению руд (в 4-х томах). Гл. ред. О.С Богданов – М.: Недра, 1974.

Механические расчеты

Основная литература

1. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования. Справочник. – Калуга: Изд-во Н. Бочкарёвой, 2002.

2. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. М.Ф. Михалев [и др.] – Л.: Машиностроение, 1984.

3. Смирнов Г.Г. Конструирование безопасных аппаратов. – Л.: Машиностроение, 1988.

4. ГОСТ 14249-89. Сосуды и аппараты, нормы и методы расчета на прочность. – М.: Изд-во стандартов, 1989.

Дополнительная литература

1. Домашнев А.Д. Конструирование и расчет химических аппаратов. – М.: Машгиз, 1961.

2. Чернобыльский И.И., Бондарь А.Г. Машины и аппараты химической промышленности. – Л.: Машиностроение, 1979.

3. Криворот А.С. Конструирование и основы проектирования машин и аппаратов химической промышленности. – М.: Машиностроение, 1976.

4. Рахмилевич Р.З., Зусмановская С.И. Расчет аппаратуры, работающей под давлением. – М.: Изд-во стандартов, 1968.

5. Топтуненко Е.Т. Основы конструирования и расчета химических аппаратов и машин. – Харьков, 1968.

6. Конторович З.Б. Основы расчета химических машин и аппаратов. – М.: Машгиз, 1960.

<http://www.twirpx.com> – Сайт для поиска технической литературы.

Примерные темы курсовых проектов

1. Расчет и проектирование печи кипящего слоя в производстве_____.
2. Расчет и проектирование теплообменного аппарата на стадии _____.
3. Расчет и проектирование абсорбционной колонны отделения _____.
4. Расчет и проектирование ректификационной колонны в производстве _____.
5. Расчет и проектирование шнекового растворителя на стадии приготовления _____.
6. Расчет и проектирование обогатительного оборудования отделения _____.
7. Расчет и проектирование колонны дистилляции в отделении _____.
8. Расчет и проектирование реактора в производстве _____.
9. Расчет и проектирование аппарата восстановления _____.
10. Расчет и проектирование вакуум-кристаллизационной установки отделения _____.
11. Расчет и проектирование барабанной печи в производстве _____.
12. Расчет и проектирование выпарного аппарата отделения _____.
13. Расчет и проектирование адсорбционной установки в производстве _____.
14. Расчет и проектирование котла-утилизатора на стадии _____.

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»
Березниковский филиал
Кафедра химической технологии и экологии

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовому проекту
по курсу: «Процессы и аппараты химической технологии»
на тему: «**Расчет и проектирование печи кипящего слоя в
производстве KCl**»

Выполнил: студент гр. ХТ-17д
Иванов И.И.
Проверил: д-р. техн. наук,
профессор кафедры ХТиЭ Лановецкий С.В.

Березники, 2019

Задание на проектирование:

Рассчитать печь КС для сушки хлористого калия.

Исходные данные:

Производительность печи 100 т/ч сухого КСl.

Сушильным агентом являются топочные газы с температурой:

– t на входе = 700°C ;

– t на выходе = 100°C .

Температура КСl поступающего на сушку $t = 25^{\circ}\text{C}$.

Температура КСl на выходе из печи $t = 110^{\circ}\text{C}$.

Начальная влажность хлористого калия $w = 5\%$.

Конечная влажность хлористого калия $w = 0,3\%$.

Выдано _____ д-р. техн. наук, профессор кафедры ХТиЭ Лановецкий С.В.

Задание получил _____ студент гр. ХТ-17д Иванов И.И.

Приложение 4

**Основная надпись для схем
курсового проекта**

	17	23	15	10		120			
5					КП – 18.03.01 кафедра ХТиЭ				
5						15	17	18	15
5					<i>Схема технологическая</i>	<i>Литера</i>	<i>Масса</i>	<i>Масшт.</i>	5
5									15
5			<i>подпись</i>	<i>дата</i>					5
5	<i>Разраб.</i>								15
5	<i>Провер.</i>				<i>Производство аммиака</i>				5
5	<i>Консул.</i>					<i>БФ ПНИПУ ХТ-14д</i>			15
5	<i>Руковод.</i>								
5	<i>Зав.каф.</i>								

Приложение 5

Содержание листа технологической схемы

	<i>Повторное обознач.</i>	<i>Отступл. 12-15 мм</i>	Перечни
	<i>Изображение трубопроводов сырья и выхлоп. газов (7 мм на каждую линию)</i>		
<i>Отступл. 12-15 мм</i>	Поле для схемы		<i>Таблица характеристик</i>
			<i>Таблица требований</i>
			<i>Условные обозначения</i>
			<i>Основная надпись</i>
		<i>Отступл. 12-15 мм</i>	

Приложение 6

Размеры и содержание таблиц перечней

Лист	Поз.	Обозначение	Наименование	К-во	Примечание	
			<i>Технологическая схема</i>			15
						7
1	01		<i>Абсорбер</i>	1	<i>D = 4200 мм, H = 35735 мм</i>	
1	02		<i>Регенератор</i>	1	<i>D = 4200 мм, H = 42600 мм</i>	
1	03					7

Приложение 7

Размеры и содержание таблиц спецификации

Лист	Поз.	Обозначение	Наименование	К-во	Примечание	
			<i>Документация</i>			15
						7
2			<i>Сборные единицы</i>			
2	01		<i>Обечайка</i>		<i>Ст. 20</i>	7
2			<i>Детали</i>			
2	02		<i>Клапан</i>		<i>Ст. 20</i>	
2			<i>Стандартные изделия</i>			
2			<i>Шпилька</i>		<i>Ст. 20</i>	

7

13

50

70

10

35

Учебное издание

**ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ
ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

Методические указания

Составили:

Лановецкий Сергей Викторович
Косвинцев Олег Константинович

Корректор *Н.В. Шилева*

Подписано в печать 02.09.16. Формат 60×90/16.
Усл. печ. л. 2,5. Тираж 20 экз. Заказ №332/2019.

Издательство

Пермского национального исследовательского
политехнического университета.

Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к.113

Тел. (342)219-80-33