

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. Р.Е. Алексеева»

ДЗЕРЖИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Технологическое оборудование и транспортные системы»

КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«МАШИНЫ И АППАРАТЫ ПРЕДПРИЯТИЙ
ОСНОВНОЙ ХИМИИ»

Методические указания
по курсовому проектированию
для студентов, обучающихся по направлению подготовки
бакалавров 15.03.02 – «Технологические машины и оборудование»
(направленность «Технологическое оборудование химических
и нефтехимических производств»)
всех форм обучения

Нижний Новгород 2020

Составители: В.А. Диков, В.С. Коновалов, В.М. Ульянов, А.А. Сидягин

УДК 66.02.0012

Курсовое проектирование по дисциплине «Машины и аппараты предприятий основной химии»: метод. указания для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 15.03.02 – «Технологические машины и оборудование» (направленность «Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств») всех форм обучения / В.А. Диков, В.С. Коновалов, В.М. Ульянов, А.А. Сидягин; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2020. – 45 с.

Изложены задачи, тематика, объем и состав курсового проекта по дисциплине «Машины и аппараты предприятий основной химии». Приведены методические рекомендации и указания по оформлению разделов пояснительной записки, графической части, организации выполнения и защиты проекта. Дан список рекомендуемой литературы.

Редактор Е.А. Репникова

Подписано в печать 11.12.2020. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага газетная.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 2,75. Тираж 100 экз. Заказ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева.
Типография НГТУ. 603950, Н.Новгород, ул. Минина, 24.

© Нижегородский государственный
технический университет
им. Р.Е. Алексеева, 2020

1. ЗАДАЧИ И ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект по дисциплине «Машины и аппараты предприятий основной химии» является важным этапом подготовки бакалавра по направлению 15.03.02 – «Технологические машины и оборудование».

Задачами курсового проектирования являются:

– систематизация, углубление и закрепление теоретических и практических знаний по направлению подготовки;

– развитие навыков самостоятельной работы по решению конкретных инженерно-технических задач, связанных с конструированием и расчетом технологического оборудования химических и нефтехимических производств;

– подготовка к работе над курсовым проектом по дисциплине «Специальное оборудование предприятий химии и переработки пластмасс» и выпускной квалификационной работой на степень бакалавра.

Темы курсовых проектов должны быть посвящены разработке технологического оборудования (машин и аппаратов) химических производств, а именно: дробилок, мельниц, центрифуг, сепараторов, реакторов, теплообменников, выпарных аппаратов, ректификационных и абсорбционных колонн, экстракционных машин и аппаратов, сушилок и т.п. В основу разрабатываемого оборудования должны быть положены современные конструкции машин и аппаратов химических производств.

2. СОСТАВ И ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект состоит из пояснительной записки и графической части.

Примерное содержание и объем пояснительной записки приведены в табл. 2.1. Как правило, пояснительная записка курсового проекта должна иметь объем 35 – 45 страниц формата А4 (объем приложений не регламентируется).

В графической части проекта должен быть представлен *чертёж общего вида машины (аппарата)*, выполненный в соответствии с требованиями к чертежам технических проектов, в объеме 2 – 3 листа формата А1.

Окончательный объем разделов пояснительной записки и графической части согласовывается с руководителем курсового проекта.

Оформление пояснительной записки и графической части проекта должно соответствовать требованиям стандартов и нормативов. Основным нормативным документом студента ДПИ НГТУ для правильного оформления текстовой части проекта является стандарт организации

СК – У – 37,3 – 16 – 11 «Общие требования к оформлению пояснительных записок дипломных и курсовых проектов».

Таблица 2. 1. Содержание и объем пояснительной записки

Состав пояснительной записки	Количество страниц
Титульный лист	1
Задание	1
Аннотация	1
Содержание	1
Введение	1-2
1. Конструкция машины (аппарата)	3 – 5
2. Технологический расчёт машины (аппарата)	10 – 15
3. Энергетический расчёт	2 – 4
4. Прочностной расчёт основных элементов машины (аппарата)	10 – 15
Выводы	1
Список литературных источников	1 – 2
Приложения	–

За правильность принятых в проекте конструкторских решений и проведенных расчетов, за оформление пояснительной записки и графической части отвечает студент – автор курсового проекта.

3. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

3.1. АННОТАЦИЯ

В аннотации кратко формулируются основные положения проекта, дающие общее представление о решаемых вопросах и полученных результатах, а также сведения об объеме пояснительной записки и графической части.

3.2. ВВЕДЕНИЕ

Введение должно ознакомить с кругом решаемых в проекте вопросов.

Сначала необходимо отразить назначение разрабатываемой машины (аппарата), т.е. указать, для какого технологического процесса предназначена проектируемая машина (аппарат). Описать возможные проблемы, связанные с увеличением производительности установки, интенсификацией и повышением эффективности процесса в машине (аппарате), улучшением качества продукта.

Затем на основании изложенной проблемы необходимо сформулировать цели и задачи, решаемые в курсовом проекте.

При изложении данного раздела рекомендуется давать ссылки на литературные источники из списка, приведённого в конце пояснительной записки. Ссылка даётся в виде номера источника из списка, заключённого в квадратные скобки, например: [1], [2,3] и т. п.

3.3. КОНСТРУКЦИЯ МАШИНЫ (АППАРАТА)

Следует описать устройство и принцип работы разрабатываемой конструкции машины (аппарата). При описании конструкции можно давать ссылки на чертеж общего вида машины (аппарата) или схематический рисунок, приведенный в пояснительной записке в формате А4.

Необходимо дать обоснованный выбор конструкционных и вспомогательных материалов на основе коррозионных и эрозионных свойств обрабатываемого сырья и продуктов, режимных параметров процесса, реализуемого в машине (аппарате), технико-экономической целесообразности использования данного конструкционного материала.

3.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ МАШИНЫ (АППАРАТА)

Целью технологического расчета является определение основных конструктивных параметров разрабатываемого объекта (материальных и тепловых потоков, объема и основных размеров машины или аппарата и его элементов), необходимых для выполнения конструкторской проработки объекта, а также получение данных, необходимых для проведения последующих специальных расчетов его отдельных элементов (кинематического, энергетического, расчета на прочность и т.д.).

Исходными данными для технологического расчета является производительность по исходной смеси или готовому продукту, качественные показатели исходных материалов (сырья) и готового продукта, показатели эффективности процесса, режимные параметры процесса и др.

Технологический расчет оборудования содержит ряд последовательных этапов, главными из которых являются материальный и тепловой балансы, кинетические расчеты, расчет объема или рабочей поверхности аппарата (машины) и основных его размеров. Дополнительно выполняются конструктивные расчёты, определяющие размеры важнейших конструктивных элементов (диаметры штуцеров, диаметр и число отверстий в ре-

шётках, мешалки и др.), а также необходимые тепловые, гидравлические и другие виды расчетов.

Материальный баланс основан на законе сохранения массы и, таким образом, выражает равенство масс потоков исходных материалов и продуктов процесса. Этот принцип справедлив для любого химического, физико-химического или механического процессов. В исходных материалах и полученных продуктах следует учесть все потоки веществ и входящие в них компоненты, включая примеси, вспомогательные вещества, носители, побочные продукты.

Общий материальный баланс обычно дополняют материальным балансом отдельного, представляющего главный интерес, компонента.

При решении уравнений материального баланса необходимо учитывать условия равновесия, определяющие предельно достижимые параметры процесса: температуру, концентрацию, давление.

В результате балансовых расчётов получают данные по расходам материальных потоков рабочей среды и её компонентов.

Тепловой баланс основан на термодинамическом законе сохранения энергии, также подразумевающим равенство прихода и расхода тепла в аппарате. Данные теплового баланса используют для расчета расхода теплоносителя или хладагента и требуемой площади поверхности теплопередачи в аппарате (рубашки, змеевика, трубчатки и т.п.).

Кинетика технологического процесса определяется скоростью переноса (или изменения состояния) вещества или энергии, которая прямо пропорциональна движущей силе и обратно пропорциональна сопротивлению. Коэффициенты сопротивления или скорости различных процессов определяют с помощью теоретических или экспериментальных зависимостей. Данные расчета кинетики используют для определения скорости протекания процесса во времени, а иногда и времени, необходимого для проведения процесса до заданных конечных параметров.

По найденным величинам материальных или тепловых потоков и по величине кинетически необходимого времени процесса определяют рабочий объем и основные параметры машины или аппарата, а также конструктивные размеры элементов машины (аппарата), определяющие её нормальное функционирование.

В расчётной части пояснительной записки обязательно следует указывать ссылки на литературные источники из списка в следующих случаях:

- при использовании применяемого метода расчёта машины (аппарата) и их узлов;
- при использовании эмпирических формул;

- при указании значений физико-химических величин, найденных в справочной, учебной или иной технической литературе.

На общеизвестные формулы, выражающие, например, соотношения материального и теплового балансов, критерии подобия, уравнения расхода, теплопередачи, массопередачи, пересчёт концентраций в другие размерности, параметры геометрических фигур и т. п., ссылки на литературные источники приводить не следует.

Иногда приходится ссылаться на уже полученные в данной работе исходные или расчётные данные, упоминавшиеся ранее. В этих случаях ссылки следует приводить в круглых скобках с сокращённым словом «смотри» страницу, рисунок, уравнение и т. п., например: «см. с. 15», «см. табл. 10», «см. уравнение (3.5)».

Формулы в записке нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела. Номер формулы состоит из разделённых точкой цифр номера раздела и порядкового номера формулы, например: (3.1). Формулу с её решением вписывают в следующем порядке.

Записывают формулу, после неё ставят запятую, с новой строки пишут слово «где» (со строчной буквой «г» без отступа и без знака двоеточия), после которого вписывают символы, входящие в основную формулу, с известными числовыми значениями и пояснениями. Раскрывают содержание промежуточных формул, а затем пишут: «Найденные числовые значения подставляем в формулу (в скобках указывают номер основной формулы) и получаем (результат)». С новой строки ставят символ основной формулы, затем знак равенства, подставляют числовые значения, снова ставят знак равенства, а после этого – результат вычислений, размерность и точку.

Подставляемые в формулу числа и результат вычислений с достаточной для инженерных расчётов точностью должны быть округлены до трёх значащих цифр (за исключением особо оговоренных случаев), как это принято на практике по отношению к константам широкого пользования. Например: число $\pi = 3,14$ (вместо 3,141592654...), ускорение свободного падения $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ (вместо 9,80665...), мольный объём идеального газа $V_0 = 22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}$ (вместо 22,4136) и т. д.

Пример 3.1. Коэффициент теплоотдачи α , Вт/(м²·К), от плоской стенки аппарата в воздух помещения определим по эмпирической формуле [4]

$$\alpha_{\text{в}} = 9,3 + 0,058t_{\text{нар}}, \quad (3.1)$$

где $t_{\text{нар}} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ - допустимая температура наружной стенки [5].

$$\alpha_{\text{в}} = 9,3 + 0,058 \cdot 50 = 12,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Пример 3.2. Определим значение критерия Рейнольдса

$$Re = \frac{wd\rho}{\mu}, \quad (3.2)$$

где w – скорость жидкости в трубопроводе, м/с; $d = 0,15$ м – диаметр трубопровода; $\rho = 998$ кг/м³ – плотность воды при $t = 20$ °С [4]; $\mu = 1 \cdot 10^{-3}$ Па·с – вязкость воды при $t = 20$ °С [4].

Определим скорость движения воды в трубопроводе:

$$w = 4V/(\pi d^2) = 4 \cdot 0,0232 / (3,14 \cdot 0,15^2) = 1,31 \text{ м/с},$$

где $V = 0,0232$ м³/с – расход воды согласно заданию.

Найденные данные подставляем в формулу (3.2):

$$Re = \frac{1,31 \cdot 0,15 \cdot 998}{1 \cdot 10^{-3}} = 196000.$$

3.5. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

Целью выполнения данного раздела является определение мощности, необходимой для движения рабочих органов машины или механизма, являющегося частью аппарата. При расчете требуемой мощности привода пользуются формулами, приведенными в учебной или справочной литературе, либо сначала определяют работу или крутящий момент и по ним далее рассчитывают потребляемую мощность привода с учетом КПД передачи.

На основании полученных данных выбирают стандартизованный привод, электродвигатель, редуктор или иной передаточный механизм. Выбор электродвигателя привода, редуктора или мотор-редуктора производят в зависимости от требуемой мощности, частоты вращения (передаточного числа) и требуемого исполнения с точки зрения взрыво- и пожаробезопасности.

При отсутствии в машине (аппарате) движущихся частей (например, в массообменной колонне, теплообменнике, сушилке, кристаллизаторе и др.) выполняют расчёт гидравлического сопротивления проточной части. По величинам объёмного расхода рабочей среды и гидравлического сопротивления необходимо выполнить подбор требуемого насосно-компрессорного или тягодутьевого оборудования для проектируемой установки.

3.6. ПРОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МАШИНЫ (АППАРАТА)

Целью прочностных расчетов является определение размеров основных элементов проектируемой машины (аппарата) исходя из условий прочности, жесткости (устойчивости) и виброустойчивости.

Исходными данными для прочностных расчётов являются результаты, полученные в технологическом расчёте: основные размеры оборудования и его элементов, энергетические показатели машины или механизма, параметры процесса (рабочее давление и температура).

При проектировании машин на прочность и долговечность рассчитываются роторы, барабаны, валы, шпонки, подшипники, шнеки, пружины; цепные, зубчатые, ременные передачи и другие элементы конструкции, несущие силовую нагрузку.

При конструировании аппаратов определяют толщины стенок обечаек, днищ, трубных решеток, тарелок, опорных устройств и других элементов, рассчитывают укрепления отверстий. Если аппарат оснащен перемешивающим устройством, то выполняют расчет вала на прочность, жёсткость и виброустойчивость, подбирают подшипники и соединительные муфты на расчётную нагрузку.

При проведении прочностных расчетов особое внимание следует обратить на анализ условий работы оборудования, правильное определение расчетных давлений, температур и допускаемых напряжений. *Выбранные величины расчётных параметров перед выполнением прочностных расчётов должны быть обязательно согласованы с преподавателем – руководителем проекта.*

Расчеты должны быть проиллюстрированы расчетными схемами машины (аппарата) с нанесенными на них расчетными нагрузками. Причём желательно приводить расчётную схему в целом для машины или аппарата. Для некоторых узлов (фланцевых соединений, вращающихся и других сложных элементов) расчётная схема может быть выполнена отдельно. Расчеты некоторых деталей машин и аппаратов (валов, передач, обечаек и др.) по согласованию с руководителем проекта рекомендуется выполнять с применением ЭВМ и САПР.

Прочностные расчеты выполняют со ссылкой на действующие стандарты, а при их отсутствии – на справочную, нормативную или научно-техническую литературу.

3.7. ВЫВОДЫ

В выводах формулируют результаты выполненной работы. Особо отмечают принятые технические решения, направленные на снижение энергопотребления, материалоемкости и трудоемкости изготовления машины (аппарата), повышение удельной производительности оборудования, эффективности процесса и улучшения качества выпускаемой продукции, решение экологических проблем.

3.8. СПИСОК ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Следует привести список учебной, научно-технической, справочной и патентной литературы, на которую имеются ссылки в тексте пояснительной записки при обосновании конструкции машины (аппарата), подборе конструкционных материалов и выполнении всех видов расчетов машины (аппарата).

4. ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

4.1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Графическая часть курсового проекта выполняется в формате технического проекта в соответствии с требованиями ЕСКД, который предусматривает техническое решение разрабатываемого процесса (технологической установки).

Графическая часть курсового проекта состоит из чертежей общего вида основного аппарата (машины), которые должны удовлетворять требованиям ЕСКД, предъявляемым к выполнению технических проектов.

Чертёж общего вида машины или аппарата выполняют на листах чертежной бумаги основного формата А1 (594×841 мм) согласно ГОСТ 2.301 – 68 «Форматы». Наряду с указанным форматом, в случае необходимости, можно пользоваться другими основными форматами, обозначения и размеры сторон которых должны соответствовать указанным ниже:

Обозначение формата	А0	А1	А2	А3	А4
Размеры сторон формата, мм	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297

Допускается применение дополнительных форматов, образуемых увеличением коротких сторон основных форматов на величину, кратную их размерам. Обозначение производного формата составляется из обозначения основного формата и его кратности, например А1×3, А4×8 и т. д. (см. табл. 4.1).

Таблица 4.1. Размеры дополнительных форматов

Кратность	Формат				
	A0	A1	A2	A3	A4
2	1189×1682	—	—	—	—
3	1189×2523	841×1783	594×1261	420×891	297×630
4	—	841×2378	594×1682	420×1189	297×841
5	—	—	594×2102	420×1486	297×1051
6	—	—	—	420×1783	297×1261
7	—	—	—	420×2080	297×1471

Поле чертежа ограничивают рамкой, которая проводится сплошными линиями и отстоит от левой кромки чертежа на 20 мм, а от остальных кромок – на 5 мм (см. рис. 4.1).

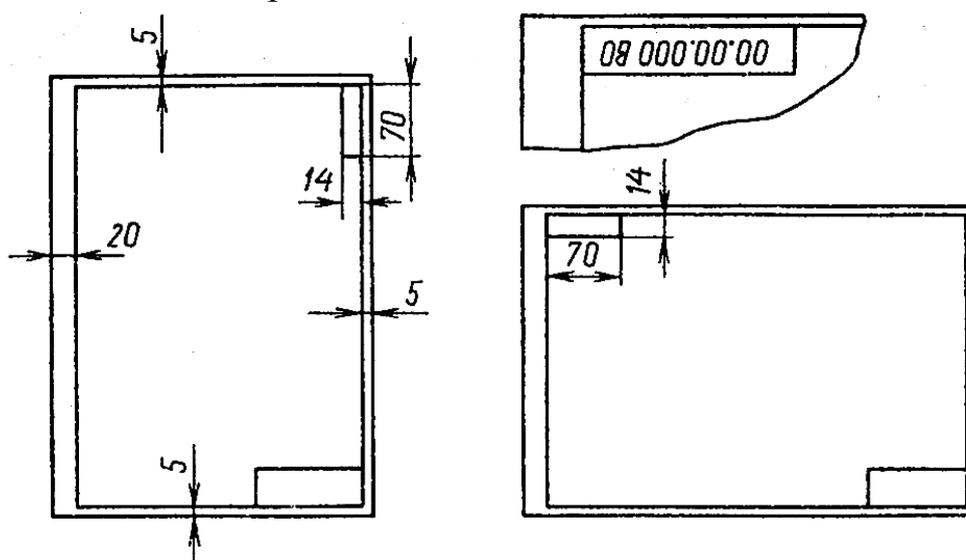


Рис. 4.1. Рамки поля чертежа

4.2. ЧЕРТЕЖ ОБЩЕГО ВИДА

4.2.1. Общая характеристика чертежа общего вида

Чертеж общего вида поясняет конструкцию изделия и принцип его работы и является основой для разработки рабочей документации – рабочих чертежей деталей и сборочных чертежей, входящих в изделие сборочных единиц, включая сборочный чертеж изделия.

Чертежи общего вида должны выполняться в соответствии с основными требованиями ГОСТ 2.120 – 73 ЕСКД «Технический проект». Чертеж общего вида должен содержать следующие сведения:

- изображение изделия (машины, аппарата), необходимые виды, разрезы, сечения, текстовую часть и надписи, необходимые для понимания

конструктивного устройства изделия, взаимодействия его составных частей и принципа работы изделия;

- основные размеры – конструктивные, присоединительные, габаритные, а в случае необходимости – установочные монтажные и предельные отклонения подвижных частей;

- обозначение посадок в соответствующих сопряжениях;

- вид или схему с действительным расположением штуцеров, люков, лап и других элементов;

- таблицу назначения штуцеров, патрубков и т. п.;

- техническую характеристику изделия;

- технические требования на изготовление и эксплуатацию изделия;

- перечень составных частей изделия;

- основную надпись.

На изображении чертежа общего вида допускается показывать условно смещёнными штуцера, бобышки, люки и т. п., не изменяя их расположения по высоте или длине аппарата.

На виде аппарата сверху необходимо показать действительное расположение штуцеров, бобышек, люков, лап и т. п.; при отсутствии вида сверху его следует вычертить схематически (рис. 4.2), проставив условные обозначения штуцеров, бобышек, люков, лап и т. п., указанных на главном или другом виде аппарата. При этом над схемой необходимо сделать надпись, например: «Схема расположения штуцеров, бобышек, люков и лап», а в технических требованиях на чертеже указать: «Действительное расположение штуцеров, бобышек, люков и лап смотри по схеме (по плану, виду В и т. д.)».

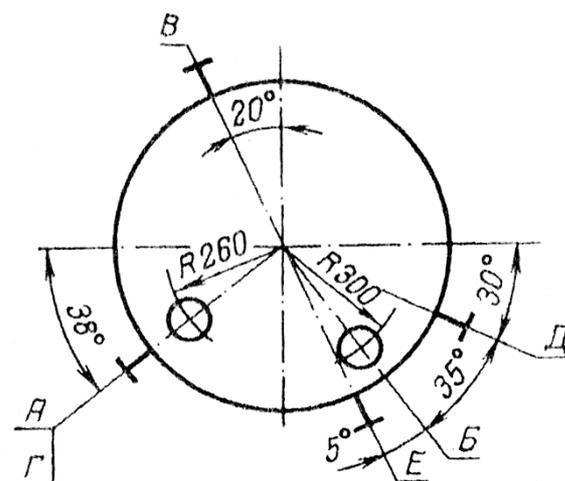


Рис. 4.2. Схема расположения штуцеров, бобышек, люков

Штуцера, патрубки, гильзы для термометров, люки и т. п. на главном и сопряжённом с ним изображении и на схеме обозначают условно на продолжении их осей или на полках линий-выносок прописными буквами русского алфавита размером от 5 до 7 мм (буквы Ё, З, Й, О, Х, Ч, Ъ, Ы, Ь не применяют).

В *таблице штуцеров*, патрубков, люков и других элементов аппарата, кроме назначения, указывают количество, условный проход (диаметр) и условное давление. Над таблицей помещают заголовок «Таблица штуцеров». *Форма таблицы и пример её заполнения приведены в прил. 1.*

Буквенные обозначения в алфавитном порядке (без пропусков и повторения) присваивают сначала видам, разрезам, сечениям, а затем штуцерам. В случае недостатка букв применяют цифровую индексацию, например: А₁, Б₁ и т. д.

Таблицу штуцеров, техническую характеристику, технические требования и перечень составных частей следует располагать над основной надписью чертежа. В порядке исключения допускается размещение таблицы штуцеров слева от основной надписи. Рекомендованное расположение основных элементов чертежа общего вида приведено на рис. 4.3.

Дополнительные изображения (виды, разрезы, сечения, выносные изображения и т. д.) должны располагаться по возможности ближе к разъясняемому элементу.

В *технической характеристике* изделия указывают: его назначение, объём аппарата (номинальный и рабочий), рабочую среду (токсичность и взрывоопасность), производительность, площадь поверхности теплообмена, мощность привода, частоту вращения деталей, рабочие и расчетные параметры, подведомственность правилам Ростехнадзора и другие необходимые данные. Техническая характеристика может быть представлена в виде перечисления по пунктам либо в табличном виде (*см. прил. 2*).

Технические требования на изготовление и эксплуатацию изделия включают: ГОСТ или ТУ, согласно которым изготовлено и испытано данное изделие; обозначение ГОСТ или ТУ на основные материалы, применяемые в изделии; требования к испытанию на прочность и плотность сварных швов и других видов соединений; сведения о необходимости тепловой изоляции, гуммирования и других антикоррозионных покрытий (*см. прил. 3*);

Перечень составных частей изделия следует располагать на поле чертежа общего вида над основной надписью в виде таблицы. *Форма таблицы и пример её заполнения приведены в прил. 4.*

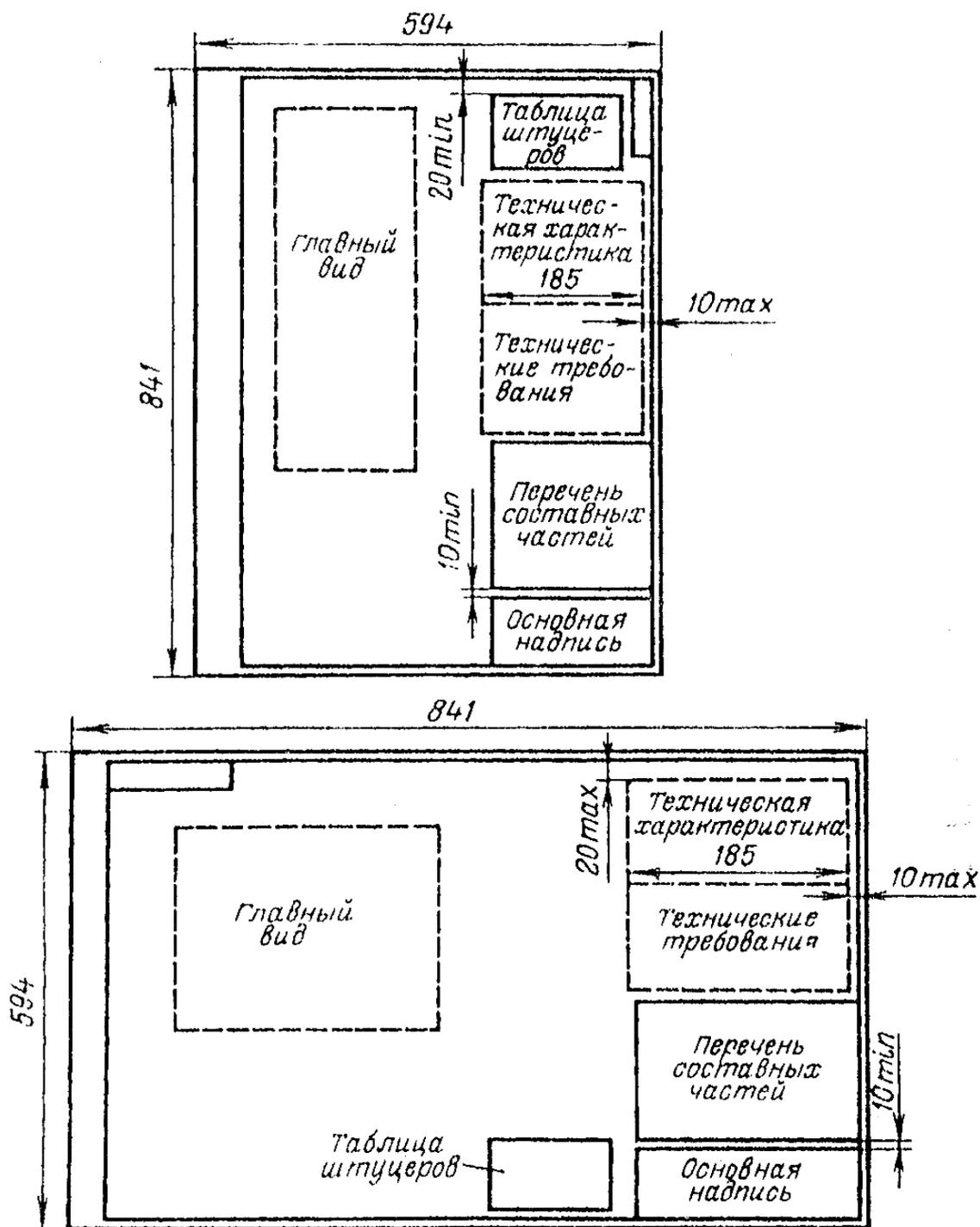


Рис. 4.3. Рекомендуемое расположение элементов чертежа общего вида, располагаемого короткой или длинной стороной по горизонтали

Таблица составных частей изделия включает составные единицы (узлы), стандартные покупные изделия и детали, необходимые для выполнения рабочих чертежей изделия. Вносимые в перечень данные должны располагаться сверху вниз в порядке, предусмотренном ГОСТ 2.106-96 «ЕСКД. Спецификация» (см. также РТМ 26-79-72 «Применение стандартов Единой системы конструкторской документации

(ЕСКД)», разработанные ОАО НИИХиммашем): составные узлы (сборочные), детали, стандартные изделия, в том числе крепёжные и прочие детали. Последняя строка перечня составных частей не должна доходить до основной надписи на расстояние менее 10 мм.

В целях упрощения составления перечня допускается оставлять несколько строк с соответствующим пропуском номеров позиций после каждой группы перечня составных частей. В случае, если перечень получается чрезмерно длинным, допускается (по согласованию с руководителем проекта) оформлять его в виде отдельного документа формата А4 либо исключать из перечня второстепенные детали и неотчетливые стандартные изделия.

В каждой строке перечня не допускаются «двухэтажные» записи. Если запись не помещается на одной строке, её следует помещать на двух или более строках.

Графу «Обозначение» в перечне допускается не заполнять, так как она предназначена для обозначения составных единиц низшего порядка и деталей, которые в курсовом проекте не выполняются.

Графу «Масса 1 шт.» в перечне составных частей не заполняют.

Основная надпись (угловой штамп) даёт информацию о наименовании изделия, масштабе изображения, массе, количестве листов (включая отдельные листы таблицы составных частей), номер листа и номер чертежа с обозначением индекса согласно требованиям НГТУ по стандарту организации «Общие требования к оформлению пояснительных записок дипломных и курсовых проектов» СК-СТО1-У-37,3-16-11.

4.2.2. Подведомственность правилам Ростехнадзора аппаратов под давлением

При составлении технической характеристики и технических требований разрабатываемого изделия (аппараты, сосуды), в которых рабочее давление превышает 0,07 МПа (без учёта гидростатического давления), необходимо учитывать Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением», утверждённых Ростехнадзором. В Правилах изложены обязательные нормы, которым должны удовлетворять изготавливаемые сосуды и аппараты, а также требования по установке сосудов и обеспечению безопасности их эксплуатации.

Аппараты, на которые распространяются такие правила, должны быть до пуска в работу зарегистрированы в органах Ростехнадзора. Регистрации в органах Ростехнадзора не подлежат:

1) сосуды вместимостью не более $0,025 \text{ м}^3$, независимо от давления, используемые для научно-экспериментальных целей;

2) сосуды и баллоны вместимостью не более $0,025 \text{ м}^3$, у которых произведение давления (в МПа) на объём (в м^3) не превышает 0,02;

3) сосуды, работающие под давлением, создающимся при взрыве внутри сосуда в соответствии с технологическим процессом;

4) сосуды из неметаллических материалов;

5) аппараты воздушного охлаждения, применяемые в качестве конденсаторов и холодильников;

6) приборы парового и водяного отопления;

7) трубчатые печи;

8) части машин, не представляющие собой самостоятельных сосудов (корпуса насосов или турбин, цилиндры двигателей паровых, гидравлических, воздушных машин и компрессоров), промежуточные холодильники и масловлагодотделители компрессорных установок, воздушные колпаки насосов.

На колонные аппараты под атмосферным давлением правила Ростехнадзора не распространяются.

Согласно нормативному документу, утверждённому Ростехнадзором, гидравлическое испытание цилиндрических, конических, шаровых и других сосудов и аппаратов производится на заводе-изготовителе пробным давлением, указанным в табл. 4.2.

Гидравлическое испытание вертикально устанавливаемых сосудов допускается проводить в горизонтальном положении при условии обеспечения прочности корпуса сосуда, для чего расчет на прочность должен быть выполнен разработчиком проекта сосуда с учетом принятого способа опирания в процессе гидравлического испытания. При этом пробное давление следует принимать с учетом гидростатического давления, действующего на сосуд в процессе его эксплуатации.

В комбинированных сосудах с двумя и более рабочими полостями на разные давления каждая полость должна подвергаться гидравлическому испытанию пробным давлением, определяемым в зависимости от расчётного давления полости.

Порядок проведения испытания должен быть оговорен в техническом проекте.

Таблица 4.2. Пробные давления в химических аппаратах (МПа)

Сосуд, аппарат	Пробное давление $P_{пр}$
Все, кроме литых	$1,25P_R \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_t}$
Литые	$1,5P_R \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_t}$
Из неметаллических материалов с ударной вязкостью более 20 Дж/см	$1,3P_R \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_t}$
Из неметаллических материалов с ударной вязкостью 20 Дж/см и менее	$1,6P_R \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_t}$
Металлопластиковые	$[1,25K_m + \alpha(1 - K_m)]P_R \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_t}$

Примечания:

1. P_R – расчётное давление сосуда, МПа.
2. $[\sigma]_{20}$ – допускаемое напряжение для материала сосуда (его элементов) при температуре 20 °С.
3. $[\sigma]_t$ – допускаемое напряжение для материала сосуда и его элементов при рабочей температуре.
4. Отношение $[\sigma]_{20}/[\sigma]_t$ принимается для материала, применяемого в аппарате, для которого оно является наименьшим (обечайки, днища, патрубки, аппаратные фланцы и их крепёжные детали и др.).
5. K_m – отношение массы металлоконструкции к общей массе сосуда.
6. α – коэффициент, учитывающий ударную вязкость материала (более 20 Дж/см – 1,3; 20 Дж/см и менее – 1,6).

4.2.3. Главное изображение изделия на чертеже общего вида

Изделие обычно располагают в рабочем положении. Если рабочее положение изделия может быть любым, то главное изображение выбирают так, чтобы выбранное положение было удобно при сборке и давало наиболее полное представление о конструкции изделия.

Главное изображение обычно выполняют как фронтальный или сложный разрез, или (при симметричной конструкции) соединяя половину главного вида и половину фронтального разреза.

4.2.4. Основные изображения изделия на чертеже общего вида

Состав других изображений определяют в зависимости от особенностей конструкции изделия и формы его деталей. Количество изображений

должно быть наименьшим, но достаточным, чтобы давать полное представление о конструкции изделия в целом, взаимодействии его составных частей, о конструкции и технических формах всех деталей и сборочных единиц.

Основные изображения изделия располагают в проекционной связи относительно главного. В отдельных случаях, для более рационального использования поля чертежа, часть их помещают на свободном поле и отмечают соответствующими надписями, указывающими направление взгляда.

Основными изображениями изделия на чертеже общего вида могут быть как виды изделия, так и разрезы плоскостями, параллельными основным плоскостям проекций, или сложные разрезы. Как правило, это делают при несимметричном характере изображений в тех случаях, когда разрез дает более исчерпывающую информацию об изделии, чем вид. Вид на изделие (если он необходим) в этом случае располагают на свободном поле чертежа.

Отдельные изображения могут быть даны в уменьшенном, по сравнению с главным изображением, масштабе, если форма изображаемых элементов простая и «чтение» их этим не затрудняется.

Мелкие конструктивные элементы, используя дополнительные виды, сечения или выносные элементы, выполняют в увеличенном масштабе.

На чертеже общего вида допускается помещать изображение соседних изделий, сопрягаемых с конструируемым («обстановку»). Линии «обстановки» – тонкие линии контура отсутствующего изделия. Составные части изделия, расположенные за «обстановкой», изображают как видимые. Предметы «обстановки» выполняют упрощенно, приводя лишь необходимые данные для определения места установки, методов присоединения и крепления изделия. В разрезах и сечениях «обстановку» допускается не штриховать. Наименование или обозначение изделий, составляющих «обстановку», если это необходимо указать на чертеже, помещают непосредственно на ее изображении или на поле линии-выноски, проведенной от соответствующего изображения.

Такие детали, как винты, болты, шпильки, заклепки, штифты, шпонки, непустотелые валы, оси, рукоятки, штоки и т. п., при продольном разрезе показывают нерассеченными и не штрихуют. Если в этих деталях имеются отверстия, пазы и тому подобные элементы, то на чертежах их показывают с помощью местных разрезов. Шарики всегда показывают нерассеченными.

Как правило, показывают нерассеченными на чертежах общего вида гайки и шайбы.

4.2.5. Нанесение размеров

На чертежах общего вида наносят габаритные, установочные и присоединительные размеры.

Габаритные размеры определяют расстояние между точками очерта-ния изделия по трем координатным направлениям. При наличии в изделии перемещающихся деталей габаритные размеры указывают для двух край-них положений этих деталей и проставляют по типу 90... 110.

Установочные размеры определяют координаты и размеры элемен-тов или составных частей изделия, с помощью которых данное изделие крепится к фундаменту, перекрытию или опорной металлоконструкции.

Присоединительные размеры определяют координаты и размеры элементов или составных частей изделия, с помощью которых к данному изделию присоединяют другие изделия, работающие с ним в комплексе.

4.2.6. Нанесение номеров позиций

Номера позиций деталей, материалов или сборочных единиц, вхо-дящих в изделие, указывают на полках линий-выносок, проводимых от соответствующих деталей, материалов или сборочных единиц.

Линии-выноски и полки на чертежах выполняют сплошной тонкой линией толщиной $s/2$ (где s – толщина основной линии). Длина полок 6...8 мм.

Линию-выноску заканчивают точкой на изображении соответст-вующей ей составной части устройства. Если размер или характер изо-бражения составной части устройства не позволяет закончить линию-выноску точкой, то ее заканчивают стрелкой, упирающейся в изображение этой составной части. Например, стрелками заканчивают линии-выноски на изображениях пружин с малым (менее 2 мм) поперечным сечением витков; на изображениях тонких прокладок и некоторых деталей, изготов-ляемых из тонких листовых материалов (толщиной на чертеже менее 2 мм); на изображениях мелких винтов, штифтов, шайб, гнезд, пистонов, проводов и т. п.

Линии-выноски по возможности не должны пересекаться с размер-ными и выносными, что обеспечивается при коротких выносных линиях и оптимальной группировке позиций.

Линии-выноски при пересечении заштрихованных участков изобра-жений (разрезов, сечений) должны быть не параллельны линиям штри-ховки.

Номера позиций указывают на тех изображениях, на которых соот-ветствующие составные части устройства проецируются как видимые,

– как правило, на основных видах и разрезах.

Номера позиций располагают параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируют их в колонку или строчку по возможности на одной линии и как можно ближе к изображению.

На чертеже общего вида по возможности группируют расположение полочек линий-выносок позиций тех деталей, которые в конструкции сборочной единицы взаимосвязаны общим функциональным назначением или условиями совместной сборки и разборки (например, болт с гайкой и шайбой).

Позиции для сборочных единиц, входящих в состав устройства, указывают отдельно от изображения их основных деталей.

Деталям и материалам, входящим в состав сборочных единиц устройства, номера позиций на чертеже общего вида не присваивают (если этого не требуют особые пояснения принципа действия изделия). Такие детали и материалы учитывают в спецификациях соответствующих сборочных единиц.

Нумерацию деталей устройства начинают с его основной детали (корпуса, основания, станины и т. п.).

Номер позиции, как правило, наносят на чертеж один раз. Если в устройстве содержится несколько одинаковых деталей, то линейно-выносковой и номером позиции отмечают только одну из них, а количество таких деталей указывают в таблице составных частей устройства в соответствующей графе.

Допускается повторно указывать номера позиций одинаковых составных частей (например, одинаковых болтов, винтов, гаек, штифтов, кнопок, рукояток и т. п.). В этом случае все повторяющиеся номера позиций выделяют двойной полкой.

Допускается делать общую линию-выноску с вертикальным расположением номеров позиций для группы крепежных деталей, относящихся к одному и тому же месту крепления. В этих случаях линию-выноску проводят от изображения составной части, номер которой указывают первым.

Шрифт номеров позиций должен быть на один-два размера больше шрифта, принятого для размерных чисел на том же чертеже.

4.2.7. Допускаемые упрощения на чертеже общего вида

На учебных чертежах обычно не применяют упрощенные, а тем более условные изображения крепежных деталей. Допускается их использовать лишь в тех случаях, когда диаметры стержней в масштабе чертежа менее 3 мм.

Разрешается шлицы на головках крепежных деталей при ширине их

менее 1 мм изображать одной сплошной линией: на одном виде – по оси крепежных деталей, на другом – под углом 45° к рамке чертежа или под углом 45° к центральной линии, когда последняя наклонена к рамке чертежа под углом, близким к 45° .

На изображениях резьбовых соединений разрешается не показывать разность между глубиной отверстия под резьбу и длиной резьбы.

Стенки частей изделия в разрезе обозначают одной сплошной линией (без штриховки), если толщина ее в масштабе чертежа не превышает 1 мм. Допускается показывать стенку двумя линиями со штриховкой при условно увеличенном масштабе ее толщины.

Если чертеж общего вида содержит ряд однотипных элементов (например, ряд одинаковых отверстий или винтовых, болтовых, заклепочных и тому подобных соединений), то на всех изображениях чертежа общего вида, содержащих однотипные элементы, последние целесообразно показывать полностью, независимо от их числа.

Номера позиций для повторяющихся однотипных соединений наносят один раз для каждой группы одинаковых по типу и размерам соединений.

Допускается не показывать фаски на стержнях с резьбой и в отверстиях с резьбой.

Допускается не показывать крышки, кожухи, экраны, рукоятки и другие детали, загораживающие закрытые ими составные части изделия. При этом над изображением делают соответствующую надпись, например:

Крышка не показана или *Крышка поз. 3 не показана.*

Если в таких случаях технические формы этих деталей на других изображениях устройства выявлены не полностью, то чертеж общего вида дополняют соответствующими видами на отсутствующие изображения этих деталей, которые сопровождают надписями:

Вид 7, дет. 3.

5. ОРГАНИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ НАД ПРОЕКТИРОВАНИЕМ

Работу над курсовым проектом студент начинает с момента выдачи и оформления задания. Тема задания выбирается преподавателем – ответственным за организацию курсового проектирования на кафедре ТОТС из перечня, представленного в прил. 5.

Работа над проектом осуществляется согласно календарному плану работы, определяющему очередность и сроки выполнения отдельных этапов.

Студенты в период проектирования обязаны посещать консультации по проектированию не реже одного раза в неделю.

Кафедрой ТОТС с целью усиления контроля над работой студентов устанавливается несколько контрольных сроков, во время которых определяется степень готовности курсового проекта.

Законченный курсовой проект, подписанный студентом, представляется руководителю. После просмотра и одобрения руководитель подписывает чертежи и пояснительную записку, после чего курсовой проект утверждается заведующим кафедрой ТОТС.

6. ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Защита курсового проекта проводится в сроки, предусмотренные учебным планом. К защите студент представляет пояснительную записку и чертежи, подписанные руководителем проекта и утвержденные заведующим кафедрой. Для приема защит проектов организуется кафедральная комиссия в составе двух–трех преподавателей.

В начале защиты студент делает доклад о выполненной им работе.

Доклад должен содержать:

- тему курсового проекта;
- сведения о разработанной конструкции машины (аппарата): назначение ее в данном производстве, устройство и принцип работы, используемые конструкционные материалы;
- сведения о выполненных технологических, кинематических, энергетических и прочностных расчетах;
- выводы по проекту.

После доклада студенту задаются вопросы по проектно-конструкторским решениям, выбору конструкционных материалов, выполненным расчетам машины (аппарата).

При оценке проекта учитываются обоснованность и качество конструкторских разработок и расчетов, правильность и аккуратность выполнения чертежей, аккуратность оформления пояснительной записки, правильность и четкость ответов на заданные вопросы.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Общая по технологическому оборудованию

1. Машины и аппараты химических производств: учебное пособие для вузов / А.С.Тимонин [и др.]; под общей редакцией А.С.Тимонина. – Калуга: Изд-во Н.Ф. Федоровой, 2008. –872 с.
2. **Поникаров, И.И.** Машины и аппараты химических производств и нефтегазопереработки: учебник для вузов / И.И. Поникаров, М.Г. Гайнуллин. – М.: Альфа-М, 2006. – 608 с.
3. **Поникаров, И.И.** Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки (примеры и задачи): учеб. пособие для вузов / И.И. Поникаров, С.И. Поникаров, С.В. Рачковский. – М.: Альфа–М, 2008. – 720 с.
4. Машиностроение: энциклопедия: в 16 т. Т. IV–12: Машины и аппараты химических и нефтехимических производств / М.Б. Генералов [и др.]; под общ. ред. М.Б. Генералова. – М.: Машиностроение, 2004. –832 с.
5. **Касаткин, А.Г.** Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов / А.Г.Касаткин. – М.: Альянс, 2005. – 753 с.
6. **Гельперин, Н.И.** Основные процессы и аппараты химической технологии: учеб. пособие для вузов: в 2 кн. / Н.И. Гельперин. – М.: Химия, 1981. Кн.1 – 384 с.; Кн. 2 – 428 с.
7. Процессы и аппараты химической промышленности: учебник для техникумов /Под ред. П.Г. Романкова. – Л.: Химия, 1989. – 560 с.
8. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию: учеб. пособие для вузов / Под ред. Ю.И. Дытнерского. – 4-е изд.; стереотип., перепечатка с изд-я 1991 г. – М.: Альянс, 2008. – 494 с.
9. **Дытнерский, Ю.И.** Процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов: в 2 кн. Ч. 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты / Ю.И. Дытнерский. – М.: Химия, 1995. – 400 с.
10. **Дытнерский, Ю.И.** Процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов: в 2 кн. Ч. 2. Массообменные процессы и аппараты / Ю.И. Дытнерский. – М.: Химия, 1995. – 368 с.
11. **Генкин, А.Э.** Оборудование химических заводов: учеб. пособие для техникумов / А.Э. Генкин. – М.: Высш. шк., 1986. – 279 с.
12. Машины и аппараты химических производств: учебник для вузов / И.И. Чернобыльский [и др.]; под ред. И.И. Чернобыльского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1975. – 456 с.
13. **Альперт, Л.З.** Основы проектирования химических установок: учеб. пособие для техникумов / Л.З. Альперт. – М.: Высш. шк., 1982. – 324 с.
14. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: учеб. пособие для вузов: в 5 т. Т. 1. Основы теории процессов химической технологии / Д.А. Баранов [и др.]; под ред. А.М. Кутепова. – М.: Логос, 2000. – 480 с.
15. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: учеб. пособие для вузов: в 5 т. Т. 2. Основы теории процессов химической технологии / Д.А. Баранов [и др.];

под ред. А.М. Кутепова. – М.: Логос, 2000. – 600 с.

16. **Ульянов, В.М.** Технологические расчеты машин и аппаратов химических и нефтеперерабатывающих производств: примеры и задачи: учеб. пособие для вузов / В.М. Ульянов, А.А. Сидягин, В.А. Диков; под общ. ред. В.М. Ульянова; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева – Н. Новгород, 2015. – 631 с.
17. **Ульянов, В.М.** Машины и аппараты предприятий основной химии. Оборудование для тепловых, массообменных и химических процессов: учеб. пособие для вузов / В.М. Ульянов, А.А. Сидягин; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2019. – 251 с.
18. **Ульянов, В.М.** Машины и аппараты предприятий основной химии. Оборудование для механических, гидромеханических и теплообменных процессов: учеб. пособие для вузов / В.М. Ульянов, В.А. Диков; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2019. – 360 с.
19. Машины и аппараты химических производств: примеры и задачи: учеб. пособие для вузов / И.В. Доманский [и др.]; под общ. ред. В.Н. Соколова. – Л.: Машиностроение, 1982. – 384 с.
20. Конструирование и расчет машин химических производств: учебник для вузов / О.И. Гусев [и др.]; под ред. Э.Э. Кольмана-Иванова. – М.: Машиностроение, 1985. – 408 с.
21. Машины химических производств: атлас конструкций: уч. пособие для вузов / Под ред. Э.Э. Кольмана-Иванова. – М.: Машиностроение, 1981. – 118 с.
22. **Вихман, Г.Л.** Основы конструирования аппаратов и машин нефтеперерабатывающих заводов: учебник для вузов / Г.Л. Вихман, С.А. Круглов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1978. – 328с.
23. **Криворот, А.С.** Конструкция и основы проектирования машин и аппаратов химической промышленности: учеб. пособие для техникумов / А.С. Криворот. – М.: Машиностроение, 1976. – 376 с.
24. **Плановский, А.Н.** Аппаратура промышленности органических полупродуктов и красителей: учеб. пособие для вузов / А.Н. Плановский, Д.А. Гуревич. – М.: Химия, 1961. – 504с.
25. **Плановский, А.Н.** Процессы и аппараты химической технологии: учебник для техникумов / А.Н. Плановский, В.М. Рамм, С.З. Каган. – 5-е изд. – М.: Химия, 1968. – 848 с.
26. **Макаров, Ю.И.** Технологическое оборудование химических и нефтеперерабатывающих заводов: учебник для техникумов / Ю.И. Макаров, А.Э. Генкин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1976. – 368 с.
27. **Козулин, Н.А.** Оборудование заводов лакокрасочной промышленности / Н.А. Козулин, И.А. Горловский. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1968. – 588 с.
28. **Кольман-Иванов, Э.Э.** Машины-автоматы и автоматические линии химических производств / Э.Э. Кольман-Иванов, Ю.И. Гусев. – М.: МГУИЭ, 2003. – 496 с.
29. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: примеры и задачи: учеб. пособие для вузов / М.Ф. Михалев [и др.]; под общ. ред. М.Ф. Михалева. – М.: Машиностроение, 1984. – 301 с.
30. **Фарамазов, С.А.** Оборудование нефтеперерабатывающих заводов и его эксплуатация: учеб. пособие для техникумов / С.А. Фарамазов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1984. – 328 с.

Машины и аппараты для гидромеханических процессов

31. **Жужиков, В.А.** Фильтрование. Теория и практика разделения суспензий / В.А. Жужиков. – М.: Химия, 1980. – 397 с.
32. Фильтры для жидкостей: каталог. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1974. – 246 с.
33. **Васильцов, Э.А.** Аппараты для перемешивания жидких сред / Э.А. Васильцов, В.Г. Ушаков. – Л.: Машиностроение, 1979. – 272 с.
34. **Штербачек, З.** Перемешивание в химической промышленности / З. Штербачек, П. Тауск. – Л.: Госхимиздат, 1963. – 416 с.
35. Очистка промышленных газов от пыли / В.Н. Ужов [и др.]. – М.: Химия, 1981. – 237 с.
36. Газоочистное оборудование. Циклоны: каталог. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1977. – 21 с.
37. Вихревые аппараты / А.Д. Суслов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1985. – 251 с.
38. **Соколов, В.И.** Центрифугирование / В.И. Соколов. – М.: Химия, 1976. – 408 с.
39. **Шкоропад, Д.Е.** Центрифуги для химических производств / Д.Е. Шкоропад. – М.: Машиностроение, 1975. – 248 с.
40. **Шкоропад, Д.Е.** Центрифуги и сепараторы для химических производств / Д.Е. Шкоропад, О.П. Новиков. – М.: Химия, 1987. – 256 с.
41. **Лукьяненко, В.М.** Промышленные центрифуги / В.М. Лукьяненко, А.В. Таранец. – М.: Химия, 1974. – 375 с.
42. Промышленные центрифуги: каталог. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1986. – 111 с.
43. **Романков, П.Г.** Жидкостные сепараторы / П.Г. Романков, С.А. Плюшкин. – Л.: Машиностроение, 1976. – 296 с.
44. Промышленные жидкостные сепараторы: каталог. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1984. – 132 с.
45. **Терновский, И.Г.** Гидроциклонирование / И.Г. Терновский, А.И. Кутепов. – М.: Наука, 1994. – 350 с.
46. **Шестов, Р.И.** Гидроциклоны / Р.И. Шестов. – М.: Машиностроение, 1967. – 92 с.
47. **Поваров, А.И.** Гидроциклоны на обогатительных фабриках / А.И. Поваров. – М.: Недра, 1978. – 232 с.
48. **Скирдов, И.В.** Очистка сточных вод в гидроциклонах / И.В. Скирдов, В.Т. Пономарев. – М.: Стройиздат, 1975. – 176 с.
49. **Мустафаев, Н.М.** Гидроциклоны в нефтедобывающей промышленности / Н.М. Мустафаев, Б.М. Гутман. – М.: Недра, 1981. – 260 с.
50. **Сандуляк, А.В.** Магнитно-фильтрационная очистка жидкостей и газов / А.В. Сандуляк. – М.: Химия, 1988. – 136 с.
51. **Романков, П.Г.** Гидромеханические процессы химической технологии / П.Г. Романков, М.И. Курочкина. – Л.: Химия, 1974. – 288с.

Аппараты для тепловых процессов

52. **Барановский, Н.В.** Пластинчатые и спиральные теплообменники / Н.В. Барановский, Л.М. Коваленко, А.В. Ястребенецкий. – М.: Машиностроение, 1973. – 288 с.
53. **Воронин, Г.И.** Эффективные теплообменники / Г.И. Воронин, Е.В. Дубовицкий. – М.: Машиностроение, 1973. – 95 с.

54. **Бажан, П.И.** Справочник по теплообменным аппаратам / П.И. Бажан, Г.Е. Каневец. – М.: Машиностроение, 1987. – 336 с.
55. **Рахмилевич, Р.З.** Расчет и конструирование кожухотрубчатой теплообменной аппаратуры / Р.З. Рахмилевич. – М.: Машиностроение, 1979. – 317 с.
56. **Ильин, В.Г.** Теплообменные аппараты из графита / В.Г. Ильин. – М.: Машиностроение, 1965. – 244 с.
57. Теплообменные аппараты холодильных установок / Под ред. Г.Н. Даниловой. – М.: Машиностроение, 1986. – 303 с.
58. Пластинчатые теплообменники: каталог. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1974. – 61 с.

Аппараты для массообменных процессов

59. **Александров, И.А.** Ректификационные и абсорбционные аппараты / И.А. Александров. – М.: Химия, 1978. – 296 с.
60. **Стабников, В.Н.** Ректификационные аппараты. Расчет и конструирование / В.Н. Стабников. – М.: Машиностроение, 1965. – 356 с.
61. Пленочная тепло- и массообменная аппаратура / В.И. Олевский [и др.]. – М.: Химия, 1988. – 240 с.
62. **Заминян, А.А.** Абсорберы с псевдооживленной насадкой / А.А. Заминян, В.М. Рамм. – М.: Химия, 1980. – 184 с.
63. **Рамм, В. М.** Абсорбция газов / В.М. Рамм. – М.: Химия, 1976. – 656 с.
64. **Холланд, И.** Многокомпонентная ректификация / И. Холланд. – М.: Химия, 1969. – 348 с.
65. **Сийрде, Э.К.** Дистилляция / Э.К. Сийрде, Э.Н. Теаро, В.Я. Миккал. – Л.: Химия, 1971. – 216 с.
66. **Кельцев, Н.В.** Основы адсорбционной техники / Н.В. Кельцев. – М.: Химия, 1984. – 592 с.
67. **Серпионова, Е.Н.** Промышленная адсорбция газов и паров: учеб. пособие для вузов / Е.Н. Серпионова. – М.: Высш. шк., 1969. – 414 с.
68. **Трейбал, Р.** Жидкостная экстракция / Р. Трейбал. – М.: Химия, 1966. – 724 с.
69. **Берестовой, А.И.** Жидкостные экстракторы (инженерные методы расчета) / А.И. Берестовой, И.Н. Белоглазов. – Л.: Химия, 1982. – 208 с.
70. Основы жидкостной экстракции / Г. А. Ягодин [и др.]. – М.: Химия, 1981. – 400 с.
71. **Белоглазов, И.Н.** Твердофазные экстракторы (инженерные методы расчета) / И.Н. Белоглазов. – Л.: Химия, 1985. – 240 с.
72. **Романков, П.Г.** Экстрагирование из твердых материалов / П.Г. Романков, М.Н. Курочкина. – Л.: Химия, 1983. – 256 с.
73. **Лыков, М.В.** Сушка в химической промышленности / М.В. Лыков. – М.: Химия, 1970. – 287 с.
74. **Плановский, А.Н.** Сушка дисперсных материалов в химической промышленности / А.Н. Плановский, В.И. Муштаев, В.М. Ульянов. – М.: Химия, 1979. – 288 с.
75. **Муштаев, В.И.** Сушка в условиях пневмотранспорта / В.И. Муштаев, В.М. Ульянов, А.С. Тимонин. – М.: Химия, 1984. – 230 с.
76. **Муштаев, В.И.** Сушка дисперсных материалов / В.И. Муштаев, В.М. Ульянов. – М.: Химия, 1988. – 352 с.
77. **Сажин, Б.С.** Основы техники сушки / Б.С. Сажин. – М.: Химия, 1984. – 319 с.
78. Сушильные аппараты и установки: каталог. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1983. – 55 с.

79. **Альдерс, Л.** Жидкостная экстракция / Л. Альдерс. – М.: Изд-во иностр. лит., 1962. – 258 с.

Химические реакторы

80. **Арис, Р.** Оптимальное проектирование химических реакторов / Р. Арис; под ред. В.В. Кафарова. – М.: Изд-во иностр. лит., 1963. – 238 с.
81. **Брайнес, Я.М.** Введение в теорию и расчеты химических и нефтехимических реакторов / Я.М. Брайнес. – М.: Химия, 1976. – 232 с.
82. **Смирнов, Н.Н.** Химические реакторы в примерах, задачах: уч. пособие для вузов / Н.Н. Смирнов, А.И. Волжинский. – Л.: Химия, 1986. – 224 с.
83. **Соколов, В.Н.** Газожидкостные реакторы / В.Н. Соколов. – Л.: Машиностроение, 1976. – 214 с.
84. **Смирнов, Н.Н.** Реакторы в химической промышленности: учеб. пособие для техникумов / Н.Н. Смирнов. – М.: Высш. шк., 1980. – 72 с.
85. **Ульянов, В.М.** Химические реакторы и печи: учеб. пособие для вузов / В.М. Ульянов; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Н.Новгород, 2006. – 202 с.

Конструирование и расчет на прочность

86. **Тимонин, А.С.** Основы конструирования и расчета технологического и природоохранного оборудования: справочник: в 2 т. Т. 1. / А.С. Тимонин. – Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2001. – 756 с.
87. **Лацинский, А.А.** Конструирование сварных химических аппаратов: справочник / А.А. Лацинский. – Л.: Машиностроение, 1981. – 382 с.
88. ГОСТ 34233.1-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования: издание официальное: дата введения 2018-08-01. – М.: Стандартинформ, 2018. – 36 с.
89. ГОСТ 34233.2-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек: издание официальное: дата введения 2018-08-01. – М.: Стандартинформ, 2018. – 58 с.
90. ГОСТ 34233.3-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Укрепление отверстий в обечайках и днищах при внутреннем и наружном давлении. Расчет на прочность обечаек и днищ при внешних статических нагрузках на штуцер: издание официальное: дата введения 2018-08-01. – М.: Стандартинформ, 2018. – 46 с.
91. ГОСТ 34233.4-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений: издание официальное: дата введения 2018-08-01. – М.: Стандартинформ, 2018. – 46 с.
92. ГОСТ 34233.5-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок: издание официальное: дата введения 2018-08-01. – М.: Стандартинформ, 2018. – 36 с.
93. ГОСТ 34233.6-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность при малоцикловых нагрузках: издание официальное: дата введения 2018-08-01. – М.: Стандартинформ, 2018. – 24 с.

94. ГОСТ 34233.7-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Теплообменные аппараты: издание официальное: дата введения 2018-08-01. – М.: Стандартиформ, 2018. – 58 с.
95. ГОСТ 34233.8-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Сосуды и аппараты с рубашками: издание официальное: дата введения 2018-08-01. – М.: Стандартиформ, 2018. – 33 с.
96. ГОСТ 34233.9-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Аппараты колонного типа: издание официальное: дата введения 2018-08-01. – М.: Стандартиформ, 2018. – 24 с.
97. ГОСТ 34233.10-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Сосуды и аппараты, работающие с сероводородными средами: издание официальное: дата введения 2018-08-01. – М.: Стандартиформ, 2018. – 12 с.
98. ГОСТ 34233.11-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Метод расчета на прочность обечаек и днищ с учетом смещения кромок сварных соединений, угловатости и некруглости обечаек: издание официальное: дата введения 2018-08-01. – М.: Стандартиформ, 2018. – 16 с.
99. ГОСТ 34233.12-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Требования к форме представления расчетов на прочность, выполняемых на ЭВМ: издание официальное: дата введения 2018-08-01. – М.: Стандартиформ, 2018. – 13 с.
100. ГОСТ 34283-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность при ветровых, сейсмических и других внешних нагрузках: издание официальное: дата введения 2012-06-01. – М.: Стандартиформ, 2012. – 28 с.
101. ГОСТ 34347-2017. Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия: издание официальное: дата введения 2018-08-01. – М.: Стандартиформ, 2018. – 32 с.
102. ГОСТ Р 54522-2011. Сосуды и аппараты высокого давления. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических обечаек, днищ, фланцев, крышек. Рекомендации по конструированию: издание официальное: дата введения 2012-06-01. – М.: Стандартиформ, 2012. – 28 с.
103. ГОСТ 26158-84. Сосуды и аппараты из цветных металлов. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования: издание официальное: дата введения 1985-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1984. – 10 с.

Конструкционные материалы

104. **Тимонин, А.С.** Основы конструирования и расчета технологического и природоохранного оборудования: справочник: в 2 т. Т. 1 / А.С. Тимонин. – Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2001. – 756 с.
105. **Анурьев, В.И.** Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. / В.И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 1992.
106. **Лацинский, А.А.** Основы конструирования и расчета химической аппаратуры / А.А. Лацинский, А.Р. Толчинский. – Л.: Машиностроение, 1970. – 652 с.
107. **Дятлов, В.Н.** Коррозионная стойкость металлов и сплавов: справочник / В.Н. Дятлов. – М.: Машиностроение, 1984. – 352 с.
108. **Воробьева, Г.Я.** Коррозионная стойкость материалов в агрессивных средах / Г.Я. Воробьева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1975. – 816 с.

109. **Журавлев, В.Н.** Машиностроительные стали: справочник / В.Н. Журавлев, О.М. Николаева. – М.: Машиностроение, 1981. – 391 с.
110. Справочник сталей и сплавов / Г.В. Сорокин [и др.]; под общ. ред. Г.В.Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
111. **Ульянин, Е.А.** Коррозионностойкие стали и сплавы: справочник / Е.А. Ульянин. – М.: Металлургия, 1991. – 256 с.
112. **Туфанов, Д.Г.** Коррозионная стойкость нержавеющей сталей, сплавов и чистых металлов: справочник / Д.Г. Туфанов. – М.: Металлургия, 1982.–352 с.
113. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений: справочник: в 2 т. / Под ред. А.А. Герасименко – М.: Машиностроение, 1987.

Методическая литература

114. СК-СТО1-У-37.3-11 Стандарт организации. Общие требования к оформлению пояснительных записок дипломных и курсовых проектов /НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н.Новгород, 2011. – 26 с.
115. **Попова, Г.Н.** Машиностроительное черчение: справочник / Г.Н. Попова, С.Ю. Алексеев. – СПб.: Политехника, 1999. – 453 с.
116. **Чекмарев, А.А.** Справочник по машиностроительному черчению /А.А. Чекмарев, В.К. Осипов. – М.: Высш. шк., 2001. – 493 с.
117. Стандарт организации. СМК-СТО-7.5-11.2-09-15. Положение о порядке проверки выпускных квалификационных работ на объем заимствования и их размещения в электронно-библиотечной системе НГТУ / НГТУ им. Р.Е.Алексеева. – Н.Новгород, 2015. – 14 с.
118. Положение о выпускной квалификационной работе по основным профессиональным образовательным программам НГТУ: методические указания/ НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н.Новгород: 2015. – 37 с.

Справочники, каталоги

119. **Анурьев, В.И.** Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. / В.И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 1992.
120. **Тимонин, А.С.** Основы конструирования и расчета технологического и природоохранного оборудования: справочник: в 3 т. / А.С. Тимонин. – Калуга: Изд-во Н.Бочкаревой, 2002.
121. **Тимонин, А.С.** Инженерно-экологический справочник: в 3 т. / А.С. Тимонин. – Калуга: Изд-во Н.Бочкаревой, 2003.
122. Краткий справочник конструктора нестандартного оборудования: в 2 т. / В.И. Бакуменко [и др.]; под общ. ред. В.И. Бакуменко. – М.: Машиностроение, 1997.
123. **Смирнов, Г.Г.** Конструирование безопасных аппаратов для химических и нефтеперерабатывающих производств: справочник / Г.Г. Смирнов, А.Р. Толчинский. – Л.: Машиностроение, 1988. – 303 с.
124. **Бредшнейдер, С.** Свойства газов и жидкостей: инженерные методы расчета / С. Бредшнейдер. – Л.: Химия, 1966. – 356 с.
125. **Варгафтик, Н.Б.** Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / Н.Б. Варгафтик. – М.: Наука, 1972. – 720 с.

126. **Викторов, М.М.** Графические расчеты в технологии неорганических веществ: графики и номограммы / М.М. Викторов. – Л.: Химия, 1972. – 464 с.
127. **Викторов, М.М.** Методы вычисления физико-химических величин и прикладные расчеты / М.М. Викторов. – Л.: Химия, 1977. – 360 с.
128. **Зайцев, И.Д.** Физико-химические свойства бинарных и многокомпонентных растворов неорганических веществ: справ. изд. / И.Д. Зайцев, Г.Г. Асеев. – М.: Химия, 1988. – 416 с.
129. **Карапетьянц, М.Х.** Основные термодинамические константы неорганических и органических веществ / М.Х. Карапетьянц, М.Л. Карапетьянц. – М.: Химия, 1968. – 470 с.
130. **Лашинский, А.А.** Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: справочник / А.А. Лашинский, А.Р. Толчинский. – Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.
131. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. – М.: Metallurgy, 1975. – 104 с.
132. Предохранительные мембраны: справ. пособие / В.И. Водяник, Н.Н. Малахов, В.Т. Полтавский. – М.: Химия, 1982. – 151 с.
133. **Рид, Р.** Свойства жидкостей и газов: справ. пособие / Р. Рид, Дж. Праусниц, Т. Шервуд.; под ред. Б.И. Соколова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1982. – 592 с.
134. Справочник химика: в 5 т. / Под ред. Б.Н. Никольского. – М.–Л.: Химия, 1966.
135. **Яворский, Б.М.** Справочник по физике для инженеров и студентов вузов / Б.М. Яворский, А.А. Детлаф. – 7-е изд., испр. – М.: Наука, 1979. – 943 с.
136. Газоочистное оборудование. Циклоны: каталог. – М.: ЦИНТИхим-нефтемаш, 1977. – 21 с.
137. Фильтры для жидкостей: каталог. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1974. – 246 с.
138. Промышленные центрифуги: каталог. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1986.–111 с.
139. Промышленные жидкостные сепараторы: каталог. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1984. – 132 с.
140. Сушильные аппараты и установки: каталог. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1983.–55 с.
141. Колонные аппараты: каталог. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1978. – 30 с.
142. Стандартные, кожухотрубчатые теплообменные аппараты общего назначения: каталог. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1978. – 14 с.
143. Пластинчатые теплообменники для химической и нефтяной промышленности: каталог. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1968. – 47 с.
144. Пластинчатые теплообменники: каталог. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1974 –61 с.
145. Роторные испарители: каталог. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, М., 1985.–15 с.
146. Стальные спиральные теплообменники: каталог. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1976. – 22 с.
147. Справочник по теплообменникам: в 2 т. / Под ред. Б.С. Петухова. – М.: Энергоиздат, 1987.
148. Компрессорные машины: каталог. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1987. – 192 с.
149. Центробежные горизонтальные и вертикальные химические насосы с проточной частью из металла: каталог. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1990. – 80 с.
150. Торцевые уплотнения для центробежных насосов: каталог. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1980. – 40 с.

151. Центробежные герметичные электронасосы: каталог. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1990. – 52 с.
152. Нефтяные центробежные насосы: каталог. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1980. – 52 с.
153. **Сидоров, М.Д.** Справочник по воздуходушным и газодушным машинам / М.Д. Сидоров. – М.:Машиностроение, 1972. – 260 с.
154. **Гуревич, Д.Ф.** Трубопроводная арматура: справочное пособие / Д.Ф. Гуревич. – Л.: Машиностроение, 1981. – 368с.
155. Промышленная трубопроводная арматура: каталог. Ч.1–4. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1990.
156. Промышленная трубопроводная арматура с электромагнитным приводом: каталог. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1980. – 64 с.
157. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1972.
158. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. / Под ред. А.Н. Малова. – М.: Машиностроение, 1972.
159. **Долматовский, Г.А.** Справочник технолога по обработке металлов резанием / Г.А. Долматовский. – М.: Машгиз, 1962.
160. Металлорежущие станки: каталог-справочник. – М.: НИИМАШ, 1972.
161. Металлорежущие станки / Н.С. Колев [и др.]. – М.: Машиностроение, 1980. – 500 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Обо- зна- чение	Наименование	Кол.	Проход условный D_y, мм	Давление условное P_y, МПа	
					20
					8
12	90	10	18		
148					

Таблица штуцеров

Обо- значе- ние	Наименование	Кол.	Проход условный D_y, мм	Давление условное P_y, МПа
Б	Выход легкой фазы	1	100	0,6
В	Выход тяжелой фазы	1	100	0,6
Г	Вход легкой фазы	1	100	0,6
Д	Вход тяжелой фазы	1	100	0,6
Е₁₋₄	Для уровнемера	4	25	0,6
Ж₁₋₃	Для отбора проб	3	20	0,6
З₁₋₃	Гильза для термометра	3	25	2,5
И₁₋₄	Люк	4	400	0,6
К₁₋₃	Вход пара	3	25	0,6
Л₁₋₃	Выход конденсата	3	25	0,6
М₁₋₁₄	Вывод тяги	12	50	0,6

Техническая характеристика

Наименование			Корпус	Рубашка*
Давление, МПа	рабочее			
	расчетное			
	пробное	гидравлическое в вертикальном положении		
		гидравлическое в горизонтальном положении		
Расчетная температура стенки, °С				
Характеристика рабочей среды	состав			
	температура, °С	минимальная		
		максимальная		
Срок службы, лет				
Число циклов нагружения за весь срок службы, не более				
Внутренний объем, м³				
Масса, кг: в рабочем состоянии, при гидроиспытании				
Габаритные размеры, мм				
185			← 40...50 →	← 40...50* →

***Приводится только на чертеже аппаратов с рубашкой**

Технические требования (для аппаратов)

1. Действительное расположение штуцеров, люков и других устройств – см. вид сверху, разрезы и сечения.
2. Изготовление, испытание и приемку аппарата производить согласно ГОСТ 34347-2017 «Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия».
3. Аппарат поставляется в полностью собранном виде.
4. Неуказанные предельные отклонения размеров по ГОСТ 30893.2-02 мм.
5. * Размеры для справок.
6. ** Диаметр вырезаемого отверстия уточнить по фактическому диаметру ввариваемого патрубка с учетом сварочного зазора.
7. Аппарат испытать гидравлическим давлением, указанным в технической характеристике.

Пример заполнения перечня составных частей изделия
к чертежу общего вида

185							
8		70		63		10	
15	Поз.	Обозначение	Наименование		Кол.	Примеч.	
8 min			<u>Заимствованные изделия</u>				
	1		Пробка		1		
			<u>Покупные изделия</u>				
	2		Болт М8х14 ГОСТ 7805-70		4		
	3		Кольцо 075-080-25-2-4				
			ГОСТ 9833-73		1		
	4		Кольцо 108-112-25-2-4				
			ГОСТ 9833-73		2		
	5		Манжета 85х110				
			ГОСТ 14896-84		1		
	6		Масленка 1.1.Ц6				
			ГОСТ 19853-74		1		
		<u>Вновь разрабатываемые изделия</u>					
7	КП-НГТУ-МХХТМО-005	Корпус цилиндра		1			
8	КП-НГТУ-МХХТМО-006	Плунжер		1			
9	КП-НГТУ-МХХТМО-007	Крышка цилиндра		1			
10	КП-НГТУ-МХХТМО-008	Кольцо подманжетное		1			
11	КП-НГТУ-МХХТМО-009	Кольцо плунжера		1			
12	КП-НГТУ-МХХТМО-010	Шайба		1			

ЗАДАНИЯ

на курсовое проектирование по дисциплине
«Машины и аппараты предприятий основной химии»

1. Рассчитать и спроектировать конструкцию осадительной шнековой центрифуги по исходным данным, приведенным в табл. П.5.1.

Таблица П.5.1. Исходные данные для расчета центрифуги

Номер варианта	Суспензия	V , м ³ /ч	x_c , %	w , %	t , °С	δ_{50} , мкм	σ	ψ	ρ_T , кг/м ³	C_{ϕ} , мг/л
1	Поливинилхлорид (ПВХ) – вода	22	24	25	75	120	1,60	0,80	1300	30
2	Акриловый сополимер – вода	8	20	18	50	300	1,90	0,90	1100	60
3	Полистирол– вода	18	20	20	30	200	2,08	0,75	1080	100
4	Полиметилметакрилат– вода	10	12	15	40	400	2,05	0,88	1180	80
5	Керамика– вода	25	16	20	20	80	2,15	0,58	2200	20
6	Сульфат меди (CuSO ₄) – маточный раствор	6	21	16	60	90	2,50	1,64	3600	40
7	Нитрат калия (KNO ₃) – маточный раствор	5	18	22	35	130	2,20	0,73	2100	55
8	Сульфат калия (K ₂ SO ₄) – маточный раствор	4	15	26	40	150	1,95	0,60	2660	50
9	Хлорид аммония (NH ₄ Cl) – маточный раствор	12	20	24	25	170	1,70	0,70	1530	50
10	Полиэтилен– гексан	7	25	12	20	230	1,80	0,82	950	30

Примечания: V – производительность по разделяемой суспензии; x_c – содержание твердой фазы в суспензии; w – влажность осадка; t – температура; δ_{50} – среднемассовый размер части твердой фазы; σ – дисперсия распределения частиц по размерам; ψ – фактор формы частиц; ρ_T – плотность частиц твердой фазы; C_{ϕ} – допустимая концентрация частиц твердой фазы в фугате.

2. Рассчитать и спроектировать кожухотрубчатый теплообменник по исходным данным, приведенным в табл. П.5.2.

Таблица П.5.2. Исходные данные для расчета кожухотрубчатого теплообменника

Номер варианта	Назначение теплообменника	Рабочая среда	G , т/ч	P , МПа	t_H , °С	t_K , °С	Вид теплоносителя (хладоагента)
1	Нагреватель	Бензол	25	0,6	25	130	Жидкость
2	Нагреватель	Метан	18	2,5	100	400	Газ
3	Нагреватель	Глицерин	9	0,1	20	140	Пар
4	Испаритель	Циклогексан	10	0,15	-	-	Пар
5	Испаритель	Этанол	7	0,2	-	-	Жидкость
6	Холодильник	Анилин	4	0,30	150	30	Жидкость
7	Холодильник	Воздух	2	5,0	20	-40	Газ
8	Холодильник	Ацетон	8	0,2	-	-	Жидкость
9	Холодильник	Дихлорэтан	6	0,10	-	-	Газ

П р и м е ч а н и я: 1. G – производительность; P – давление рабочей среды (абс.); t_H , t_K – начальная и конечная температура рабочей среды. 2. Жидкость в испаритель поступает нагретой до температуры кипения при заданном давлении; пар в конденсатор поступает в условиях насыщения при заданном давлении. 3. Конкретно вид теплоносителя (хладоагента) и его параметры студент выбирает самостоятельно.

3. Рассчитать и спроектировать стандартизованный аппарат воздушного охлаждения для конденсации насыщенного пара и последующего охлаждения продукта по исходным данным, представленным в табл. П.5.3.

Таблица П.5.3. Исходные данные для расчета аппарата воздушного охлаждения

Номер варианта	$K_{ор}$	Рабочая среда	Место установки аппарата	G , т/ч	t_2 , °С	P , МПа
АВО-1	14,6	Бензол	Грозный	16	50	0,1
АВО-2	9,0	Толуол	Н.Новгород	20	80	0,18
АВО-3	14,6	Этиловый спирт	Москва	10	60	0,15
АВО-4	9,0	Этилацетат	Иркутск	18	50	0,16
АВО-5	14,6	Уксусная кислота	Уфа	24	60	0,22

Примечания: $K_{ор}$ – коэффициент оребрения; G – расход рабочей среды; t_2 – конечная температура рабочей среды; P – абсолютное давление рабочей среды.

4. Рассчитать и спроектировать стандартизованный выпарной аппарат по исходным данным, приведенным в табл. П.5.4.

Таблица П.5.4. Исходные данные для расчета выпарного аппарата

Номер варианта	Растворенное вещество	G_H , т/ч	x_H , %	x_K , %	t_H , °С	$P_{б.к.}$, кПа	$P_{г.п.}$, МПа	Тип/исполнение аппарата
1	NaCl	42	6	25	30	17	0,21	I/2
2	KCl	38	7	20	35	18	0,14	II/1
3	K ₂ CO ₃	20	10	40	20	20	0,22	II/2
4	NH ₄ NO ₃	18	8	50	25	22	0,25	III/1
5	Na ₂ CO ₃	30	5	25	40	21	0,23	III/2
6	KOH	15	9	4	42	15	0,20	IV
7	NaHCO ₃	25	2	10	20	16	0,15	V/1

Примечания: G_H – производительность по исходному раствору; x_H , x_K – начальная и конечная концентрация раствора; t_H – начальная температура раствора; $P_{б.к.}$ – давление в параметрическом конденсаторе; $P_{г.п.}$ – давление в греющего пара.

5. Рассчитать и спроектировать стандартизованную барабанную сушилку по исходным данным, приведенным в табл. П.Е.5.

Таблица П.Е.5. Исходные данные для расчета барабанной сушилки

Номер варианта	Высушиваемый материал	G_K , т/ч	w_0 , %	w_K , %	t_0 , °C	t_K , °C	ρ_M , кг/м ³	ρ_H , кг/м ³	$\delta_{ср}$, мм
1	Диаммофос	10	4	1,0	200	90	1850	1100	2,0
2	Нитрат аммония	20	4	0,3	110	55	2100	1250	1,0
3	Хлорид натрия	6	6	0,2	180	60	2160	1300	1,0
4	Хлорид бария	1	6	1,2	200	80	2350	1400	1,5
5	Сульфат аммония	5	5	0,4	120	60	1350	800	1,5
6	Нитрат калия	15	4	0,5	200	60	2250	1300	0,3
7	Сульфат меди	8	10	1,0	120	60	2500	1475	2,5

П р и м е ч а н и я: G_K – производительность по высушенному продукту; w_0 , w_K – начальная и конечная влажность материала (% на общую массу); t_0 , t_K – начальная и конечная температура сушильного воздуха; ρ_M – плотность частиц продукта; ρ_H – насыпная плотность материала; $\delta_{ср}$ – средний размер частиц продукта.

6. Рассчитать и спроектировать абсорбционную колонну для поглощения водой вещества, содержащегося в воздухе, по исходным данным, приведенным в табл. П.5.6.

Таблица П.5.6. Исходные данные для расчета абсорбционной колонны

Номер варианта	А	$V \cdot 10^{-3}$, м ³ /ч	P, МПа	t, °C	\bar{y}_H ,	\bar{x}_H ,	η , %	Вид и тип контактного устройства
					кг А кг смеси	кг А кг смеси		
1	Аммиак (NH ₃)	10	0,2	25	0,15	0,001	70	Тарелка ситчатая
2	Аммиак (NH ₃)	12	0,2	20	0,12	0	90	Насадка – кольца
3	Триоксид серы (SO ₃)	20	0,1	30	0,05	0	96	Тарелка колпачковая
4	Триоксид серы (SO ₃)	10	0,1	30	0,04	0,001	95	Насадка – кольца
5	Диоксид серы (SO ₂)	18	0,2	60	0,08	0	80	Тарелка клапанная
6	Диоксид серы (SO ₂)	15	0,3	20	0,08	0	80	Насадка – кольца
7	Хлористый водород (HCl)	8	0,4	40	0,10	0,002	90	Тарелка ситчатая
8	Хлористый водород (HCl)	11	0,5	30	0,10	0,002	92	Насадка – седла
9	Хлор (Cl ₂)	6	0,6	25	0,09	0	85	Тарелка провальная
10	Хлор (Cl ₂)	5	0,6	25	0,08	0	85	Насадка – седла
11	Ацетон	6	0,2	30	0,10	0,001	85	Насадка – седла
12	Ацетон	15	0,1	20	0,11	0,002	85	Тарелка клапанная

Примечания: А – наименование компонента, содержащегося в воздухе; V – расход воздуха; P – давление воздуха; t – температура газа и жидкости; \bar{y}_H , \bar{x}_H – начальные концентрации компонента А в газе и жидкости; η – степень извлечения.

7. Рассчитать и спроектировать ректификационную колонну по исходным данным, приведенным в табл. П.5.7.

Таблица П.5.7. Исходные данные для расчета ректификационной колонны

Номер варианта	Исходная бинарная смесь	G_F , кг/с	\bar{x}_F , %	\bar{x}_D , %	\bar{x}_W , %	$P_{г.п}$, МПа	$t_{в.н}$, °С	Вид и тип контактного устройства
1	Ацетон – вода	5,2	30	92	3,0	0,3	20	Тарелка колпачковая
2	Ацетон – вода	2,4	32	94	2,8	0,3	20	Насадка – седла
3	Бензол – толуол	6,2	35	94	2,5	0,25	20	Тарелка колпачковая
4	Бензол – толуол	2,2	30	93	3,0	0,35	20	Насадка – кольца
5	Уксусная кислота – вода	5,6	25	91	3,2	0,35	20	Тарелка колпачковая
6	Метиловый спирт – вода	2,6	28	95	3,0	0,4	22	Насадка – кольца
7	Метиловый спирт – вода	7,8	32	95	3,5	0,3	22	Тарелка ситчатая
8	Хлороформ – бензол	6,6	28	98	1,8	0,4	20	Тарелка колпачковая
9	Этиловый спирт – вода	2,9	36	92	4,0	0,35	20	Насадка – седла
10	Этиловый спирт – вода	7,2	30	90	4,0	0,35	21	Тарелка ситчатая
11	Ацетон – этиловый спирт	3,6	32	94	3,5	0,25	22	Насадка – седла
12	Ацетон – этиловый спирт	4,6	26	95	3,0	0,35	22	Тарелка колпачковая
13	Ацетон – бензол	3,2	30	93	3,8	0,3	20	Насадка – седла
14	Этиловый спирт – вода	3,0	28	95	3,7	0,4	22	Тарелка клапанная

П р и м е ч а н и я: 1. G_F – подача (питание) исходной смеси; \bar{x}_F , \bar{x}_D , \bar{x}_W – содержание низкокипящего компонента (кг нк/кг смеси); $P_{г.п}$ – давление (абс.) греющего пара в кипятильнике; $t_{в.н}$ – начальная температура охлаждающей воды в дефлегматоре. 2. Исходная смесь подается нагретой до температуры кипения. 3. Давление в колонне атмосферное.

8. Рассчитать и спроектировать емкостной реактор-котел по исходным данным, приведенным в табл. П.5.8.

Таблица П.5.8. Исходные данные для расчета реакторов

Номер варианта	Назначение реактора и уравнение химической реакции вида $aA+bB=cC+dD$	G , т/сут	x , %	k_A	k_B	x_A , % (масс)	x_B , % (масс)	t_p , °C	Данные кинетики τ , ч
1	Получение сульфата калия обменной реакцией: $2KCl=MgSO_4=K_2SO_4+VgCl_2$	14	70	1,05	1,08	30	35*	70	4
2	Получение сульфата алюминия реакцией сульфирования алюминогеля: $Al_2O_3+3H_2SO_4=Al_2(SO_4)_3+3H_2O$	12	93	1,04	1,06	15*	65	107	7
3	Получение нитронафталина нитрованием нафталина смесью концентрированных азотной и серной кислот (50:50): $C_{10}H_8+HNO_3+H_2SO_4 \rightarrow C_{10}H_7NO_2+H_2O$	4	90	1,0	2,0	100	50 к смеси с H_2SO_4	55	1
4	Получение перхлората аммония обменной реакцией: $NaClO_4+NH_4Cl=NH_4ClO_4+NaCl$	2	95	1,05	1,10	50	30	60	5
5	Получение сульфата бария обменной реакцией: $BaCl_2+Na_2SO_4=BaSO_4+2NaCl$	5	86	1,02	1,07	10	20	100	3,5

Номер варианта	Назначение реактора и уравнение химической реакции вида $aA+bB=cC+dD$	G , т/сут	x , %	k_A	k_B	x_A , % (масс)	x_B , % (масс)	t_p , °C	Данные кинетики τ , ч
6	Нейтрализация сернокислотных стоков щелочью с получением сульфата натрия: $H_2SO_4+2NaOH = Na_2SO_4+2H_2O$	7	98	1,0	1,05	5	20	80	1
7	Нейтрализация солянокислых стоков извещью с получением хлорида кальция: $2HCl+Ca(OH)_2 = CaCl_2+2H_2O$	6	92	1,0	1,08	6	18*	70	4
8	Получение нитробензола нитрованием бензола смесью концентрированных азотной и серной кислот (50:50): $C_6H_6+HNO_3 \xrightarrow{H_2SO_4} C_6H_5NO_2+H_2O$	10	97	1,0	1,2	100	50 к смеси с H_2SO_4	60	1
9	Получение метилакрилата прямой этерификацией акриловой кислоты метанолом (в присутствии H_2SO_4): $CH_2=CHCOOH+CH_3OH \xrightarrow{H_2SO_4} CH_2=CHCOOCH_3+H_2O$	2	85	1,0	1,1	100	50 к смеси с H_2SO_4	70	3
10	Получение сульфата алюминия реакцией сульфирования гидроксида алюминия: $2Al(OH)_3+3 H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3+6H_2O$	14	96	1,06	1,02	5*	65	100	3

Примечания: 1. G – производительность реактора; x – степень превращения сырья; k_A , k_B – коэффициент избытка веществ А и В; x_A , x_B – концентрация веществ А и В в водном растворе или суспензии; t_p – температура реакции (условия изо-термические); τ – время реакции.

2. Расчет выполнять из условия одного реактора в установке. 3. Индекс * при концентрации означает, что реагент находится в суспензии.