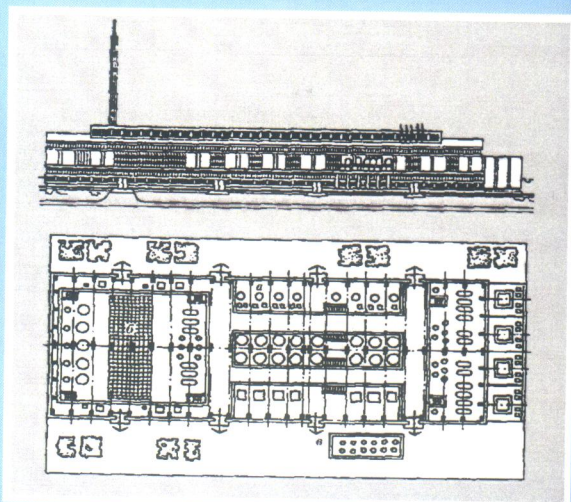


С.М. Жунусов

Основы проектирования и оборудования заводов



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. К.И. САТПАЕВА**

С.М. Жунусов

**ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
И ОБОРУДОВАНИЯ ЗАВОДОВ**

Рекомендовано Республиканским учебно-методическим
объединением в качестве учебного пособия

Алматы 2011

УДК 660:378 (075.8)

ББК 34.41я73

Ж 89

Ж89 Жунусов С.М. Основы проектирования и оборудования заводов:
Учебное пособие. – Алматы: КазНТУ, 2010. – 143 с.
Ил.- 39. Табл. – 4. Библиогр. – 48 назв.

ISBN 978-601-228-295-5

Основной целью учебного пособия является расширение знаний будущих специалистов в области проектирования химических предприятий, а также ознакомления применяемыми в этих производствах оборудованиями.

В первой главе пособия рассмотрены понятия о проекте, их виды, а также порядок разработки оформления проектов. Приводится перечень нормативно-технической документации используемой в проектировании. Рассматриваемые основные стадии архитектурно-строительного проектирования химических производств, включают разработку генеральных планов, выбор типа зданий и инженерных сооружений, складского хозяйства и общественно-административных центров. Кроме того рассмотрены вопросы специального проектирования, которые имеют важное значение при эксплуатации химических производств.

Вторая глава посвящена оборудованию используемому в неорганических производствах, их классификация, требования предъявляемые к ним. Дано описание основного и вспомогательного оборудования, подход к выбору и расчету машин и аппаратов, обозначения оборудования.

В конце глав приводятся контрольные вопросы, для закрепления знания студентов.

УДК 660:378 (075.8)

ББК 34.41я73

Рецензенты: *Т. С. Даулетбаков*, зав.каф.МЦМ, д-р техн. наук, проф.

У. Ж. Джусипбеков, зам.президента АО «ИХН», д-р техн. наук, проф.

М.К. Жекеев, зав.каф.ТПиА ЮКГУ, д-р техн. наук, проф.

С.В. Ефремова, Гл.уч.секр.РГП «НЦ КПМС РК», канд. техн. наук, доц.

Опубликовано по плану Министерства образования и науки республики Казахстан на 2011 г.

ISBN 978-601-228-295-5

@ Жунусов С.М., 2011

@ КазНТУ, 2011

ВВЕДЕНИЕ

Современные заводы представляют собой объекты различной сложности (цеха, инженерные сооружения и системы). Поэтому проектирование – необходимый, самостоятельный элемент в общем процессе создания и совершенствования промышленного производства, комплексно решающий многие инженерные проблемы, тесно связанные между собой, и их решение зависит от географических (точка строительства, расстояние перевозки сырья и продукции, климат), социальных (охрана труда и окружающей среды, жилищно-бытовые условия работников) и экономических факторов (капитальные затраты, себестоимость продукции, окупаемость и т. д.).

Создание нового производства – это длительный, дорогостоящий процесс. На разработку промышленного способа производства нового продукта или более совершенного метода получения известного продукта затрачивается труд коллективов исследователей, конструкторов, технологов, экономистов, строителей и требуется много средств и материалов.

Ведущая роль в разработке нового химического производства принадлежит бакалавр-химик-технологам, которые участвуют на всех ее стадиях от определения потребности и в каком-либо продукте до пуска и освоения производства.

На стадии проектирования промышленного объекта бакалавр-химик-технолог координирует работу многих подразделений проектной организации: он выдает исходные данные и составляет задания специалистам разного профиля – механикам, энергетикам, теплотехникам, строителям, экономистам и т. д.

Поэтому будущий бакалавр-химик-технолог должен иметь достаточно полное представление о предмете промышленного проектирования, знать состав проекта, основные стадии

архитектурно-строительного проектирования химических производств, включая разработку генеральных планов, выбор типа зданий и инженерных сооружений, складского хозяйства и общественно-административных центров. Кроме того, иметь представления о вопросах специального проектирования (отопление, вентиляция, условия противопожарной безопасности и др.), которые имеют важное значение при эксплуатации химических производств.

Изучение конструкции, принципов работы аппаратов и агрегатов, умение рассчитать детали аппаратов, выбрать их основные габаритные размеры, имеет определенное значение в формировании будущего специалиста.

Глава I ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

1 Общие принципы проектирования заводов

1.1 Понятия о проекте и методика проектирования [1–5]

Проектом называют комплекс технических документов, полностью характеризующее намеченное к строительству промышленное предприятие.

Строительство промышленных предприятий, отдельных зданий и сооружений осуществляют по проектам. Проекты, разрабатываемые для конкретных условий строительства, в определенном географическом районе называют **индивидуальными**, а проекты, предназначенные для многократного применения, называют **типовыми**.

Их разрабатывают по специальным заданиям, в которых оговариваются условия, на которые эти проекты рассчитаны. При использовании типовых проектов вносят изменения, учитывающие гидрогеологические и климатические условия района строительства, если эти условия отличаются от принятых в проекте. Работы по приспособлению типового проекта к конкретным условиям называют **привязкой** проекта.

Кроме типовых проектов промышленного комплекса или отдельных зданий и сооружений в строительстве применяют типовые чертежи элементов зданий и сооружений, конструкций и отдельных узлов и деталей. Эти чертежи используют как в индивидуальных, так и типовых проектах зданий и сооружений.

В отдельных случаях индивидуальные проекты используют повторно для строительства в условиях, сходных с теми, для которых проект разрабатывался. В этих случаях также требуется привязка проекта к местным условиям.

Проект в зависимости от сложности разрабатывают в одну или несколько стадий. Для проектов промышленных предприятий и отдельных зданий и сооружений установлены две стадии разработки – **технический проект** и рабочие чертежи, или одна

стадия – *техно-рабочий проект* (технический проект, совмещенный с рабочими чертежами) [1–2].

Современное промышленное предприятие представляет собой сложную организацию, структура и деятельность которой находятся в непосредственной зависимости от характера намеченного технологического процесса, объема производства, а также ассортимента и качества изготавливаемых полуфабрикатов и продукции.

Соответственно этому, при проектировании завода решаются экономические, технические и организационные задачи. Каждое техническое решение должно быть экономически обосновано и осуществлено при определенной организационной форме, поэтому эти три задачи должны решаться совместно и параллельно.

К *экономическим* задачам относятся: установление производственной программы предприятия, качества и ассортимента продукции, ее себестоимости; выяснение источников снабжения сырьем, материалами, полуфабрикатами, топливом, электроэнергией, водой; выбор и определение географического месторасположения предприятия; определение необходимых основных и оборотных средств и эффективности затрат; решение вопросов кооперирования со смежными производствами; выяснение вопросов потребности в жилищном и социально-бытовом строительстве и т. д.

В *технические* задачи входят: проектирование технологического процесса переработки сырья и полуфабрикатов; расчет количества основного и вспомогательного оборудования; определение потребного количества сырья, материалов и топлива; определение потребного количества и способа снабжения электроэнергией; разработка вопросов транспорта, связи, освещения, отопления, вентиляции, водоснабжения и канализации; определение необходимого количества рабочих для ведения технологического процесса; подсчет потребных производственных площадей, планировка цехов, вспомогательных зданий и их коммуникаций; разработка генерального плана; внутренняя планировка цехов и определение их размеров, выбор типов и

форм зданий; разработка мероприятий по технике безопасности и пожарной безопасности.

К *организационным* задачам относятся: разработка структуры управления заводом, его отделами и цехами; распределение функций между должностными лицами, решение вопросов по организации труда, техническому контролю, подготовке кадров, обслуживанию рабочих и созданию условий, обеспечивающих наиболее производительную работу во всех подразделениях завода [1–5].

Решение этих задач осуществляется обычно в два этапа.

На первом этапе производятся предпроектные работы, назначение которых – собрать исходные данные для выполнения проекта и провести необходимые исследования, устанавливающие пригодность сырья и намеченных способов его переработки для получения продукции заданного качества и ассортимента.

На втором этапе производится разработка проекта, которая, как правило, осуществляется на основе задания на проектирование. Такое задание обычно подготавливается планирующей или руководящей инстанцией на основе перспективного плана развития данной отрасли промышленности.

Задание на проектирование должно содержать:

- 1) указание района или пункта строительства;
- 2) характеристику продукции;
- 3) производительность предприятия в натуральном выражении по основным видам продукции;
- 4) данные по основному технологическому оборудованию;
- 5) характеристику источников снабжения предприятия сырьем, топливом, электроэнергией и водой, наличие производственных связей (кооперирование);
- 6) продолжительность строительства и очередность ввода в действие отдельных частей предприятия.

Кроме вышеуказанного, для разработки проекта необходимы следующие документы и данные, относящиеся к месту постройки завода:

- 1) ситуационный план района в масштабе не менее 1: 10000 с нанесением на него существующих путей сообщения

(водных, железнодорожных и шоссейных), магистралей (электрических, теплофикационных, газопроводных, водопроводных, канализационных, связи), культурно-бытовых учреждений и жилых поселков, имеющих в предполагаемом районе строительства промышленных предприятий;

2) план намеченного для строительства завода участка в масштабе не менее 1: 1000 с горизонталями через 0,5–1,0 м;

3) сведения, характеризующие участок застройки, а именно: данные о размерах, рельефе местности, характере слагающих его грунтов, возможности затопления от разлива рек, о наличии и глубине грунтовых вод на участке, о глубине промерзания грунтов, о направлении и силе ветров, о климатических условиях в районе застройки участка;

4) данные о сырьевой, энергетической и топливной базах, об источниках водо- и теплоснабжения, канализации и о спуске сточных производственных, и хозяйственных вод;

5) сведения о путях сообщения – водных, железнодорожных и шоссейных; о возможности ввода железнодорожной ветки на территорию завода и согласования с транспортным ведомством точки присоединения железнодорожного пути к магистральной железной дороге;

6) данные о ближайших населенных местах и возможном жилищном фонде:

7) данные о местных строительных материалах;

8) сведения о наличии рабочей силы;

9) данные о близлежащих промышленных предприятиях, с которыми может быть произведено кооперирование по снабжению сырьем, электроэнергией, газом, водой, подъездными железнодорожными путями, по совместному строительству подсобных помещений, жилых поселков и пр.

Все эти данные собираются специальными изыскательскими партиями. Этап подготовительных или предпроектных работ обычно заканчивается выбором и выделением площадки для строительства завода. Необходимо отметить, что для промышленных предприятий, эксплуатирующих местное минеральное сырье, этап предпроектных работ дополняется комплексом не-

обходимых исследований по сырьевой базе с целью определения ее пригодности для производства заданного ассортимента продукции.

На основании задания на проектирование, утвержденного соответствующей планирующей организацией, а также проведенных предпроектных работ начинается проектирование предприятия.

При возможности применения типовых проектов и решений или же повторного использования проектов ранее запроектированных аналогичных предприятий, получивших положительную технико-экономическую оценку, проектирование ведется в две стадии:

- проектное задание со сметно-финансовым расчетом;
- рабочие чертежи.

При проектировании предприятий с новыми, впервые осваиваемыми технологическими процессами или же экспериментальными процессами проектирование проводится в три стадии:

- проектное задание со сметно-финансовым расчетом;
- технический проект с генеральной сметой;
- рабочие чертежи.

В каждом отдельном случае число стадий проектирования устанавливается заданием на проектирование.

Проектирование объекта или его части (цеха, отделения и пр.) выполняется при взаимной увязке всех составных частей проекта: технологической, строительной, энергетической, транспортной, санитарно-технической и экономической.

Первая стадия проектирования (проектное задание) должна установить на основе проведенных экономических и технических обследований техническую возможность и экономическую целесообразность предполагаемого строительства объекта намеченной производительности в данном месте и в намеченные сроки.

В комплекс работ по составлению проектного задания входит выполнение необходимых обследований и изысканий, включая выбор площадки. В проектном задании должна быть обоснована правильность произведенного выбора площадки,

сырьевых баз, источников снабжения электроэнергией, топливом и водой, а также разработан генеральный план завода.

На основе подсчетов по укрупненным измерителям в проектном задании определяется стоимость строительства объекта и его основные технико-экономические показатели.

Разработанное проектное задание рассматривается отраслевым управлением, при этом привлекается определенный круг специалистов-экспертов. При необходимости в проектное задание вносятся изменения и уточнения.

Утвержденный при рассмотрении проектного задания сводный сметно-финансовый расчет, определяющий стоимость строительства (если проектирование ведется в две стадии), является основным документом, на основании которого производится финансирование строительства объекта.

В тех случаях, когда проектирование ведется в три стадии, основные технико-экономические показатели проектируемого объекта, утвержденные в проектном задании, являются контрольными для разработки *второй стадии* — технического проекта.

Технический проект разрабатывается на основе утвержденного проектного задания, а также дополнительных изыскательских и исследовательских работ, уточняющих отдельные части технологического процесса. Эта стадия проектирования дает полное комплексное решение вопросов по технологической, строительной, энергетической, санитарно-технической, транспортной, экономической и организационно-технической частям проекта.

Технический проект, как правило, содержит всю расчетную часть производственного процесса как основных, так и вспомогательных цехов, на основании которых производится выбор оборудования, определяется его количество и составляется спецификация для размещения заказа на его изготовление. В проекте разрабатывается планировка производственных цехов с размещением основного оборудования в планах и разрезах, дающая полное представление о запроектированном технологическом процессе и технической характеристике выбранного оборудования. Вспомогательные сооружения специального назначения

(энергетические, сантехнические и пр.) разрабатываются в объеме, позволяющем выдать заказ на основное оборудование для этих сооружений.

Технический проект является документом, на основании которого составляется генеральная смета стоимости строительства запроектированного предприятия и определяются его окончательные технико-экономические показатели.

Рабочие чертежи являются *последней* стадией проекта и разрабатываются на основе утвержденного проектного задания или технического проекта. Они включают окончательные и детальные чертежи и расчеты, согласно которым строится завод. К ним относятся:

1) общестроительные чертежи, чертежи специальных сооружений для установки оборудования (фундаменты, каналы, тоннели, спецопоры, обслуживающие площадки и пр.), установочные чертежи оборудования, чертежи нестандартного оборудования, чертежи подземных коммуникаций, чертежи конструкций и отдельных узлов зданий (бункеров, резервуаров, дымовых труб, печных камер и пр.);

2) чертежи для сооружения сетей энергетических, санитарно-технических, технологических трубопроводов и пр.; окончательно разработанный основной генплан предприятия и генплан для размещения спецсооружений, расположенных в отрыве от предприятия (карьеры, очистные и водозаборные сооружения, подстанции); подробно разработанные противопожарные мероприятия, а также мероприятия по технике безопасности.

Объем и содержание проектных материалов на каждой стадии проектирования регламентированы специальными инструкциями.

При комплексном проектировании предприятий ведущей проектной организацией является та, которая выполняет технологическую часть проекта, т. к. основой любой стадии проектирования являются технологические процессы. Последние должны разрабатываться с достаточной полнотой, позволяющей определять типы и количество оборудования, потребное количество материалов, топлива, всех видов энергии, численность рабо-

тающих, необходимые площади, типы и размеры зданий, характер и количество спецсооружений.

Ошибки или недостатки в разработке технологического процесса повлекут за собой неправильные решения остальных частей проекта, а, следовательно, отразятся и на общей технико-экономической эффективности строительства и дальнейшей работе предприятия.

При разработке проектов проектная организация должна руководствоваться действующими нормами и правилами по проектированию, каталогами типовых проектов и т. д. [1–3].

Эталон оформления проекта определяет его структуру, т. е. порядок расположения материалов проекта по разделам и подразделам, которые оформляются отдельными томами.

Примерный состав проекта завода включает:

Раздел 1. Общая пояснительная записка

Подраздел 1.1. Характеристика предприятия и основных проектных решений. Сводные данные по проекту

Подраздел 1.2. Генеральный план и транспорт

Подраздел 1.3. Техничко-экономические показатели

Раздел 2. Технологические решения

Подраздел 2.1. Технология и организация основного производства

Подраздел 2.2. Автоматизация производственных процессов

Подраздел 2.3. Ремонтные и административно-хозяйственные службы

Подраздел 2.4. Система теплоснабжения и энергетические установки

Подраздел 2.5. Электрооборудование. Система электро-снабжения

Подраздел 2.6. Системы водоснабжения и водоотведения

Подраздел 2.7. Управление предприятием. Связь и сигнализация

Раздел 3. Строительные решения

Подраздел 3.1. Архитектурно-строительные решения

Подраздел 3.2. Отопление, вентиляция и кондиционирование

Подраздел 3.3. Водопровод и канализация административно-бытовых и вспомогательных помещений

Раздел 4. Организация строительства

Раздел 5. Жилищно-гражданское строительство

Раздел 6. Сметная документация

Раздел 7. Паспорт проекта

На каждый подраздел и каждый раздел, не имеющий подразделов, разрабатывается отдельный эталон оформления, которым определяются требования по структуре и содержанию конкретного подраздела или раздела.

Примерный перечень технико-экономических показателей проекта включает:

- Мощность производства, всего, в т. ч. по видам продукции.
- Товарный выпуск продукции.
- Режим работы предприятия:
 - количество рабочих дней в году;
 - количество смен в сутки;
 - количество часов работы в сутки.
- Списочная численность промышленного персонала.
- Производительность труда.
- Полная себестоимость продукции.
- Затраты на 1 тенге товарной продукции.
- Прибыль.
- Стоимость общепроизводственных фондов.
- Фондоотдача.
- Капитальные вложения, в т. ч. СМР.
- Окупаемость капиталовложений за счет прироста прибыли.
- Эффект от эксплуатации (применения) и качества выпускаемой продукции.

Общая сметная стоимость строительства предприятий (здания или сооружения) первоначально определяется сводным сметно-финансовым расчетом по проектному заданию. При двухстадийном проектировании такой расчет составляется на

основе сметно-финансовых расчетов на отдельные объекты, которые являются окончательными.

При проектировании нового объекта (в случае невозможности повторного использования проекта или отсутствия такового) для оценки его стоимости используют укрупненные показатели.

Сметно-финансовый расчет на вспомогательные и подсобно-производственные объекты, а также на объекты жилищного, культурного и бытового строительства составляют по справочникам на единицу измерения, указанную в справочнике, в соответствии с характеристикой конструктивных элементов здания.

Сметную стоимость монтажа оборудования исчисляют по укрупненным нормативам (в % от сметной стоимости оборудования, на одну тонну оборудования, на единицу установленной мощности).

Сметы и сметно-финансовые расчеты на приобретение производственного инвентаря, запасных частей, приспособлений, инструмента в количествах, необходимых для пуска предприятия или отдельных объектов строительства, следует составлять по укрупненным нормативам.

На различные объекты строительства обязательно должны быть составлены технико-экономические показатели на единицу измерения 1 м здания, 1 пог. м (погонный метр) трубопроводов и наружных коммуникаций, на единицу оборудования и прочие указанные показатели дают возможность сравнивать различные варианты по стоимости для оценки принятых решений.

Технико-экономические показатели проекта рассчитываются на основании заданий технологического и других отделов исполнителей «технических разделов», а также заданий сметного отдела – «сводного, сметного расчета стоимости строительства» с разбивкой по очередям и пусковым комплексам.

Технико-экономическому отделу, отделами исполнителями «технических» разделов проекта должны быть выданы следующие задания:

- По основному производству:

– мощность производства в ассортименте задания на проектирование,

уточненная в процессе проектирования, и суточная производственная программа;

- расход сырья и материалов в сутки, за год;
- суточный выпуск готовых продуктов;
- показатели загрузки основного технологического оборудования.

- По численности работающих;
- По системам инженерного обеспечения:

– параметры, часовые, суточные и годовые расходы (потребление) пара, теплофикационной воды, электроэнергии (установленная и максимально потребляемая мощность), свежей питьевой воды, объем сбрасываемых стоков, данные по грузообороту.

Сводные сметно-финансовые расчеты к проектным заданиям и сводные сметы к техническим проектам состоят из двух частей, включающих 12 глав, названия и содержание которых напечатаны ниже.

Часть 1

Глава 1. Подготовка территории строительства (снос строений, планировка площадки, осушение и т. д.).

Глава 2. Объекты основного производственного назначения.

Глава 3. Объекты подсобного производственного и обслуживающего назначения.

Глава 4. Объекты энергетического хозяйства.

Глава 5. Объекты транспортного хозяйства и связи.

Глава 6. Внешние сети водопровода, канализации и сооружения при них, а также внешние сети теплофикации и газификации.

Глава 7. Благоустройство промышленной площадки.

Глава 8. Жилищное, культурно-бытовое и коммунальное строительство и благоустройство.

Глава 9. Прочие работы и затраты (геолого-разведочные работы, за исключением изыскательных работ для строительства; научно-исследовательской работы, если они предусмотрены проектом; удорожание, связанное с производством работ в зимнее время; очистки территории строительства; затраты, связанные

с применением льгот, установленных соответствующими решениями директивных организаций; приобретение хозяйственного инвентаря и др.).

Часть 2

Глава 10. Содержание дирекции строящего предприятия, включая технический надзор.

Глава 11. Расходы на подготовку эксплуатационных кадров.

Глава 12. Проектные и изыскательные работы.

В конце сметно-финансового расчета и сводной сметы приводят расходы на непредвиденные работы и затраты в установленном размере. После итога сметно-финансового расчета и сводной сметы указывают возвратную сумму, включающую следующие статьи:

а) амортизируемую в течение срока строительства часть стоимости временных зданий и сооружений, строительных машин, транспортных средств и т. д., за вычетом расходов на капитальный ремонт;

б) ликвидную часть стоимости временных зданий и сооружений, строительных машин, транспортных средств и т. п., за вычетом затрат связанных с их демонтажем и разборкой. Выполняемые проекты промышленного предприятия должны удовлетворять единой нормативной технической документации, к которой в основном относятся:

- ТУ – технические условия на продукцию, предназначенную для самостоятельной поставки;
- РТМ – руководящие технические материалы для проектирования, опытно-конструкторских работ и др.;
- ГОСТы – нормативные требования;
- ОСТы – отраслевые стандарты, действие которых распространяются на данную отрасль;
- Отраслевые и заводские нормали – нормативные требования, распространенные на заданную отрасль или завод;
- Правила ГосГортехнадзора – правило устройства и эксплуатации сосудов, работающих под давлением;
- ЕСКД – единая система конструкторской документации;

- СНиПы – строительные нормы и правила проектирования;
- СН – санитарные нормы проектирования промышленных предприятий;
- ПУЭ – правила устройства электроустановок;
- Н – противопожарные нормы проектирования промышленных предприятий.

1.2 Выбор площадки для строительства завода

Выбору промышленной площадки предшествуют работы по выполнению технико-экономических обоснований целесообразности строительства завода в заданном районе с учетом наличия сырьевых баз и расстояния от них топливных, энергетических и водных ресурсов, местных строительных материалов и трудовых резервов. После того как установлен пункт для строительства завода, производится выбор участка в пределах выбранной местности.

Выбор участка для завода и поселка входит в общий комплекс проектных работ и утверждается одновременно с проектным заданием.

Для снижения расходов на транспорт сырья площадка для строительства завода должна, как правило, располагаться вблизи сырьевых баз или предприятия, отходы которого используются в качестве сырьевых материалов. Кроме того, ее следует располагать вблизи крупных населенных пунктов, с тем чтобы привлекать местное население в строительство.

Одновременно с выбором площадки решаются вопросы о снабжении намечаемого к строительству завода электроэнергией, водой, а также о присоединении подъездных железнодорожных путей к магистральным путям.

При выборе промышленной площадки одновременно выбирается и площадка для строительства жилого поселка или же отводится территория для строительства жилого и необходимого социально-бытового фонда в существующем поселке или городе. Выбор площадки и ее жилого фонда увязывается с имеющейся или проектируемой планировкой застройки данного про-

мышленного района. При этом предусматривается возможность кооперирования с близлежащими предприятиями как в части объектов производственного значения (общих источников энергоснабжения, водоснабжения, железнодорожных путей, подсобных служб), так и в части объектов культурно-бытового назначения. Помимо указанных выше условий, при выборе площадки должны учитываться следующие положения:

1) при взаимном расположении площадки для завода и жилищного поселка следует принимать во внимание направления господствующих ветров, т. е. площадка должна быть расположена с наветренной стороны;

2) площадка должна иметь относительно ровную поверхность, не требующую большого объема земляных работ, и удобные подъезды железнодорожных путей;

3) грунты должны допускать строительство зданий и сооружений без применения специальных дорогостоящих оснований и не иметь оползней;

4) площадка не должна затапливаться ни поверхностными, ни паводковыми водами, а уровень грунтовых вод должен быть по возможности ниже глубины приемков, тоннелей и т. п.;

5) при выборе площадки следует предусматривать возможность размещения завода (цеха) в объеме, установленном проектом.

При выборе участков для застройки необходимо предусматривать определенный разрыв между промышленной площадкой и жилым поселком или жилым районом — так называемую санитарно-защитную зону, предохраняющую население окружающей местности от дыма, газов, копоти, пыли и шума.

В зависимости от количества, запыленности и способов улавливания дыма и газов, выбрасываемых в атмосферу промышленными предприятиями, ширина санитарно-защитной зоны устанавливается от 2000 до 50 м. Санитарно-защитная зона обычно застраивается зданиями подсобного и обслуживающего назначения (пожарное депо, гараж, склады, торговые здания и пр.) и озеленяется.

Участок, выбранный для строительства завода, не всегда удовлетворяет всем вышеперечисленным требованиям. Часто он

имеет преимущества в одном отношении и недостатки в другом. В таком случае необходимо по возможности использовать все преимущества данного участка и устранить или свести к минимуму недостатки, влияющие на общие условия выполнения генерального плана.

2 Разработка аппаратурно-технологической схемы

2.1 Основные задачи, этапы разработки

Разработку аппаратурно-технологической схемы можно разбить на два этапа – разработку технологической схемы и разработку аппаратурной схемы. Первая предопределяет технологические процессы и операции, из которых состоит производство. Вторая решает вопросы аппаратурного оформления процесса. Тесное переплетение процессов разработки технологической и аппаратурной схем в ходе проектирования делает необходимым рассмотрение их как единого процесса создания аппаратурно-технологической схемы [1–2].

При разработке аппаратурно-технологической схемы решаются следующие основные задачи:

- 1) определяют набор технологических процессов и операций, а также их взаимное сочетание, необходимые для получения заданного сырья товарного продукта требуемого качества;
- 2) определяют набор технологических процессов, их взаимное сочетание и связь с основной технологической схемой, необходимые для утилизации и обезвреживания всех видов отходов основного производства;
- 3) принимают принципы аппаратурного оформления всех технологических операций;
- 4) решают вопросы транспорта всех продуктов, перерабатываемых и производимых в ходе технологического процесса;
- 5) решают вопросы контроля над ходом процесса и управления им.

Эти задачи, как правило, объединяются и решаются совместно. Так, технологические схемы основного производства и обезвреживания отходов могут полностью совпадать, и пробле-

ма обезвреживания отходов будет полностью решаться при осуществлении основных технологических процессов.

Решение вопросов транспорта может играть существенную роль при разработке схемы процесса. Так, транспорт жидкостей и газов, для которых недопустим контакт с атмосферой, требует разработки специальной, достаточно сложной и «дыхательной» системы. Транспорт легко оседающих пульпы и взвесей требует организации специальной системы циркуляции.

Разработка системы управления процессом в настоящее время все в большей степени является неотъемлемой частью технологии. При современном уровне требований к производству система управления должна, как правило, разрабатываться применительно ко всей технологической схеме в целом, а не к отдельному аппарату или технологическому узлу.

2.2 Выбор метода производства

Разработка аппаратурно-технологической схемы состоит из четырех основных этапов. Сначала укрупненно намечают основные пределы. Затем определяют набор операций по каждому пределу. Для каждой операции устанавливают все поступающие и выводимые продукты. Составляют сводную схему, объединяющую транспортными потоками все пределы и операции проектируемого производства. Кроме операций, связанных с потоком перерабатываемых материалов, в схеме могут быть операции, связанные с потоком переносного оборудования. Так, аппарат может после проведения собственно технологической операции переноситься последовательно на установки или стенды чистки, мойки, сушки, проверки на герметичность, которые включаются в схему как самостоятельные операции.

Разработка технологической схемы включает:

- сравнительный анализ и обоснование выбранного метода производства в соответствии с конкретными условиями;
- определение основных и вспомогательных физико-химических процессов и их последовательности;
- аппаратурное оформление технологического процесса;

- решение вопроса о способах приема сырья и выдачи готовой продукции;
- определение путей и методов удаления отходов производства;
- механизацию и автоматизацию всех непрерывных и периодических процессов;
- обеспечение техники безопасности и охраны труда;
- составление перспективных планов расширения производства;
- определение диаметра технологических трубопроводов и выбор труб;
- выбор трубопроводной арматуры.

Разработка технологической схемы производства начинается с анализа способов производства и обоснования выбранного метода производства. Как правило, необходимые данные имеются в ТЭО и в задании на проектирование, но в некоторых случаях при проектировании разрабатывают несколько вариантов в целях обоснованного выбора наиболее эффективного. Для этого требуется максимально полная информация, обеспечивающая надежность принятых в проекте решений.

Одна из трудностей при выборе метода производства – необходимость одновременного учета всех факторов, определяющих метод, и их взаимного влияния.

Химико-технологический процесс представляет собой совокупность ряда химических и физических методов переработки сырья и промежуточных продуктов в целях получения нового вещества. Этот процесс также включает в себя и ряд таких операций, как транспортирование, складирование, затаривание и т. д.

Таким образом, методы получения одного и того же продукта могут отличаться типом применяемого сырья, способом его переработки или тем и другим одновременно. Что касается отходов, то их количество и состав полностью зависят от сырья и способа его переработки и не являются независимыми переменными. Следовательно, выбор метода производства в химической промышленности сводится, в основном, к выбору сырья и способа его переработки. Для этого требуется информация о

сырье и способе его переработки по каждому из сравниваемых методов.

Наиболее полная и достоверная информация о методе производства может быть получена с освоенных и нормально эксплуатируемых предприятий. Однако чаще приходится сравнивать с уже освоенными в промышленности методами какой-либо вновь разрабатываемый способ производства. В этом случае задача получения информации усложняется, еще сложнее получить данные, необходимые для сравнения двух или нескольких методов, каждый из которых является вновь разрабатываемым. Наиболее сложен анализ вновь разрабатываемого метода, для которого нет аналогов.

Основой выбора метода производства является - *выбор сырья и способ его переработки*. Под термином "сырье" условно понимается вся номенклатура сырья и вспомогательных продуктов (катализаторы, абсорбенты, адсорбенты, флотореагенты, растворители), используемых в данном производстве. Необходимую информацию о сырье можно разделить на две группы: исходные данные и данные, полученные в результате расчетов. Исходная информация о сырье должна содержать, как минимум, следующие сведения: 1) наименование и качество сырья, необходимого для получения готового продукта с заданными свойствами. При этом особое внимание должно быть уделено его токсичности, огне- и взрывоопасности; 2) обеспеченность разрабатываемого производства сырьем к моменту ввода его в эксплуатацию; 3) данные, необходимые для материальных расчетов. Источниками указанной информации являются литературные, архивные и экспериментальные данные.

После получения всех данных о сырье необходимо определить, в какие продукты и в каком количестве превращается сырье. Для этого нужно выполнить материальные расчеты, определить коэффициенты расхода сырья, количеству и составу отходов и сточных вод.

Информация о способе производства также может быть разделена на две группы: информацию, получаемую в качестве исходных данных, и информацию, получаемую в результате расчетов.

Минимум исходной информации о методе производства составляют данные о методах переработки сырья (с указанием основных параметров технологического процесса), краткая характеристика основного технологического оборудования, необходимого для осуществления процесса, и сведения о предполагаемой мощности производства.

К информации, получаемой в результате технологических расчетов, относятся тип, размеры и число единиц оборудования, нужного для осуществления технологического процесса, характеристика сооружений для размещения оборудования, расходы энергии и сведения о штатах, требуемых для эксплуатации производства.

После выбора способа производства или нескольких способов, подлежащих сравнению, определяют основные и вспомогательные физико-химические процессы, механические операции, их последовательность и оптимальные параметры режима на каждой стадии переработки сырья в конечный продукт.

Во многих случаях нормы технологического режима зависят от используемого оборудования, поэтому уже на данной стадии необходимо предварительно выбирать оборудование. Например, для разделения твердой и жидкой фаз можно использовать отстойники, гидроциклоны, фильтры центрифуги. В зависимости от типа оборудования изменяется содержание твердой фазы в жидкости и влажность осадка.

Для каждого способа производства создают схему материальных потоков и энергетических связей производства, на которой отдельные процессы (нагрев, растворение, отстаивание, выпарка) и операции (измельчение, классификация и т. д.) обозначают прямоугольниками или кружками в их технологической последовательности, а потоки — линиями.

При выборе метода производства предпочтение следует отдавать тем способам, которые при равном качестве продукта обеспечивают меньшие энергетические затраты. В последние годы получили распространение энерготехнологические схемы производства аммиака, азотной и серной кислот, в которых тепло экзотермических процессов используется для выработки пара

или привода, турбокомпрессоров. Снижение расход электроэнергии компенсирует увеличение капитальных затрат и приводит уменьшению себестоимости продукции.

2.3 Материальный расчет (баланс) производства

Это расчет количеств, загружаемых и получаемых продуктов на каждой стадии технологического процесса с определением коэффициентов расхода сырья и расчет состава и количества отходов и сточных вод. Он может быть составлен на единицу времени (сутки, час и т. д.), на единицу массы сырья или готовой продукции (тонну, килограмм и т. д.). Универсальным является материальный баланс, составленный на наиболее постоянную величину — единицу массы 100 %-ного готового продукта. Материальный расчет составляют на основании закона сохранения масс

$$\sum G_{исх} = \sum G_{получ.}, \quad (1)$$

где $\sum G_{исх} = \sum G_{получ.}$ — сумма масс исходных и полученных веществ.

Отсюда материальный баланс любой стадии технологического процесса в котором взаимодействуют вещества А и В, а получаются вещества С и D может быть записан в общем виде следующим образом:

$$G_A + G_B = G_C + G_D + G_A + G_B + \Delta G \quad \Delta G \quad (2)$$

где G_A, G_B, G_C, G_D — массы соответствующих веществ; G_A, G_B — массы веществ А и В, не вступившие в реакцию; ΔG — потери или примеси.

Материальные балансы рассчитывают с учетом состава сырья, степени протекания основных и побочных реакций, потерь на каждой стадии производства или степени извлечения полезного компонента.

Если балансы рассчитывают на единицу массы (сырья или продукта), то по данным балансов определяют материальные по-

токи (в кг/с, т/ч, м³/с или м³/ч) через каждый аппарат или машину, т. к. эти величины необходимы для последующего расчета аппаратуры.

На основании балансов рассчитывают расходные коэффициенты по исходным веществам, количество и состав газовых выбросов, сточных вод и отходов производства.

2.4 Тепловой расчет производства

Количество тепла, которое надо подвести к аппарату или отвести от него для проведения химического процесса, определяют на основании теплового *баланса*. Уравнение теплового баланса химического процесса может быть представлено в следующей форме:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 + Q_6, \quad (3)$$

где Q_1 – тепло, отдаваемое теплоносителем аппарату и перерабатываемым веществам, кДж (ккал); Q_2 – тепло, вносимое в аппарат с перерабатываемыми веществами; Q_3 – тепловой эффект экзотермического процесса; Q_4 – тепло, уносимое из аппарата с продуктами реакции; Q_5 – тепло, расходуемое на нагревание отдельных деталей аппарата или отнимаемое от них хладагентом; Q_6 – тепло, теряемое аппаратом в окружающую среду.

$$\text{Отсюда } Q_1 = Q_4 + Q_5 + Q_6 - Q_2 - Q_3. \quad (4)$$

Тепловой баланс рассчитывают в соответствии с нормами технологического режима и физико-химическими свойствами веществ, участвующих в процессе. На основании теплового баланса определяют потоки теплоносителя (водяного пара, топлива, электроэнергии) или хладагента (кг/с, т/ч, м³/с, м³/ч) и удельный расход их на единицу продукции.

2.5 Выбор оборудования

На стадии аппаратурного оформления производства выбирают тип машин, аппаратов и транспортных устройств для всех

операций и процессов производства, рассчитывают размеры и число аппаратов по мощности технологической линии и производительности отдельных машин и аппаратов по ГОСТам, каталогам и фактической производительности, достигнутой на действующих предприятиях, решают вопросы о способах приема и транспортировки сырья, выдачи готовой продукции, удаления отходов производства, механизации и автоматизации всех операций и процессов.

При выборе оборудования следует отдавать предпочтение стандартным или нормализованным машинам и аппаратам, т. к. они освоены промышленностью, их легче изготовить и стоимость их значительно ниже стоимости оборудования индивидуального изготовления. Стандартное оборудование проектированию не подлежит.

При выборе оборудования необходимо сравнивать показатели различных его видов:

- 1) производительность (кг/с, т/сут);
- 2) ресурс работы, который определяют по каталогам или практическим данным (ч/год);
- 3) стоимость (руб./шт.); 4 надежность, которая может быть выражена через вероятность безотказной работы в течение заданного времени $P(\tau)$;
- 5) качество продукта – степень превращения для реакторов, содержание влаги (для фильтров, центрифуг и сушилок), величину кристаллов и т. д.;
- 6) энергетические затраты – общий расход энергии на единицу продукции (кДж/кг, руб./кг);
- 7) стоимость ремонтов – общие затраты на ремонты в течение года (руб./год);
- 8) затраты на обслуживание с учетом количества необходимого персонала и его зарплаты (чел.; руб./год);
- 9) соответствие данного типа машины или аппарата требованиям охраны труда, техники безопасности и охраны окружающей среды;
- 10) занимаемый объем и его стоимость (m^3 , руб.).

Критерием оптимальности выбора является минимум затрат на единицу продукции. При расчете следует учесть, что в случае параллельной работы ряда однотипных аппаратов надежность их увеличивается.

Надежность оборудования – это свойство выполнять заданные функции, сохраняя во времени установленные эксплуатационные показатели в требуемых пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

После выбора и расчета оборудования составляют технический проект нестандартного оборудования — напорных баков, емкостей, бункеров, реакторов, некоторых выпарных аппаратов, теплообменников и колонных аппаратов. Он включает эскизные чертежи (общий вид аппарата, некоторые виды) и краткую техническую характеристику. Особое внимание следует уделить применению типовых и стандартных узлов и деталей, выбору материала с учетом условий работы и разработке мероприятий, обеспечивающих заданный технологический режим, т. е. средств контроля и управления процессом. Технический проект разрабатывают механики совместно с технологами, а рабочие чертежи выполняют в конструкторском бюро завода-изготовителя.

Подбор и расчет оборудования заканчивают разработкой обвязки технологических узлов, т. е. аппаратов или группы аппаратов, необходимых для выполнения определенной технологической операции — смешения, растворения, кристаллизации, выпарки и т. д. Обвязка представляет собой весь комплекс трубопроводов и арматуры, предназначенных для подачи и регулирования исходных веществ, теплоносителя, отвода.

3 Общие принципы разработки специальных частей проекта [6–21]

3.1 Генеральный план

Генеральный план – это часть проекта, содержащая комплексное решение вопросов планировки и благоустройства территории, размещения зданий, сооружений, транспортных коммуникаций, ин-

женерных сетей, организаций систем хозяйственного и бытового обслуживания, а также расположения завода, комбината в промышленном районе (узле) (рис. 1).

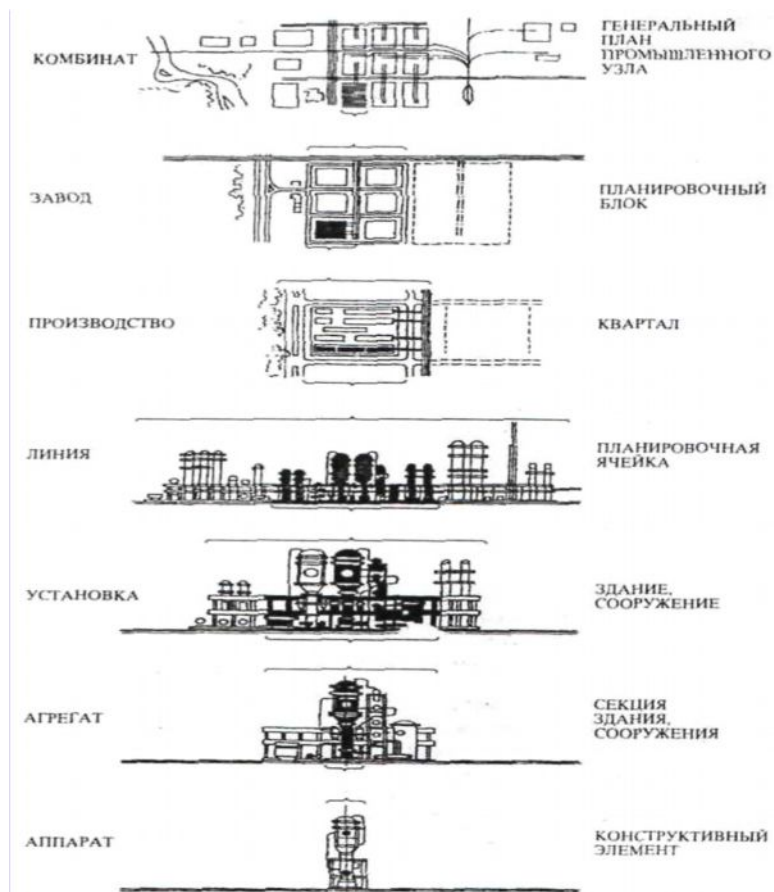


Рис.1. Схема генерального плана химической промышленности

Здания и сооружения должны располагаться на генеральном плане в последовательности, соответствующей схеме производственного процесса проектируемого во всех его частях [7–12].

При этом надлежит разобрать потоки:

- а) сырья (материалов);
- б) полуфабрикатов и готовой продукции;
- в) работающих на предприятии людей.

При размещении зданий и сооружений на территории хозяйства, их расположение должно быть таким, чтобы производственная связь между ними не имела бы пересечений основных производственных потоков друг с другом, производственных с людскими и т. п.

В процессе проектирования генерального плана следует искать компактное решение, дающее наименьшую площадь участка. Это необходимо из соображений сокращения стоимости строительства, а также для облегчения подыскания площадки для строительства. Генеральные планы могут решаться в виде двух основных типов:

- а) методом блокированной застройки;
- б) методом застройки отдельными зданиями.

Методом блокированной застройки решаются большие производственные комплексы, в особенности при малой площади участка. Такое решение представляет часто большие производственные удобства, экономит площадь потребного для строительства участка и выгоднее с экономической точки зрения.

При проектировании генерального плана следует стремиться максимально, блокировать все производственные и вспомогательные помещения в одно здание или, если это невозможно по санитарным или пожарным соображениям, то объединять их в возможно меньшее количество коробок.

Метод застройки отдельными зданиями применяется в случае необходимости, по тем, или иным соображениям, рассредоточить отдельные группы помещений и т. д.

Для снижения стоимости и ускорения сроков строительства следует, возможно, более широко применять размещение оборудования на открытых площадках (или под навесами).

Такие технические решения вполне возможны при внедрении современных методов автоматизации процессов, контроль-

но-измерительных приборов и централизованного управления технологическими процессами.

Необходимо учитывать возможность расширения на генеральном плане путем оставления дополнительных площадей. Последующее расширение может идти как по горизонтали (путем пристройки), так и по вертикали путем надстройки (если это допустимо по условиям технологии).

Первое вызывает резервы места под расширяемые объекты, второе же может вызвать увеличение разрывов на генплане, каковые находятся в зависимости от высоты здания. Территорию завода следует решать, выделяя три основные зоны:

а) производственную, где располагается здание (или здания), в которых протекает технологический процесс;

б) складскую, занимающую тыловую часть территории. Эта зона обслуживается железнодорожными путями;

в) административно-вспомогательную зону, выходящую, как правило, на городской проезд. В ней размещаются административное здание, медпункт, проходная контора, столовая, лаборатории и пр. Количество отдельных зданий в этой зоне также должно сводиться к возможному минимуму.

Пожарные требования при проектировании генерального плана сводятся, в основном, к соблюдению соответствующих разрывов между зданиями. Разрывы между зданиями следует принимать согласно противопожарным нормам проектирования промышленных предприятий (Н 102-4).

Здания и сооружения с особой пожарной и взрывной опасностью должны располагаться с учетом увеличенных разрывов, нормируемых специальными правилами.

Рельеф площадки делят на следующие четыре группы:

а) площадки ровные, не требующие учета рельефа (от 0 до 0,003);

б) площадки со слабо выраженным рельефом, требующим лишь учета (от 0,003 до 0,03);

в) площадки с сильно выраженным рельефом, требующим учета и обработки (от 0,03 до 0,06); на таких участках здания обычно располагаются террасами, т. е. как бы ступенями;

г) площадки, по своему рельефу затрудняющие эксплуатацию завода и удорожающие строительство (свыше 0,06). При расположении зданий на участке следует учитывать направление господствующих ветров. Оно задается или в виде ведомости частоты ветров, дующих в каждом направлении, или в виде «розы ветров», представляющей собой отложенные в условном масштабе векторы продолжительности дутья ветров в определенных направлениях за год (роза повторяемости ветров).

Для суждения о силе ветров следует знать максимальную скорость ветров, выраженную в м/с или в баллах (роза силы ветров).

Эти материалы составляются по многолетним метеорологическим наблюдениям.

Для проектирования генерального плана пользуются розой ветров по повторяемости.

Учет ветров на генеральном плане производится следующим образом:

а) здания с вредным пыльным или дымным производством располагаются за ветром, например, котельная, газогенераторная и т. д.;

б) здания с пожарно-опасным производством также располагаются на заветренной стороне участка;

в) здания, требующие особой чистоты воздуха, например, столовая, располагаются на наветренной стороне участка. Административно-вспомогательные здания также располагаются на ветру;

г) крупные здания, имеющие фонари верхнего света для улучшения условий аэрации, желательно располагать фонарями вдоль направления ветра.

При проектировании генеральных планов административный корпус и столовую размещают в ограде предприятия, чтобы обеспечить возможность доступа в них как со стороны двора предприятия, так и извне. Проходная контора вследствие ее назначения должна также находиться в ограде участка.

Как перед административным корпусом, так и перед проходной конторой желательно устройство отступа от красной линии (границы) участка, чтобы возможное перед этими зда-

ниями скопление людей и машин не мешало бы движению на городской улице (дороге).

В случае примыкания участка к магистрали и к второстепенной улице (дороге), основные въезды и выезды с завода следует давать со стороны второстепенной улицы.

Котельная должна располагаться:

а) в возможной близости к центру тепловой нагрузки;

б) в наинижней части участка для облегчения условий стока теплоносителя.

Ввод широкой железнодорожной колеи на участок должен производиться, по возможности, с задней его стороны во избежание пересечения железной дорогой автомобильных проездов.

Проектирование железной дороги должно быть увязано с вертикальной планировкой, т. к. во многих случаях рельеф площадки не позволяет получить требуемого уклона (20 %) без значительных земляных работ. Минимальный радиус закругления железнодорожных путей принимают 200 м (в стесненных условиях 150 м).

При проектировании генерального плана ожидаемые здания располагаются в соответствии с технологическим процессом для получения наиболее удобных по конфигурации и коротких производственных потоков, а также потоков людей.

Автомобильные дороги проектируются обычно шириной 6,0–7,0 м, электрокары – 3,0 м.

Важным элементом проектирования промпредприятия является благоустройство заводской территории и ее озеленение. При этом обеспечиваются санитарные условия (уменьшение пыли, шума), повышается общая культура производства. На генеральном плане, наряду с сетью асфальтированных дорог и площадок, необходимо предусматривать озеленение, места отдыха работающих, игровые физкультурные площадки и пр. Вся незастроенная территория, сооружениями и дорогами площадь завода должна иметь озеленение.

После окончания проектирования (но до вычерчивания чисто) производится подсчет показателей, которые выявляют общую оценку решения генерального плана.

3.2 Производственные здания и сооружения

Производственные здания и сооружения должны быть запроектированы с точным учетом требований наиболее эффективного технологического процесса [13–21]. При составлении проекта промышленного предприятия необходимо определить типы и размеры зданий, их требуемые площади, численность рабочих, количество и типы оборудования, требуемое для предприятия количество сырья, материалов, энергии и топлива. Необходимо также разработать план предприятия и внутреннюю планировку цехов.

Основой для архитектурно-строительной разработки проекта служит технологическая производственная схема, которая представляет собой графическое изображение функциональной зависимости между отдельными производственными процессами, осуществляемыми в данном цехе. Например, на рис. 2 представлена схема производства серной кислоты контактным способом, которая включает три стадии после обжига колчедана:

- очистку газа от вредных для катализатора примесей;
- контактное окисление сернистого ангидрида в серный;
- абсорбцию серного ангидрида серной кислотой.

Изучение технологической схемы функциональной связи помещений даст возможность установить рациональную последовательность расположения отделений и помещений цеха, и эта схема является исходной базой для проектирования плана здания. Процесс очистки газов и получения кислоты на заводах протекает в промывном и сушильно-абсорбционном отделениях. Основное оборудование этих отделений (электрофилльтры, промывные и сушильно-абсорбционные башни) устанавливаются на отметке 7–8 м над уровнем пола.

Электрофилльтры, промывные и сушильно-абсорбционные башни имеют вертикальный технологический процесс и обслуживаются с площадок на разных уровнях. Оборудование размещают обычно на открытом воздухе.

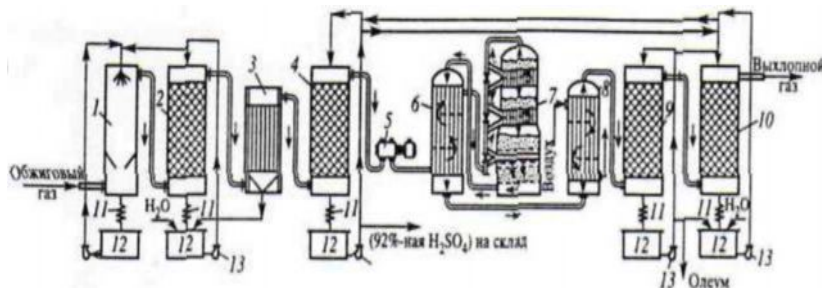


Рис. 2. Схема производства серной кислоты контактным способом:
 1, 2 – промывные башни; 3 – электрофильтр; 4 – сушильная башня;
 5 – компрессор; 6 – теплообменник; 7 – контактный аппарат;
 8 – холодильник; 9 – олеумный абсорбер; 10 – моногидратный абсорбер; 11 – воздушный холодильник; 12 – сборник; 13 – насос

Для укрепления технологического оборудования устраивают железобетонные постаменты (этажерки). Сетка колонн постаментов – 6х6 м.

Оборудование можно устанавливать на отдельные постаменты для независимой осадки фундаментов. Пространство под постаментами используют для установки насосов, сборников кислоты, для подсобных помещений, трансформаторных подстанций, ремонтных мастерских, бытовых помещений (рис. 3). Технологическое оборудование – определяющий элемент застройки большинства химических предприятий. Его можно разделить на 5 групп:

- машинное оборудование (насосы, компрессоры, воздуходувки, холодильные машины и др.);
- аппараты, в которых осуществляются химические процессы (реакторы);
- аппараты, в которых осуществляются массообменные процессы – колонны;
- емкости;
- теплообменники.

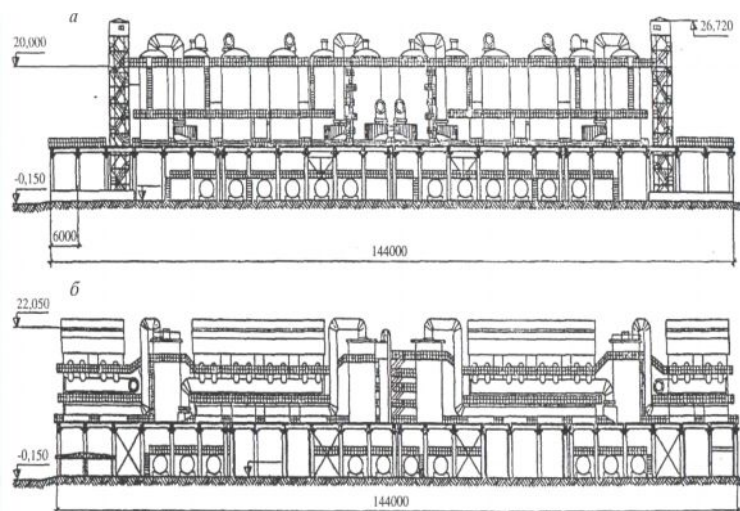


Рис. 3. Производство серной кислоты:
а – реакторный блок; *б* – блок поглотительных башен

Машинное оборудование размещается, как правило, в отапливаемых зданиях, в то время как условия эксплуатации колонного оборудования позволяют устанавливать его на открытых площадках, на этажерках, специальных постаментов, а особо крупное – на собственных фундаментах; только в редких случаях в суровых климатических условиях часть такого оборудования нуждается в укрытиях.

Вынос технологического оборудования из отапливаемых помещений на открытые площадки этажерки и под навесы – одна из важнейших тенденций в строительстве химических объектов.

Увеличение производительности аппаратов оказывает существенное влияние на снижение удельного расхода территории и капитальных затрат. Это позволяет установить насосы, компрессоры и другие машины порознь, открыто, приблизив их к основному технологическому оборудованию и соответственно уменьшить протяженность коммуникаций. На рис. 4 и 5 показаны наиболее распространенные виды пространственных форм основного и вспомогательного оборудования и возможные схемы их компоновки.

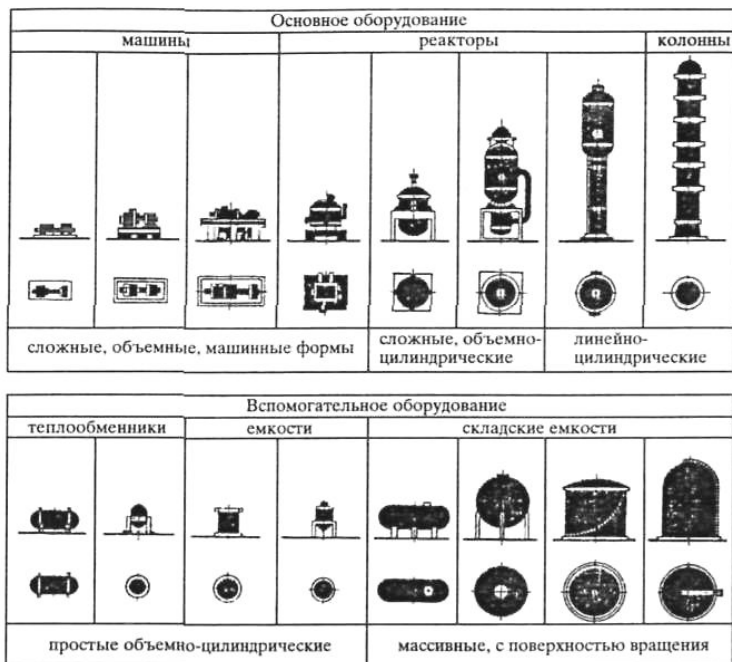


Рис. 4. Виды оборудования химической технологии

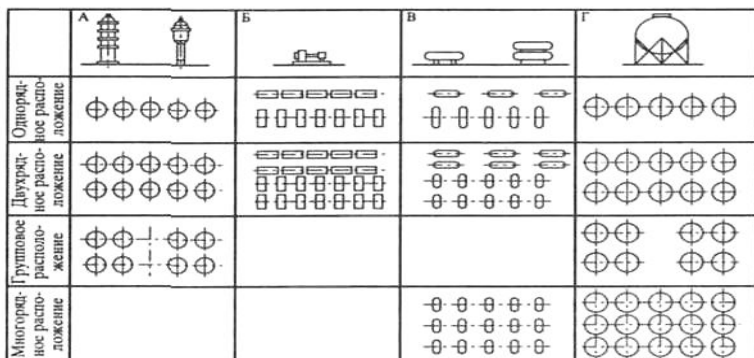


Рис. 5. Схемы компоновки технологического оборудования:

А – колонн и реакторов; Б – машинного оборудования;

В – теплообменников; Г – емкостей

Структурные уровни организации химического предприятия показаны на рис. 6. Использование этого принципа в планировке позволяет разрабатывать на основе определенного модуля пространственные структуры, которые пригодны для построения системы любой сложности, а также устанавливать единые принципы компоновки всех ее элементов. Система технологических элементов, из которых формируют объекты химии, включает следующие единицы.

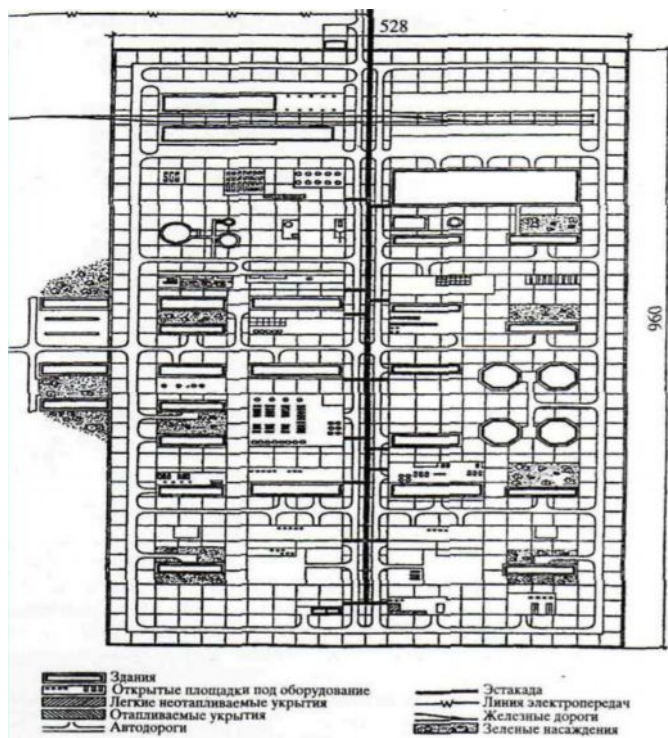


Рис. 6. Уровни организации химического предприятия

Аппараты выполняют отдельные операции и являются первичными элементами общей технологической структуры

предприятий. Аппараты, как правило, объединяют в группы и образуют качественно новую структурную единицу – технологические узлы или агрегаты. В агрегате протекает не один, как в аппарате, а несколько процессов.

В зависимости от заданной мощности и номенклатуры продуктов несколько технологических линий, функционирующих автономно, комплектуют в новую структурную единицу – производство, которая, участвуя в общей программе предприятия по выпуску готовой продукции, в случае необходимости также может функционировать самостоятельно. Группа различных производств, выполняющая полный технологический цикл от переработки сырья до выпуска товарной продукции, образует технологический поток завода. Несколько технологических потоков завода, объединенных на основе внутреннего материального баланса, образуют автономный технологический комплекс-комбинат, который является самой крупной единицей в общей технологической структуре предприятия. На базе автономных технологических комплексов-комбинатов формируют промышленные узлы, промышленные районы, топливно-промышленные комплексы и другие производственные объединения.

Формирование и объединение специализированных химических предприятий обычно осуществляется автономными технологическими комплексами, в которые входит группа производств, объединенная общим технологическим процессом и имеющая в своем составе необходимые объекты подсобно-производственного и обслуживающего назначения.

Каждый автономный технологический комплекс специализируется на выпуске одного или нескольких видов готовой продукции и формируется на основе единичной укрупненной мощности головного производства.

Состав производств в каждом пусковом комплексе определяется их оптимальным сочетанием на основе переработки основного продукта. Например, для специализированных азотных заводов установлена следующая номенклатура продукции: аммиачная селитра, карбамид, сложные удобрения и др.

Автономные технологические комплексы должны по возможности иметь однородную структуру, основанную на оптимальном сочетании производств и внутреннем материальном балансе, строго последовательном размещении производств, в соответствии с технологическим потоком и самостоятельным материально-техническим снабжением.

Схема размещения производственных объектов в пределах автономного комплекса должна подчиняться общей закономерности процесса переработки сырья, осуществляемого в такой последовательности: подача сырья, производство основных видов полупродуктов, производство готовой продукции, вывоз готовой продукции. Встречаются разновидности этой схемы.

Однако во всех случаях сохраняется четкая последовательность расположения производственных объектов автономного комплекса, имеющего относительно самостоятельную систему снабжения сырьем, водой, паром, электроэнергией, кислородом, сжатым воздухом и др.

Типы производственных зданий

Одноэтажные промышленные здания

В химической промышленности одноэтажные промышленные здания сооружают главным образом для производства с горизонтальным технологическим процессом (рис. 7).

В административно-общественном центре обычно размещают заводоуправления, здания проектных и научно-исследовательских организаций, общежития, медицинские и культурно-массовые учреждения. Состав размещаемых в таком центре объектов определяют с учетом специфики предприятий и соседних производств, размеров территории и радиусов обслуживания [14,16].

Во всех случаях, где это, возможно, следует блокировать и кооперировать службы административно-хозяйственного назначения различных производств, что позволяет уменьшить территорию административно-общественного центра, эффективно организовать систему обслуживания работающих.

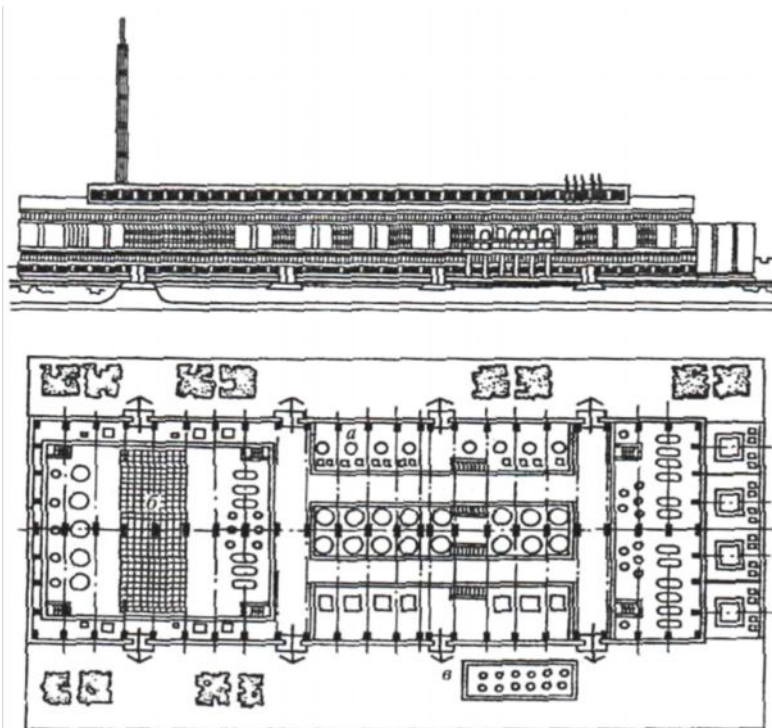


Рис. 7. Одноэтажное здание павильонного типа:

а – основной производственный объем; б – подсобно-вспомогательные помещения; в – открыто установленное оборудование

В одноэтажных многопролетных зданиях легче решать вопросы блокировки основных и вспомогательных цехов, внутрицехового транспорта, бытового обслуживания работающих. Компонуют одноэтажные здания из параллельно расположенных одинаковых пролетов. В зданиях пролетного типа шаг колонн равен или кратен 6 м, а величина пролетов кратна 6 м. Для зданий без мостовых кранов применяются пролеты 6, 9, 12, 18 и 24 м, а для зданий, оборудованных кранами, – 18, 24, 30 м и более.

Высоту помещений от отметки чистого пола до низа несущих конструкций перекрытия в зданиях без мостовых кранов

для 12-метровых пролетов назначают равными 3,6; 4,2; 4,8; 5,4 и 6 м, а для зданий с пролетами 18 и 24 м – 5,4; 6; 7,2; 8,4; 10,8 и 12,6 м.

В зданиях с мостовыми кранами (рис. 8), независимо от их грузоподъемности для разных пролетов, высоту помещений принимают равной от 8,4 до 18 м. Для размещения отдельных производств химии требуются однопролетные здания высотой до 30 м. Конструктивные схемы одноэтажных зданий химической промышленности могут быть сложными из-за разной высоты помещений и блокировки одноэтажных секций с многоэтажными.

Одноэтажные здания могут иметь боковое естественное освещение, через фонари (верхнее) и с помощью искусственных источников света, в зависимости от требований можно сочетать боковой свет с верхним, а также с искусственным. Межферменное пространство используют как технический этаж для размещения крупногабаритных воздухопроводов, промышленных развоек, электропроводки и других вспомогательных устройств.

Многоэтажные здания. Многие химические производства с вертикальным процессом можно разместить только в многоэтажных зданиях [14–16]. К таким производствам, например, относят отделения нейтрализации и расфасовки производства аммиачной селитры. Для многоэтажных зданий в зависимости от нагрузки перекрытия рекомендуется применять сетки колонн 9х6 м при нагрузке до 1000 кг/м², а также сетки 6х6 при нагрузке 2500 кг/м². Высоту этажей многоэтажных зданий принимают от отметки чистого пола до отметки чистого пола следующего этажа равной 3,6; 4,8; 6,0; 7,2 и 10,8 м (рис. 8, рис. 9).

Многоэтажные здания химической промышленности подразделяют на две группы: бескрановые и с мостовыми или подвесными кранами в верхних этажах с пролетами 18 и 24 м. Для предприятий химической промышленности ширину многоэтажных зданий целесообразно принимать не менее 18 м. Ширина здания для взрывоопасных производств не должна превышать 30 м при двустороннем остеклении и 18 м при одностороннем.

Павильонные здания. В павильонных зданиях размещают производства как с вертикальным, так и горизонтальным техно-

логическим процессом. Оборудование в таких зданиях устанавливают на собственные фундаменты или на сборно-разборные этажерки. В павильонных зданиях удобно размещать крупное технологическое оборудование и легче заменить одно производство другим. Применение павильонных зданий в химической промышленности повышает пожаро- и взрывоопасность производств, т. к. большая кубатура помещений повышает возможность образования взрывных концентраций газов или паров горючих и легковоспламеняющихся веществ. Кроме того, стоимость павильонных зданий на 5–8 % ниже стоимости многоэтажных зданий. Для встроенных этажерок применяют сборные железобетонные и реже – стальные конструкции.

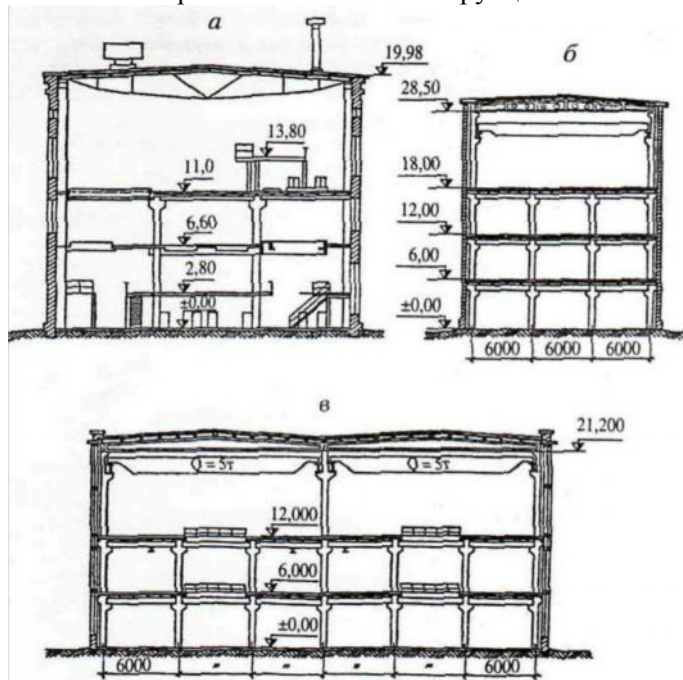


Рис. 8. Многоэтажное производственное здание:
 а – без подкрановых балок; б – с одной подкрановой балкой;
 в – с двумя подкрановыми балками

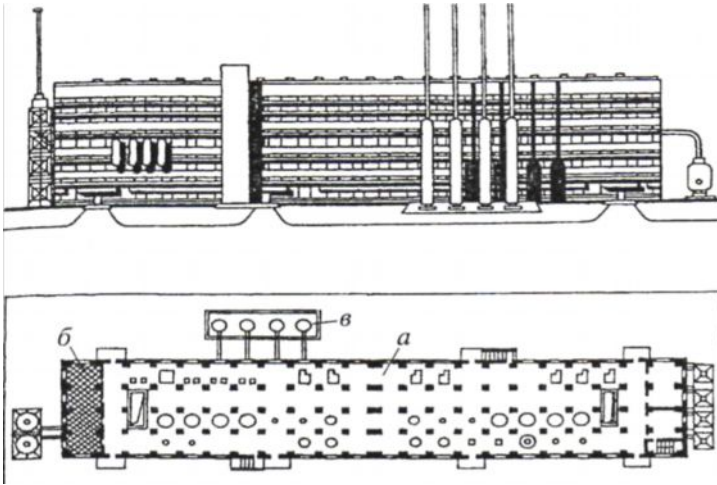


Рис. 9. Многоэтажное производственное здание:
а – основной производственный объем;
б – подсобно-вспомогательные помещения;
в – открыто установленное оборудование

Установка оборудования на открытых площадках. Открытое размещение оборудования успешно применяют на предприятиях химической, нефтеперерабатывающей, цементной, энергетической и других отраслях промышленности. Расположение оборудования вне здания улучшает санитарно-гигиенические условия труда, повышает уровень безопасности взрывоопасных производств и резко сокращает объем строительных работ. Они сводятся к возведению фундаментов под оборудование, устройству навесов над ним, сооружению дорог и эстакад.

При открытом размещении оборудование можно устанавливать на железобетонных или стальных этажерках, либо на собственных фундаментах или постаментах. Расположение оборудования вне зданий создает предпосылки для его укрупнения.

Особенно важно размещать оборудование на открытых площадках для тех производств, где применяют сжиженные горючие газы, образующие взрывоопасные смеси с воздухом. При открытых

этажерках следует устраивать мостики, переходы, лестницы для свободного доступа к оборудованию. На примере сернокислотного производства показаны варианты размещения оборудования в помещениях и на открытых площадках (рис. 3 и рис.10).

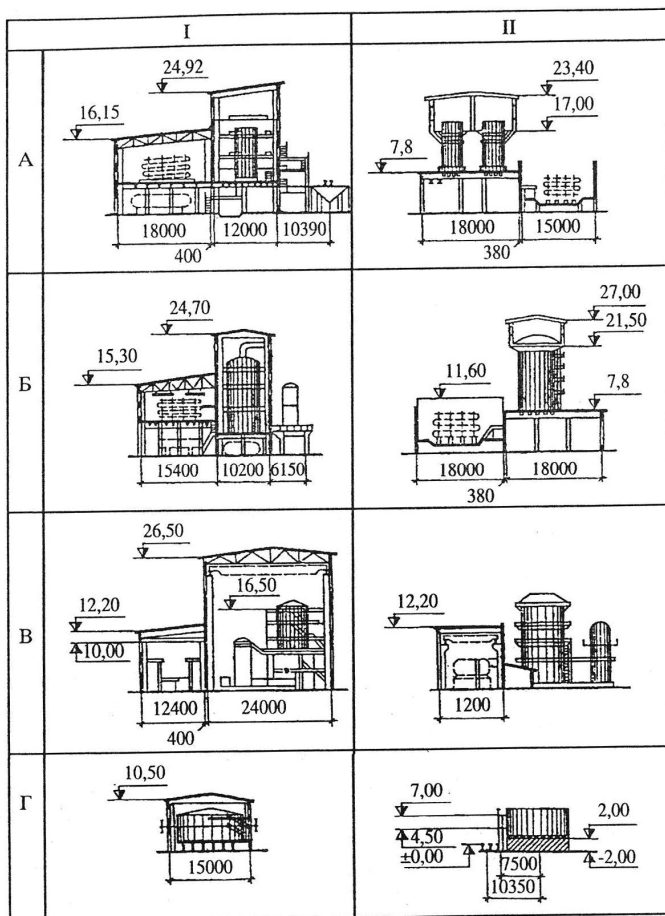


Рис. 10. Поперечные разрезы зданий I и II очередей сернокислотного производства:

A – промывочное отделение; Б – сушильно-абсорбционное отделение; В – контактно-компрессорное отделение; Г – склад серной кислоты; I – помещения; II – с открытым расположением оборудования

Вспомогательные здания и помещения. Неотъемлемая особенность промышленных предприятий – проектирование культурно-бытового обслуживания работающих [17–19].

Проектирование культурно-бытового обслуживания связано с возведением на территории предприятия или вблизи его зданий, помещений общественного питания, поликлиник, медицинских пунктов, помещений для отдыха, клубных и спортивных зданий и некоторых других сооружений.

На всех производствах химической промышленности предусматривают гардеробные, душевые, умывальные и в зависимости от характера производства – сушилки, камеры обезвреживания, обеспыливания одежды, фотарии и др.

Вспомогательные помещения на территории кварталов с взрывоопасными производствами следует располагать в отдельно стоящих зданиях, с учетом размещения их на расстоянии не более 300 м от рабочих мест.

Вспомогательные помещения для персонала, обслуживающего технологическое оборудование на наружных установках, размещают в отдельно стоящих зданиях без специальных переходов. Если технологическое оборудование расположено в закрытых отапливаемых зданиях с постоянными рабочими местами, вспомогательные здания с бытовыми помещениями соединяют отапливаемыми переходами или пристраивают их к производственным помещениям, соединяя при этом тамбуром-шлюзом с подпором воздуха в шлюзах.

Административно-бытовые здания следует размещать по возможности равномерно по всей территории предприятий по зонам.

Склады промышленных предприятий. Проектирование складов ставит своей целью: равномерно и надежно снабжать сырьем и материалами процесс производства и заказчиков, регулировать движение материалов между участками, цехами и т. д. По своему назначению на промышленных предприятиях склады подразделяются на: сырьевых и основных материалов; промежуточных изделий и полуфабрикатов; готовой продукции и пр. [20].

По типу здания и характеру группировки склады промышленных предприятия подразделяют на открытые и под навесом; закрытые (одноэтажные и многоэтажные) и специальные.

По размещению на генеральном плане промышленного предприятия склады подразделяются на отдельно стоящие, примыкающие к цехам, внутрицеховые, внеплощадочные, периферийные и размещаемые в центре предприятия или промышленного района.

По группам санитарных и пожарных требований склады подразделяются на: легковоспламеняющихся, взрывчатых, ядовитых веществ, горюче-смазочных материалов, нефтебазы, пиломатериалов, бумаги и прочие склады.

Высоту помещений одноэтажных складских здания принимают 3,6; 4,8; и 6,0 м. Размеры проходов и проездов в складских зданиях определяются в зависимости от габаритных размеров, хранимых в них материалов, способы транспортирования и место хранения. Длина зависит от заданной емкости склада. Многоэтажные складские здания проектируют шириной не менее 30 м. Их оборудуют грузовыми лифтами и подъемниками непрерывного действия.

Виды инженерных сооружений

К инженерным сооружениям относятся все строительные объекты кроме зданий: опоры и эстакады, каналы и тоннели, бункера и силосы, металлические резервуары и газгольдеры, градирни, водонапорные башни, дымоотводящие трубы и т. д. Основные виды инженерных сооружений и их функциональное назначение приведены на рис. 11.

Инженерные сооружения следует отличать от технологического и инженерного оборудования, зданий, систем инженерного обеспечения производственных сооружений [21].

Опоры и эстакады проектируют с использованием следующих нормативно-технических документов: СНиП 2.09.03-85 «Сооружения промышленных предприятий» ГОСТ 23235-78. «Эстакады одноярусные под технологические трубопроводы. «Типы и основные габариты» ГОСТ 23236-78. Эстакады двухъярусные под технологические трубопроводы. Типы и основные габариты» ГОСТ 23237-78. Опоры отдельно стоящие под технологические трубопроводы. Типы и основные параметры и др.

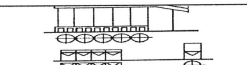
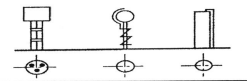
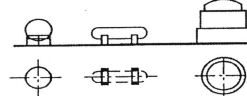
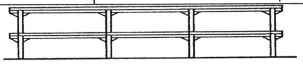
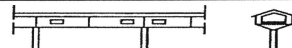
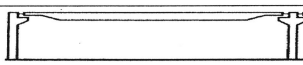
Функциональное назначение	Вид сооружения	
	наименование сооружения	схема сооружения
Емкостные сооружения: для сыпучих материалов	Силосы	
	Бункера	
для жидких материалов	Резервуары	
	Водонапорные башни	
для газообразных материалов	Газгольдеры	
Сооружения конструктивного назначения	Этажерки	
	Постаменты открытого оборудования	
Сооружения конструктивного назначения	Подпорные стены	
	Опоры эстакад	
Сооружения для коммуникаций: наземные	Галереи и эстакады	
	подземные	Коллекторы, каналы, тоннели
Сооружения для погрузочно-разгрузочных работ	Открытые крановые эстакады	
	Разгрузочные железнодорожные эстакады	
Специальные сооружения технического назначения	Дымоотводящие трубы и вытяжные башни	
	Водоохладители	

Рис. 11. Виды инженерных сооружений

Тоннели и каналы должны проектировать по СНиП 2.09.03-85. «Сооружения промышленных предприятий». Трассы тоннелей и каналов должны исполняться в соответствии с требованиями СНиП II-89-80. «Генеральные планы промышленных предприятий».

Бункера выполняются различного типа и зависят от его назначения, компоновки, требуемого запаса материала и др.

В соответствии с унифицированными строительными параметрами разработаны типовые конструкции железобетонных силосов диаметром 6 и 12 м для хранения сыпучих материалов.

Резервуары могут быть заглубленными, круглыми и прямоугольными. Вертикальные цилиндрические резервуары имеют объем до 50 тыс. м³, диаметр 4,7– 60,7 м, высоту 3–18 м. Разработаны проекты вертикальных резервуаров объемом 100, 120, 150 тыс. м³. Шаровые резервуары (сферические) и газгольдеры объемом 6 и 2 тыс. м³ предназначены для хранения жидких и газообразных продуктов при высоком внутреннем избыточном давлении от 0,25 до 1,8 МПа.

Расчет шаровых резервуаров и газгольдеров выполняется на гидростатическое давление жидкости, избыточное давление в газовом пространстве, атмосферные и другие нагрузки с учетом требований Госгортехнадзором.

Основной конструктивный элемент башенных градирен – вытяжная башня. Башни градирен изготавливают из стали и монолитного железобетона.

Водонапорные башни используются в системах хозяйственно-питьевого, производственного и противопожарного водоснабжения промышленных предприятий, сельскохозяйственных комплексов и населенных мест.

Монолитные железобетонные дымовые трубы проектируются высотой до 420 м, с футеровкой из легкого полимерцементного бетона. Газоотводящие стволы выполняют из стали, керамики.

3.3 Объекты санитарной техники

Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.

Здания химических производств большого объема (более 3000 м³) при круглосуточной работе, а также здания и помещения с приточной вентиляцией при двух- и трехсменной работе оборудуют воздушным отоплением, совмещенным с приточной вентиляцией, применяя отопительно-циркуляционные агрегаты. При режиме работы в одну смену предусматривают смешанное отопление: в рабочее время – воздушное, совмещенное с приточной вентиляцией, а в нерабочее время – дежурное, в виде отопительно-рециркуляционных агрегатов или местных нагревательных приборов [2, 10].

Воздушное отопление, совмещенное с приточной вентиляцией, применяют в тех помещениях, где могут выделяться пары или газы, которые в смеси с воздухом могут самовозгораться под действием высокой температуры. Кроме того, воздушное отопление, совмещенное с приточной вентиляцией, можно применять в тех помещениях (независимо от объема), где может выделяться пыль, которая воспламеняется при соприкосновении с водой или с водяными парами, или выделяются взрывоопасные и вредные пары и пыли (фосфор, бертолетова соль, алюминиевая пудра, карбид кальция и т. п.).

Применять полную или частичную рециркуляцию для воздушного отопления не допускается, если в воздухе содержатся болезнетворные микроорганизмы, сильнодействующие ядовитые вещества, резко выраженные неприятные запахи; помещения, в воздухе которых может внезапно возрасти концентрация вредных веществ (производства, работающие с легко испаряющимися жидкостями, сжиженными газами и т. п.).

Во всех помещениях, независимо от их назначения, предусматривают механическую, естественную или смешанную вентиляцию.

По направлению воздушных потоков различают приточную (нагнетательную) вентиляцию и вытяжную – отсасывающую. Приточно-вытяжные механические системы проектируют толь-

ко там, где невозможно устроить естественную или смешанную вентиляцию.

Кондиционирование воздуха предусматривают в тех случаях, когда оно требуется для соблюдения технологического режима (например, в производстве химических волокон) для быстрого удаления из помещения опасных веществ, проникших из аппаратуры при производственных неполадках и авариях, устраивают специальные системы аварийной вытяжной вентиляции с учетом вида производства, свойств и количества выделяющихся вредных веществ.

Вентиляцию проектируют таким образом, чтобы обеспечить движение воздуха из чистых помещений в более загрязненные или подсос воздуха снаружи. Если предусматривают приток воздуха снаружи, необходимо обеспечить постоянство его температуры внутри помещения подогревом приточного воздуха или установкой дополнительных обогревательных приборов. При проектировании заранее учитывают места возможных выделений вредных паров и газов для устройства местных отсосов.

При общеобменной вентиляции, если в помещении выделяются газы и другие вредности, вытяжку из верхней зоны в размере не менее однократного объема помещения за 1 ч предусматривают во всех цехах и во всех случаях независимо от объема воздуха, удаляемого из нижней зоны. Вытяжка из верхней зоны, как правило, должна быть естественной (через дефлекторы, шахты и, в отдельных случаях, через незадуваемые фонари). Воздух из нижней зоны удаляется механическим путем.

В помещениях с высокой токсичностью выделяющихся газов и паров устраивают вытяжную вентиляцию с механическим побуждением. Полную аэрацию предусматривают только в цехах с избытком тепла, достаточным для подогрева поступающего наружного воздуха (например, в печных отделениях химических заводов и т. п.). В тех цехах, где одновременно с выделением тепла выделяются газы и пыль, полная аэрация возможна лишь при условии, что подаваемый наружный воздух не мешает естественному выходу загрязненного воздуха из помещения через верхнюю зону. В тех случаях, когда это условие не соблю-

дается, предусматривают смешанные приточно-вытяжные системы вентиляции: на летний период – полную аэрацию, на зимний – механическую приточную вентиляцию и естественную вытяжную.

При большом выделении в помещении водяных паров в зимнее время подача неподогретого воздуха не допускается. Свежий приточный воздух подают в рабочую зону механическими вентиляторами через распределительные насадки. Нельзя подавать свежий воздух непосредственно в места наибольшего выделения газов и пыли, т. к. последние могут распространиться по всему помещению.

Сосредоточенную подачу приточного воздуха в рабочую зону обычно устраивают в цехах отвечающих следующим требованиям: технологическое оборудование расположено правильными рядами со свободными проходами между ними; у оборудования имеются местные отсосы, и пыль в помещениях не выделяется; при небольшом количестве обслуживающего персонала отсутствуют зафиксированные рабочие места и при закрытом технологическом процессе.

Аварийную вытяжную вентиляцию предусматривают в тех случаях, когда в помещения за короткое время может проникнуть много опасных продуктов. Воздух, удаляемый аварийными вентиляционными установками, должен выбрасываться выше покрытия здания, но не ближе 20 м от дымовых труб. Для аварийной вентиляции используют осевые вентиляторы, устанавливаемые в нишах. В настоящее время широко применяют автоматическое включение аварийной вентиляции от газоанализаторов, настроенных на предельно допустимые по санитарным или противопожарным нормам концентрации газов или паров, с одновременной подачей звукового сигнала.

Кондиционирование воздуха предусматривают в безоконных, герметично закрытых помещениях. Наружный забор воздуха для приточной вентиляции делается в местах наиболее удаленных и защищенных от мест выброса вредных газов, паров и пыли. Минимальное расстояние между забором воздуха и ближайшим очагом загрязнения его (выхлопные трубы, вытяж-

ные шахты вентиляции, дымовые трубы, канализационные колоды и т. п.) принимается не менее 6 м по вертикали и 10–12 м по горизонтали.

Воздухозаборные отверстия нужно располагать ниже отверстия для удаления загрязненного воздуха: расстояние от земли до воздухоприемного отверстия принимают не менее 2 м. Ориентируют воздухозаборные отверстия с учетом направления ветра и располагают их с наветренной стороны.

Предприятия химической промышленности являются источниками загрязнения атмосферного воздуха вредными газами и пылью. Такие выбросы подрывают здоровье работающих и живущих людей по соседству с химическими предприятиями. Основными мероприятиями по борьбе с загрязнением атмосферного воздуха с промышленными выбросами являются: организация технологического процесса, исключающая выброс в атмосферу отходящих газов; герметизация технологического оборудования; отказ от применения складов и резервуаров открытого типа; правильный выбор места для строительства завода и расположение вредных цехов на генеральном плане с подветренной стороны: устройство очистки выбрасываемого воздуха.

Очистка воздуха и газов от взвешенных частиц (пыли или тумана) осуществляется с помощью специальных аппаратов пыле- или туманоуловителей, подразделяемых на четыре группы:

- 1 механические пылеуловители (пылеосадительные камеры, инерционные и жалюзийные пыле- и брызгоуловители, циклоны, мультициклоны). Аппараты этой группы применяют для грубой очистки;

- 2 мокрые газоочистители, в которых взвешенные частицы отделяются от газа путем промывки его жидкостью;

- 3 фильтры (пористые перегородки или слой материала), задерживающие взвешенные в газах частицы, применяются для тонкой очистки газов от твердых, а некоторые – от жидких частиц;

- 4 электрофильтры, отделяющие твердые и жидкие взвешенные частицы от газов с помощью электрических сил.

Вредные примеси в виде газов и паров извлекают обычно поглощением жидкими реагентами (абсорбцией) и твердыми

веществами (адсорбцией). Некоторые газообразные продукты можно обезвредить путем сжигания. В отдельных случаях применяют комбинацию нескольких способов.

Водоснабжение. Заводы химической промышленности потребляют очень большое количество воды. В химической промышленности применяют привозную воду из близлежащих водоемов, а также оборотную воду, т. е. возвращенную после очистки в производственный цикл.

Как известно, природные воды содержат различные примеси: газы, растворенные соли, коллоидные частицы. Количество и состав примесей в воде зависят главным образом от ее происхождения (атмосферная, поверхностная и подземная). К воде, применяемой для производственных нужд, предъявляют определенные требования по жесткости, содержанию взвешенных примесей и т. д.

Для некоторых производств требуется очищенная вода (частично умягченная, обессоленная, а также вода с ограниченным содержанием кислорода). Для получения требуемых качеств воды предусматривается соответствующая ее обработка и очистка. К основным операциям подготовки воды относят очистку от взвешенных примесей, отстаивание, фильтрование, умягчение и т. д.

На предприятиях химии обычно сооружают несколько оборотных циклов воды, применяются различные типы градирен с естественным протоком воздуха или с принудительной его подачей. Прокладывать основные водоводы оборотного водоснабжения нужно по коммуникационному коридору с разветвлением по отдельным объектам. Систему оборотного водоснабжения следует проектировать комплексно и привязывать к отдельным видам технологических процессов. Прокладка труб систем оборотного водоснабжения может быть открытой по высоким опорам и эстакадам вместе с другими видами трубопроводов или по низким опорам, или шпалам. В отдельных случаях разрешается прокладывать эти трубы под землей.

Канализация. По степени загрязнения сточные воды разделяют на несколько видов. Химически не загрязненные воды,

многократно используемые, сбрасываемые в естественные водоемы вместе с ливневыми водами, но при постоянном контроле. Загрязненные воды содержат различные по химическому составу вредные примеси. Такие воды опасны для естественных водоемов.

Бытовые или хозяйственно-фекальные воды поступают в общегородскую сеть канализации. В дальнейшем эти воды очищаются на полях орошения, полях фильтрации или на станциях биологической очистки.

Промышленные загрязненные сточные воды можно использовать после удаления из них ядовитых веществ.

Канализационные системы для удаления сточных вод состоят из открытых и закрытых приемных устройств (лотков, трапов-ловушек), отстойников очистных сооружений, канализационных сетей со смотровыми колодцами, станции перекачки.

Производственные сточные воды перед спуском в магистральную сеть производственной канализации должны подвергаться первичной очистке на локальных установках или на установках для групп производств. Там после нейтрализации кислот и щелочей, извлечения пожаро- и взрывоопасных веществ, масел, смол и других токсичных веществ сточные воды обезвреживаются и сбрасываются в биологические очистные сооружения и водоемы. Запрещается объединять различные потоки сточных вод, способных при смешивании выделять токсичные и взрывоопасные смеси, или выпадающие осадки. Не допускается объединять спуск жидкостей из аппаратов, работающих под повышенным давлением, он производится через промежуточные емкости, в которых происходит выравнивание давления и только после этого через гидравлический затвор жидкость стекает в канализацию.

Газы и пары отводятся отдельно из каждого изолированного участка канализационного устройства, а также из отстойников, ловушек и очистных сооружений. Для вентиляции наружной сети канализации загрязненных стоков в местах выпуска сточных вод и на поворотах трассы устанавливают вентиляционные трубы.

Противопожарное водоснабжение является одним из видов огнегасительных средств противопожарной техники, применяемой в химических производствах. Противопожарные водопроводы устраивают высокого и низкого давления. Для обеспечения бесперебойной подачи воды сети пожарного водоснабжения делают кольцевые; для отдельно стоящих зданий допускаются тупиковые линии длиной не более 200 м. Гидранты устанавливают вдоль дорог и проездов на расстоянии не больше 100 м друг от друга, не ближе 6 м от стен зданий и не дальше 2 м от дороги. Расстояние от гидрантов до очага пожара не должно превышать 100 м для водопроводов высокого давления и 150 м для водопроводов низкого давления.

В химических производствах применяют спринклерные и дрейчерные установки, предназначенные для автоматического тушения пожаров водой в начале их возникновения с одновременной подачей сигналов тревоги.

Условия противопожарной безопасности и взрывоопасности зданий. В цехах предприятий химической промышленности при наличии паровоздушных смесей сероуглерода, ацетилен, этилового эфира и других веществ, способных воспламениться от искр, полы следует делать из неискрящих при ударе материалов (асфальт с известняковым наполнителем, керамические неглазурованные плитки, трудносгораемые пластики и т. п.).

В зданиях без фонарей, предназначенных для производств с повышенной пожароопасностью, устраиваются для удаления дыма вытяжные шахты с дистанционным управлением их открывания и поперечным сечением не менее 0,2 % площади поперечного сечения производственных помещений. В некоторых помещениях площадь поперечного сечения люков может достигать 1,2 % площади пола помещений или 12 м² на 1000 м² пола. В каждом изолированном помещении со сгораемыми материалами независимо от площади пола следует устраивать дымовой люк.

В последнее время получили распространение дымовые шахты, разработанные Госхимпроектом и Промстройпроектом из сборных железобетонных элементов. В нормальных условиях шахта служит для вентилирования чердачных помещений. Низ

шахты плотно перекрывается полотнищами трудносгораемой или несгораемой конструкции. В случае возникновения пожара эти полотнища должны открываться и обеспечивать удаление дыма. Одновременно с открыванием полотнищ должны закрываться другие проемы, служащие для вентиляции чердака. Открывание полотнищ производится автоматически.

Существуют различные конструкции вентиляционных дымовых шахт, которые можно применять как в бесчердачных, так и в чердачных покрытиях. Вытяжные шахты могут иметь жалюзи или дефлектор. Открываться клапаны могут вручную, дистанционно и автоматически.

В складских зданиях, подвальных помещениях в качестве дымовых люков можно использовать специальные проемы из расчета один проем на 1000 м^2 , в каждом отсеке ширина проема должна быть не менее $1,5\text{--}2 \text{ м}^2$. Для обеспечения доступа к очагу пожара рекомендуется устраивать легкоразбираемые перегородки или закладные части во внутренних стенах, со специальными приспособлениями для удаления их из стен.

В химической промышленности существуют производства с весьма взрывоопасными процессами, связанными с обработкой легковоспламеняющихся жидкостей и газов.

Сохранить несущие и ограждающие конструкции зданий при взрыве можно, если снизить давление внутри здания до безопасной величины за время, которое должно быть меньше времени, когда наступит разрушение конструкций и ограждений. Для «сброса» давления внутри здания и продуктов взрыва часто используют оконные и дверные проемы. Площадь их должна быть вполне достаточной, а разрушающее давление и время разрушения переплетов и полотен должно быть меньше разрушающего давления и времени разрушения ограждений и несущих конструкций. Если эти условия не выполнены, то в покрытиях или в стенах устраивают дополнительные проемы, перекрываемые противовзрывными клапанами, – легко сбрасываемыми или разрушающимися панелями.

Для взрывоопасных зданий строительными нормами и правилами рекомендуется применять только одинарное остекление,

оконные переплеты должны открываться только наружу. Толщина стекол не должна превышать 2 мм. Стеновые панели и оконные каркасы крепят таким образом, чтобы они легко вытаскивались при незначительных давлениях. Для изготовления стеновых панелей используют легкие теплоизоляционные несгораемые материалы.

Контрольные вопросы к главе I:

- 1 Понятие о проекте и их виды.
- 2 Какие проекты называют индивидуальными?
- 3 Какие проекты называют типовыми?
- 4 Приведите примеры привязки проекта
- 5 Состав технического проекта
- 6 С какой целью разрабатывают технический проект?
- 7 Для чего нужен рабочий проект?
- 8 Для каких объектов составляют техно-рабочий проект?
- 9 Кем утверждается технический проект?
- 10 Стадии проектирования.
- 11 Что входит в договор на составление проекта?
- 12 Что входит в задание на проектирование?
- 13 С какой целью проводят инженерные изыскания?
- 14 С какой целью проводят экономические изыскания?
- 15 Кем утверждается проектная документация при строительстве промышленных объектов за счет капитальных вложений из республиканского бюджета?
- 16 Примерный перечень технико-экономических показателей.
- 17 Примерный состав проекта предприятия.
- 18 Определение сметной стоимости зданий и сооружений.
- 19 Расчет основных технико-экономических показателей проекта.
- 20 Система нормативных документов в проектировании.
- 21 Какой чертеж называют генеральным планом?
- 22 Приведите примеры расположения зданий и сооружений на генеральном плане.
- 23 Порядок проектирования генерального плана.

24 Основные положения проектирования промышленных зданий и сооружений.

25 Какая схема служит основой для разработки архитектурно-строительной части проекта?

26 На какие группы делят технологическое оборудование при застройке химических предприятий?

27 Покажите наиболее распространенные виды пространственных форм основного и вспомогательного оборудования и возможные схемы их компоновки.

28 Что дает использование принципа структурного уровня организации химического предприятия в планировке?

29 Для каких технологических процессов проектируют одноэтажные промышленные здания?

30 Какие объекты входят в состав одноэтажных промышленных зданий?

31 Компоновка оборудования одноэтажных зданий.

32 Для каких технологических процессов проектируют многоэтажные промышленные предприятия?

33 Для каких технологических процессов проектируют павильонные здания?

34 Оборудование, устанавливаемое на открытых площадках.

35 Для чего нужны вспомогательные здания и помещения?

36 Какие бывают склады по назначению?

37 Что относится к инженерным сооружениям?

38 Отличие инженерных сооружений от технологического и инженерного оборудования.

39 Что входит в состав вспомогательного здания и помещений?

40 Склады подразделяемые по группам и пожарным требованиям.

41 Нормативные документы в промышленном проектировании.

42 Где применяется метод блокированной застройки?

43 Где применяется метод застройки отдельными зданиями?

44 Зонирование заводской территории.

45 Какие основные пожарные требования при проектировании генплана?

46 Что такое – «роза ветров»?

47 Какое остекление рекомендуется применять для взрывоопасных зданий?

48 Куда должны открываться оконные переплеты во взрывоопасных зданиях?

49 Где применяются дымовые шахты?

50 Для каких целей применяют спринклерные и дренчерные установки?

Глава II ОБОРУДОВАНИЕ ЗАВОДОВ [21–46]

1 Классификация оборудования

В химической промышленности применяют множество различных по назначению, конструкции и принципу действия аппаратов и механизмов, в связи с чем необходима их классификация [22].

По назначению и принципу действия оборудование подразделяется на машины и аппараты.

Машины – это механизмы или сочетания механизмов, осуществляющие определенные целесообразные движения для преобразования энергии или для производства работы. Так, в компрессоре механическая энергия затрачивается на сжатие газа, а в дробилке – на измельчение материала.

Аппараты – это устройства, предназначенные для проведения химических, физико-химических, тепловых и гидромеханических процессов, в которых механические операции играют вспомогательную роль. По областям применения и масштабам производства оборудование подразделяется на универсальное, специализированное и специальное. К универсальному относится типовое оборудование, пригодное для многих производств химической промышленности; насосы, компрессоры, теплообменники, фильтры, центрифуги, конвейеры и т. д.

Специализированное оборудование предназначено для одного или нескольких близких по типу производств. Его выпускают небольшими сериями. К специализированному оборудованию относятся абсорберы, ректификационные колонны, выпарные аппараты и кристаллизаторы.

Специальное оборудование применяют для проведения одного определенного технологического процесса или операции.

Сюда, например, можно отнести колонны синтеза аммиака, контактные аппараты для окисления двуоксида серы, печи для кальцинации соды и др.

Технологическое оборудование по его роли в осуществлении процесса подразделяется на основное и вспомогательное. К основному (технологическому) оборудованию относятся аппараты и машины, необходимые для проведения химических и физико-химических процессов, в результате которых образуются целевые продукты. Важнейшие факторы, определяющие тип и конструкцию аппарата – агрегатное состояние веществ, участвующих в процессе, их химические свойства, концентрация C , температура T , давление P и тепловой эффект процесса. Размеры аппарата зависят от количества веществ, проходящих через данный аппарат, необходимого времени пребывания или количества передаваемого тепла или массы, а также от режима работы.

Вспомогательное оборудование (мерники, емкости, хранилища, бункера) не оказывает существенного влияния на технологический процесс. Производительность установки (технологической линии) или выход готового продукта не зависит от размеров и конструкции вспомогательного оборудования, поэтому последние можно изменять в определенных пределах.

По условиям работы различают непрерывно и периодически действующее оборудование. В аппаратах или машинах периодического действия локальная интенсивность процесса и его параметры (T , P , C) непрерывно изменяются во времени.

Аппараты и машины непрерывного действия отличаются постоянством локальной интенсивности процесса и его параметров. Все операции, необходимые для осуществления процесса, выполняются одновременно в разных аппаратах или в разных частях одного аппарата, в результате чего достигается высокая производительность. В аппаратах данного типа меньше расходуется энергии, легче поддержать оптимальный технологический режим и их проще автоматизировать.

В химической промышленности нередко применяют аппараты смешанного типа – полунепрерывные, в которые один компонент (газ или жидкость) подается и выгружается непрерывно, а другой (твердое или жидкость) – периодически.

Машины, используемые в химической промышленности, подразделяются на следующие группы:

1 подъемно-транспортные устройства предназначены для транспортировки сыпучих (пылевидных, порошкообразных или кусковых) твердых материалов и штучных грузов (мешки, ящики и т. д.) в пределах цеха или предприятия. К данному классу машин относятся различные транспортеры и элеваторы, широко используемые на предприятиях основной химии.

2 дробильно-размольное оборудование – машины, предназначенные для уменьшения величины частиц твердых материалов. Это дробилки (щековые, конусные, молотковые и т. д.), бегуны, мельницы (шаровые, стержневые, струйные и других типов) и дезинтеграторы;

3 смесители – устройства для механического перемешивания неоднородных твердых и жидких материалов в целях получения смесей твердых веществ, суспензий и эмульсий;

4 грануляторы и прессы - машины для увеличения размера частиц твердых сыпучих материалов. Они широко используются для превращения пылевидных и порошкообразных веществ в гранулы с величиной частиц 1–50 мм;

5 классификаторы – устройства для разделения твердых веществ по величине, форме или плотности частиц. В зависимости от конструкции подразделяются на сита и грохоты;

6 питатели (дозаторы) для твердых сыпучих материалов используются для непрерывной или периодической подачи материалов в заданном количестве. В зависимости от принципа действия и конструкции подразделяются на весовые и объемные;

7 машины для распаривания поступающих материалов (например, для разрезания бумажных или пластиковых мешков), расфасовки и упаковки готовой продукции. Ими оборудуются склады;

8 машины для транспорта газов (компрессоры) и жидкостей (насосы). По принципу действия и особенностям конструкции они подразделяются на поршневые, центробежные, вихревые, ротационные, струйные и др.

Аппараты в зависимости от основной величины, определяющей их производительность, делятся на поверхностные и объемные.

К поверхностному типу относятся все аппараты, производительность которых определяется поверхностью тепло- или массопередачи, а также некоторые аппараты гидромеханических процессов, производительность которых зависит от поверхности фильтрации или отстаивания.

В аппаратах объемного типа величиной, определяющей производительность, является объем, а поверхность тепло- или массопередачи не играет существенной роли.

По технологическому назначению аппараты подразделяются на: теплообменные, массообменные, гидромеханические и реакционные.

Следует иметь в виду, что в заводских аппаратах одновременно могут протекать процессы различных типов, например при сушке одновременно происходят теплообмен и массопередача, а процессы абсорбции (массообменные) часто сопровождаются химическим взаимодействием.

Аппараты гидромеханических процессов делятся на три группы:

1) аппараты для разделения газовых неоднородных систем выделяют из газов пыль и капли жидкости. К ним относятся пыльные камеры, циклоны, брызгоуловители, электрофильтры и тканевые фильтры для очистки газов;

2) аппараты для разделения жидких неоднородных систем служат для выделения из жидкой фазы твердых частиц или капель нерастворимой жидкости. К этой группе аппаратов относятся отстойники, фильтры, центрифуги, гидроциклоны и сепараторы;

3) аппараты для образования неоднородных систем – смесители, аппараты с кипящим и взвешенным слоем.

В теплообменных аппаратах осуществляется теплопередача между различными фазами или различными технологическими потоками.

К массообменным относятся те аппараты, в которых основным процессом является перенос массы между различными фазами: абсорберы и десорберы различных типов, растворители и кристаллизаторы, сушилки и реакторы гетерофазных процессов.

Аппараты, предназначенные для проведения химических процессов, в которых происходит изменение молекулярного состава веществ, называются реакторами. В зависимости от условий работы они бывают следующих видов:

1) реакторы идеального смешения (РИС) – аппараты с перемешивающими устройствами, обеспечивающими постоянство всех параметров во всех точках объема. Это растворители и кристаллизаторы, смесители, аппараты КС;

2) реакторы идеального вытеснения (РИВ) – аппараты, в которых отсутствует перемешивание реагирующих веществ. К данному типу можно отнести контактные аппараты с фильтрующим слоем, трубчатые контактные аппараты и шахтные печи.

По технологическому назначению реакторы подразделяются на:

1) контактные аппараты или конверторы служат для проведения каталитических процессов в системах газ-газ с участием твердых катализаторов;

2) печи – реакторы, предназначенные для осуществления высокотемпературных процессов;

3) аппараты для проведения химических процессов между жидкостями и твердыми веществами – реакторы жидкофазных процессов;

4) аппараты высокого давления – реакторы, предназначенные для проведения химических процессов при высоких давлениях. Они выделяются в отдельную группу в связи с особенностями конструкции, которая должна выдерживать давление 10–200 МПа.

2 Требования, предъявляемые к оборудованию

Любое оборудование должно удовлетворять ряду технологических и конструктивных требований [23–26].

Технологические требования:

1 максимальная производительность при минимальных затратах материалов, энергии, труда на обслуживание. Достигает-

ся выбором оптимальной конструкции и режима работы, обеспечивающего максимальную интенсивность процесса;

2 устойчивость заданного технологического режима и основных параметров процесса (P , T , C), точность и удобство регулирования, возможность применения автоматического контроля и управления. Обеспечивается правильным выбором конструкции, установкой приборов контроля и средств регулирования параметров процесса;

3 механизация и автоматизация загрузки и выгрузки;

4 конструкция аппаратов должна отвечать требованиям техники безопасности и промышленной санитарии: обеспечивать безопасность труда, исключать вредные выбросы и излучения путем герметизации и изоляции аппаратуры.

Конструктивные требования:

1 механическая прочность и устойчивость формы. Химические аппараты работают при повышенных температурах и давлениях и часто содержат ядовитые, вредные или взрывоопасные вещества. Для предотвращения аварий при расчете принимается повышенный запас прочности. В ряде случаев обечайки рассчитываются из условий устойчивости, например, если аппараты работают под наружным давлением;

2 долговечность и надежность. Расчетный срок службы аппаратуры – 10–12 лет, а фактический может значительно отличаться от указанного срока. Повышение долговечности достигается путем применения коррозионно-устойчивых материалов, устройства покрытий, защищающих от действия коррозионноактивных сред и высоких температур, надежных узлов и механизмов, а также путем периодического ремонта и замены изнашиваемых деталей и узлов;

3 конструктивное совершенство. Характеризуется малыми габаритами аппарата или машины, малым расходом дефицитных дорогих материалов, простотой и дешевизной изготовления, сборки и разборки, а также безопасностью эксплуатации;

4 транспортабельность. Увеличение производительности аппаратов приводит к росту их габаритных размеров, в связи с чем при конструировании необходимо учитывать возмож-

ность транспортировки аппарата или его частей от завода-изготовителя к месту монтажа.

5 унификация. Оборудование для химико-технологических производств чрезвычайно разнообразно по конструкции и габаритам. Однако для близких процессов в различных отраслях промышленности могут быть применены аналогичные по конструкции машины, аппараты или узлы. Это дает возможность унифицировать многие узлы и детали химической аппаратуры, а также ряд аппаратов и машин. При проектировании необходимо максимально использовать унифицированные узлы, детали и аппараты, руководствоваться ГОСТами, регламентирующими типы, параметры и основные размеры химической аппаратуры, например:

ГОСТ 10168-75. Насосы центробежные для химических производств. Типы и основные параметры.

ГОСТ 11875-73. Аппараты с вращающимися барабанами общего назначения. Основные параметры и размеры.

3 Оборудование для измельчения кусковых материалов

3.1 Дробление, грохочение руды. Измельчение и классификация материалов

Извлеченная из земли руда содержит минералы и пустую породу. Рассеянность, тонина вкрапления минералов в пустой породе требует ее разрушения. Физическое разделение минералов и пустой породы осуществляют различными степенями дробления и степени измельчения, которые приведены в табл.1.

Задача дробления и измельчения состоит в увеличении поверхности твердого материала путем уменьшения размеров его кусков. Как правило, процессы подготовки руды делятся на две группы: дробление и мелкое измельчение. Отделение дробления сочетается с операциями ситовой классификации, которая называется грохочением. При дроблении материалов исходят из принципа «не дробить ничего лишнего», поэтому необходима сортировка продукта дробления по крупности до и после каждого процесса дробления и измельчения.

Таблица 1

Дробление	Размер кусков руды, мм		Степень измельчения, %
	Начальные	Конечные	
Крупное	500–300	300–100	3–5
Среднее	300–100	50–10	6–10
Мелкое	50–10	10–2	–
Тонкое	10–2	2–0,05	50

Дробление руды может проводиться на следующих видах дробилок: щековая, конусная, молотковая.

Щековая дробилка (рис. 12), дробление материалов в ней происходит в результате периодического сжатия, находящихся в рабочем пространстве кусков руды, подвижной и неподвижной щеками. Основные усилия в щековых дробилках – это раздавливание и раскалывание.

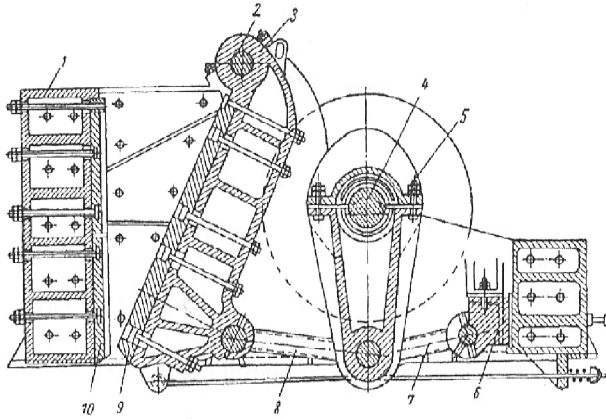


Рис 12. Щековые дробилки с простым качанием щеки:
 1 – корпус; 2 – ось; 3 – подвижная щека; 4 – эксцентриковый
 приводной вал; 5 – шатун; 6 – регулировочная колодка;
 7, 8 – распорные плиты; 9, 10 – сменные плиты
 Производительность дробилки определяется по формуле

$$Q = Q_k \cdot \frac{\gamma}{2.65}, \quad (1)$$

где Q_k – производительность дробилки по каталогу,
 γ – удельный вес руды, т/м³.

Конусная дробилка, измельчение руды в ней осуществляется раздавливанием руды при сближении поверхности неподвижного и подвижного конусов, при этом руда измельчается не только раздавливанием, но и изгибом. На рис. 13 приведен разрез конусной дробилки для крупного дробления.

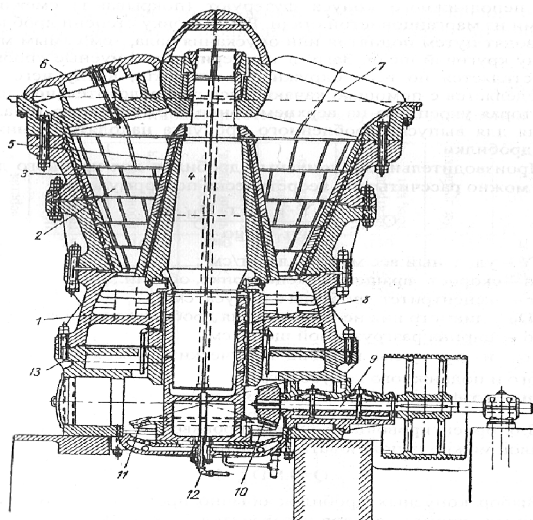


Рис. 13. Конусная дробилка для крупного дробления:
 1–корпус; 2–плиты неподвижного конуса; 3–корпус подвижного конуса; 4– вертикальный вал; 5 – сменная броня; 6 – защитные плиты; 7 – крестовина; 8 – эксцентрик; 9 – приводной вал; 10, 11 – зубчатая передача; 12 – насос смазки; 13 – втулка

Для ориентировочной оценки производительности конусных дробилок используют уравнение

$$Q = 0.8 D_n^2 \cdot d, \quad (5)$$

где D_n – диаметр нижнего основания конуса, см;

d – ширина разгрузочной щели, см;

0,8 – безразмерный коэффициент из практики работ конусных дробилок.

Молотковая дробилка. При дроблении глинистых и вязких руд применяется молотковая дробилка. Она отличается сравнительно высокой производительностью, надежностью в работе, компактностью и высокой степенью дробления. Дробление руды происходит за счет усилия – удара и раскалывания. Наиболее простой в эксплуатации является однороторная молотковая дробилка (рис. 14), которая состоит из стальных плит кожуха, внутри которой помещен вращающийся вал, на валу укреплены молотки из стали. Материал измельчается под ударами молотков и разрушается снизу.

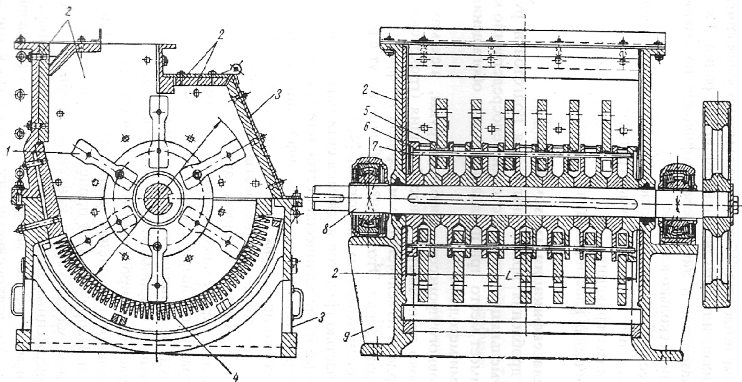


Рис. 14. однороторная молотковая дробилка:

1 – молотки; 2 – отбойная плита; 3 – кожух дробилки;

4 – колосниковая решетка; 5, 6, 7 – устройство для крепления молотков; 8 – вал; 9 – станина

Производительность молотковой дробилки определяется по формуле

$$Q = \frac{kld_m^2 \cdot h}{3600(i-1)}, \quad (6)$$

где l – длина ротора, м;

d_m – диаметр вращения молотков, м;

h – скорость вращения ротора, об/мин;

i – степень измельчения;

k – коэффициент, величина которого принимается равной 0,12–0,22, в зависимости от конструкции дробилки и твердости руды.

Ситовая классификация (грохочение). Для разделения дробленого или измельченного материала на фракции с различными размерами зерен применяют грохоты (рис.15).

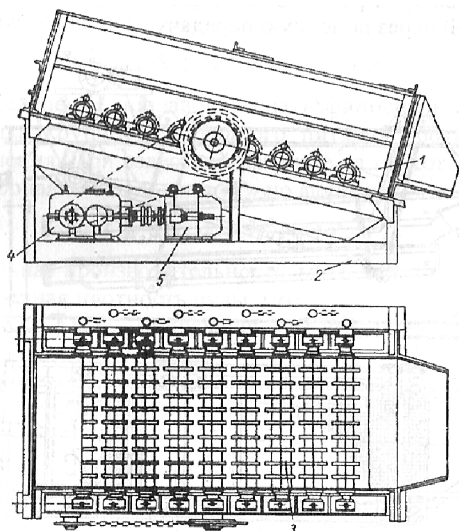


Рис. 15. Валковый подвижной грохот:
1 – короб; 2 – рамка;
3 – средний валок;
4 – редуктор;
5 – электродвигатель

Основной частью грохота является сито определенной формы, изготовленных из металлических сеток или листов с перфорированными отверстиями. Ситовая классификация обычно тесно связана с процессом дробления и измельчения материала, т. к. позволяет сократить количество материала, идущего в дробилку, и контролирует крупность дробленого продукта.

Измельчение и классификация материалов. После дробления получают дробленую руду с размерами кусков 20–30 мм,

которая является исходным продуктом для последующей стадии тонкого измельчения.

Цель тонкого измельчения – вскрытие зерен слоя пустой породы, затрудняющей как диффузионные (выщелачивание), так гидромеханические (флотационные, гравитационные обогащение и т. д.) процессы. Тонкое измельчение проводится в шаровых или стержневых мельницах. Измельчение в шаровых мельницах основано на ударе под действием падающих стальных шаров и на истирание материала между шарами и внутренней поверхностью корпуса мельницы. Процесс измельчения проходит следующим образом: при вращении заполненного шарами барабана мельницы, шары под действием центробежной силы и силы трения поднимаются вверх и затем под влиянием силы тяжести падают вниз, измельчая при этом материал (рис. 16).

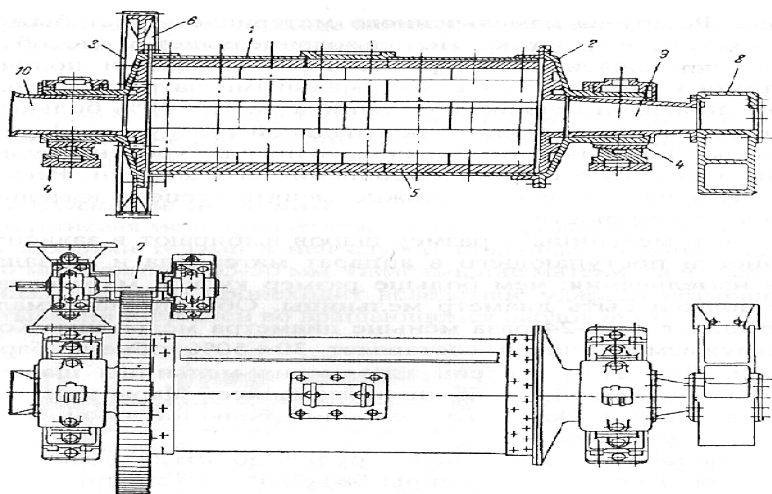


Рис. 16. Шаровая мельница:

- 1 – корпус; 2 – торцевая крышка; 3 – зубчатый венец;
- 4 – подшипник; 5 – плиты; 6, 7 – редуктор;
- 8, 9 – разгрузочная цапфа; 10 – загрузочная цапфа

Производительность шаровой мельницы зависит от целого ряда факторов, и поэтому её расчет связан с большими трудностями. Практически можно использовать формулу:

$$Q = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot V \cdot g, \quad (7)$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий диаметр барабана;

K_2 – коэффициент, учитывающий тип мельницы;

K_3 – коэффициент, учитывающий измельченность руды;

g – удельная производительность мельницы на 1 м^3 ее объема, т/сут;

V – объем мельницы, м^3 .

Указанные коэффициенты берут из справочной литературы.

Стержневая мельница отличается от шаровой тем, что измельчающими телами в ней служат стальные стержни диаметром 40–120 мм и длиной 25–50 мм. Измельчение материала в стержневых мельницах происходит вследствие удара и истирания или перекатывания стержней во вращающемся барабане.

Схемы измельчения. Количество возможных схем измельчения велико, но на практике применяются значительно меньше количество схем. На рис. 17 приведена схема одностадийного измельчения.

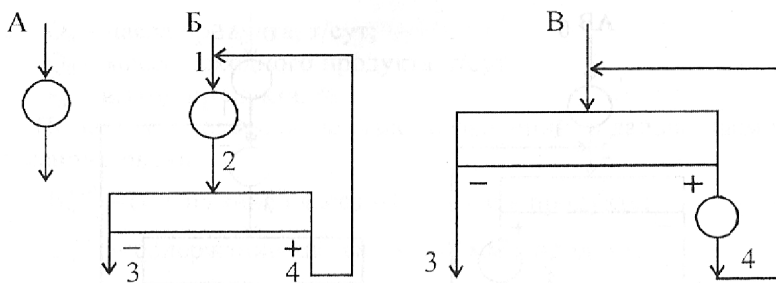


Рис.17. Разновидности стадий измельчения

Разновидность А – применяется только в первой стадии измельчения. При этом устанавливаются стержневые мельницы.

Разновидности Б и В могут применяться как в первой, так и в последующих стадиях измельчения.

В качестве измельчающего аппарата во всех этих схемах устанавливаются шаровые мельницы с разгрузкой через решетку. В этом случае номинальная крупность питания составляет 300–500 мм. В качестве классифицирующих аппаратов в одностадийных схемах устанавливаются как спиральные классификаторы, так и гидроциклоны. На рис. 18 изображены двухстадийные схемы измельчения с открытым циклом в первой стадии.

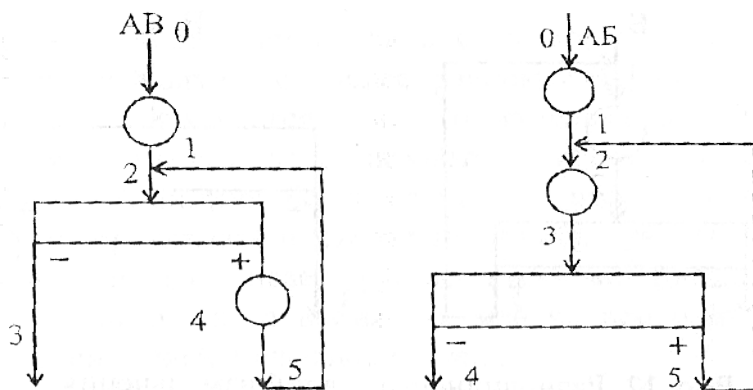


Рис. 18. Рекомендуемые двухстадийные схемы измельчения с открытым циклом

Схемы АВ и АБ могут быть применены и при более глубоком помоле до содержания готового класса в конечном продукте менее 65 %. Обычно двухстадийные схемы могут применяться для любых руд и при любой производительности. Они получили широкое распространение в промышленности.

Речные и спиральные классификаторы. Классификация материалов используется для разделения твердого материала на фракции по скоростям падения частиц в жидкой среде.

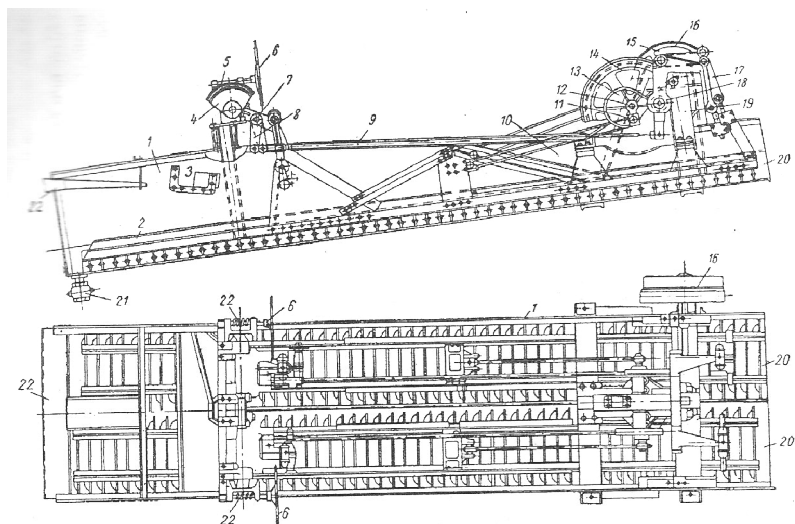


Рис. 19. Речный классификатор. Общий вид

При движении твердых частиц руды или породы в движущейся струе жидкости под влиянием силы тяжести происходит его классификация, т. е. твердый материал делится на две фракции, отличающийся по крупности.

Пески – наиболее крупная фракция, оседающая на дно аппарата, отделяется от взвешенной частицы струей жидкости, которая называется сливом.

Гидравлическая классификация, основана на использовании силы тяжести и происходит по законам падения твердых тел в жидкой среде.

Механические классификаторы широко применяют на стадии измельчения, где они работают в замкнутом цикле с мельницами. Обычно мельницу и классификатор соединяют так, чтобы слив мельницы и пески классификатора транспортировались самотеком по наклонным желобам. В промышленности широкое распространение получили речные и спиральные классификаторы. В речном классификаторе (рис. 19) механизм,

транспортирующий пески по днищу 1 выполнен в виде скребкового конвейера, а слив разгружается через порог 4.

Спиральные классификаторы (рис. 20) отличаются тем, что удаление песков из корыта 1 выполняется спиралями 2 винтового конвейера (шнеки); тонкий слив разгружается так же, как и в реечном классификаторе, через порог задней стенки корыта.

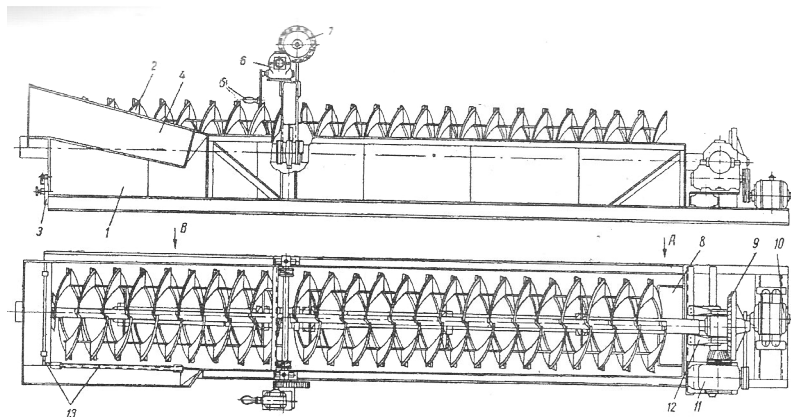


Рис. 20. Спиральный классификатор. Общий вид

Угол наклона спирального классификатора, обеспечивает большие уклоны желобов, что позволяет применять такие аппараты в самотечном цикле с мельницами. Принцип работы спирального классификатора заключается в следующем: на наклонном корыте, внутри которого вращается одна или несколько спиралей, частично погруженных в жидкость, транспортирует падающие пески вверх из нижней части корыта для выгрузки. В верхней части производится разгрузка песков, а слив переливается через сливной порог в нижней части аппарата. Пульпа загружается в классификатор обычно через борт корыта или загрузочное окно. Производительность спирального классификатора с высоким порогом можно определить по формуле

$$Q = (94 \cdot d + 16d) K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (8)$$

где d – диаметр спирали, м;

K_1 – коэффициент, учитывающий степень заполнения;

K_2 – тип классификатора;

K_3 – коэффициент, учитывающий крупность разделения.

4 Машины и устройства внутрицехового транспорта

4.1 Основные задачи внутрицехового транспорта

Транспорт на заводе служит для решения следующих задач: перемещения по технологическому потоку перерабатываемых продуктов и перемещения по точкам выполнения технологических, монтажных и ремонтных операций, отдельных аппаратов периодического действия и их узлов и др. Транспортные средства, используемые на заводе, могут быть разбиты на следующие группы:

- Трубопроводный транспорт
- Конвейеры (ленточные, шнековые и др.) и элеваторы
- Мостовые краны, кранбалки, монорельсовые подъемные устройства
- Напольный безрельсовый транспорт
- Напольный рельсовый транспорт
- Железнодорожный транспорт

4.1.1 Трубопроводы и арматура

По назначению трубопроводы подразделяются на материальные, предназначенные для транспорта исходных, промежуточных и конечных веществ химического производства, на паропроводы, конденсатопроводы, водопроводы, трубопроводы сжатого воздуха, вакуумные системы и производственную канализацию. Основными частями трубопроводных систем являются трубы, соединительные детали трубопроводов (фланцы, муфты), фасонные части (отводы, тройники, переходы и др.) и арматура (краны, вентили, задвижки, клапаны и т. д.) [22, 26–28].

Трубы и фасонные части трубопроводов. Материал труб выбирают, учитывая коррозионную активность среды, ее давление и температуру. Толщину стенок труб принимают по рекомендациям ГОСТов на сортамент труб, в которых указывается предельное допустимое давление, либо по уравнению. Длина труб, число поворотов, патрубков, вентилей или задвижек зависит от размещения соединяемых аппаратов. Внутренний диаметр трубы $D_{вн}$ (м) находят по формуле

$$D_{вн} = \sqrt{\frac{4w}{9\pi}}, \quad (9)$$

где v – линейная скорость жидкости (газа) в трубопроводе, м/с;

w – расход жидкости (газа), м³/с.

На основании практических данных рекомендуются следующие линейные скорости. Для газовых систем, работающих при давлении, которое близко к атмосферному и создается вентиляторами или дымососами, скорость газа должна составлять 12–15 м/с; в нагнетательных трубопроводах после газодувок и компрессоров – 15–25; в вакуумных линиях – 40–90; при движении жидкости самотеком – 0,1–0,5; во всасывающих трубопроводах – 0,8–2 и в нагнетательных – 1,5–10 м/с.

По расчетному диаметру подбирают ближайший стандартный диаметр большей величины. Для бесшовных труб базовым является наружный диаметр, а внутренний зависит от толщины стенки.

Фасонные части трубопроводов (отводы, колена, двойники или калачи, тройники, крестовины и переходы) предназначены для изменения направления или диаметра труб, а также для разветвления трубопровода. Их изготавливают, как правило, на специализированных заводах по соответствующим нормам или ГОСТам. Фасонные части для трубопроводов подбирают по каталогам с учетом диаметра, давления и температуры.

Соединения трубопроводов. Соединения трубопроводов делятся на разъемные и неразъемные. К разъемным относятся соединения труб с помощью фланцев, резьбы, раструбов и специальных устройств. Неразъемные соединения создаются мето-

дами сварки, пайки и склеивания. Самое широкое применение нашел метод сварки.

Выбор типа соединения зависит от материала труб и технологических требований. Так, керамические, стеклянные, фторопластовые трубы можно соединять только с помощью разъемных соединений – фланцев или раструбов; для металлических труб (стальные, алюминиевые, медные, титановые и т. д.) применяются оба вида соединений. Цельносварные трубопроводы предпочтительнее в тех случаях, когда требуется высокая герметичность, а также для транспортировки коррозионноактивных веществ, суспензий и кристаллизующихся растворов. Если же необходима частая промывка и очистка трубопроводов или смена его частей, то рациональнее использовать разъемные соединения.

Компенсаторы. Практически все трубопроводы снабжаются компенсаторами, которые предназначены возмещать изменение длины труб при их нагревании или охлаждении без нарушения герметичности трубопровода. По принципу работы компенсаторы делятся на гибкие и скользящие – сальникового типа. Однако вследствие более сложной конструкции и меньшей герметичности сальниковые компенсаторы применяются реже, чем гибкие.

Гибкие компенсаторы по конструктивным особенностям подразделяются на радиальные (П-образные, S-образные и т. д.) и осевого типа (линзовые и волнистые). Благодаря сравнительной простоте изготовления и эксплуатации, значительной компенсирующей способности (600—700 мм), надежности, возможности применения при высоких температурах и давлениях широко применяются *П-образные радиальные компенсаторы* (рис. 21).

Линзовые осевые компенсаторы используются на трубопроводах диаметром 100–1600 мм. Они рассчитываются на давление до 1,6 МПа. Число линз компенсатора обычно не превышает четырех. Для уменьшения гидравлического сопротивления внутри линз 2 (рис. 15, б) пропускается рубашка (манжета) 3, каждая линза снабжается спускным штуцером. Компенсирующая способность одной линзы изменяется от 7,5 до 50 мм и уменьшается с увеличением диаметра трубопровода, ростом рабочего давления и температуры среды.

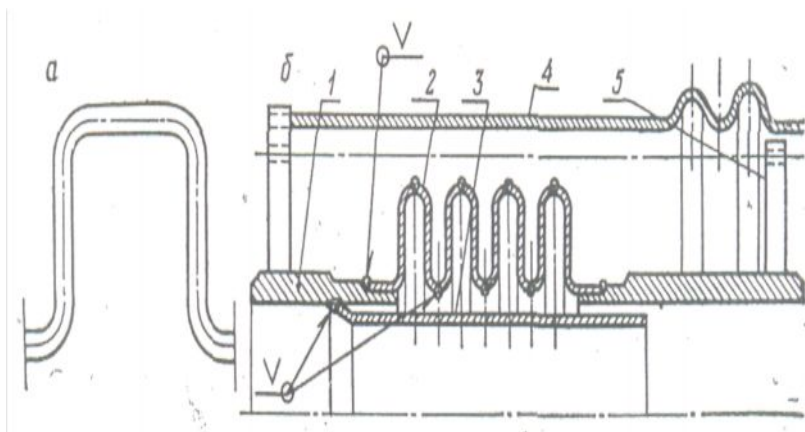


Рис. 21. Компенсаторы:
 а – П-образный; б – линзовый (1 – патрубок; 2 – линза;
 3 – рубашка; 4 – кожух; 5 – стойка)

Опоры трубопроводов. Для крепления трубопроводов используют неподвижные (мертвые) и подвижные (скользящие, катковые, направляющие, подвесные, пружинные и др.) опоры. **Неподвижные опоры** служат для жесткого крепления трубопровода, чтобы исключить возможность его перемещения и вращения. Они воспринимают вертикальную нагрузку от массы трубопровода и транспортируемой среды, а также горизонтальную от температурного расширения труб, гидравлических ударов и вибраций. Неподвижные приварные опоры (рис. 22) изготавливают по стандарту для труб диаметром 57–1620 мм.

Эти опоры используют при температуре среды не выше 300 °С.

Подвижные опоры, воспринимают вертикальную нагрузку от массы трубопровода и не препятствуют осевому перемещению его под действием температурных деформаций. Опоры скользящие удлиненные (рис. 16, б) изготавливают для трубопроводов диаметром 45–1620 мм и температур продукта от 30 до 300 °С.

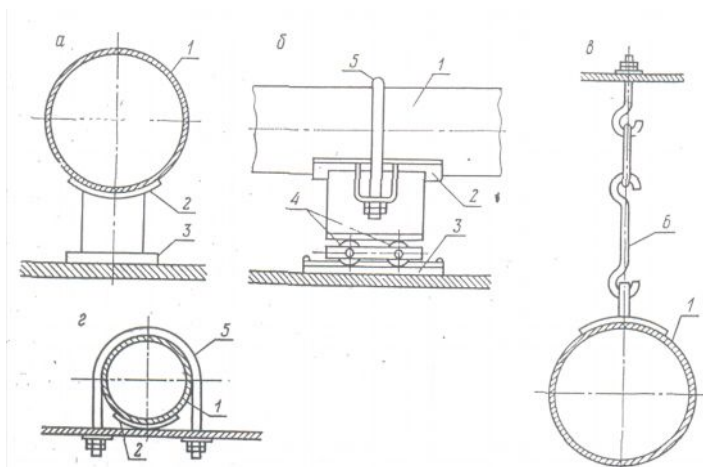


Рис.22. Некоторые виды опор трубопроводов:

а – неподвижная; б – подвижная; в – подвесная; г – направляющий хомут (1 – труба; 2 – подкладка; 3 – опорная плита; 4 – катки; 5 – хомут; б – подвеска)

При прокладке трубопроводов в цехах и на эстакадах нередко используют *подвесные опоры* (рис. 22, в) и *направляющие хомуты* (рис. 22, г).

Арматура. Арматура – устройство, предназначенное для управления и контроля транспортируемой среды. Она подразделяется на запорную (краны, вентили, задвижки), регулирующую (вентили, клапаны, регуляторы уровня и конденсатоотводчики), предохранительную (предохранительные и обратные клапаны) и контрольную (пробно-спускные краны и указатели уровня).

По устройству привода все классы арматуры делятся на несколько видов: с ручным, механическим, электрическим, пневматическими и другими типами привода.

По способу соединения с трубопроводом или аппаратом различают фланцевую, приварную, муфтовую и цапковую арматуру.

Арматуру, изготавливаемую на специальных заводах, на схемах и чертежах обозначают шифром, который состоит из букв и цифр. Например, обозначение 15с27нж следует рас-

шифровать так: вентиль запорный (15) со стальным корпусом (с), фланцевый, фигура по каталогу (27), уплотнительные кольца из нержавеющей стали (нж); 15с997нж: вентиль регулирующий (15), со стальным корпусом (с), с электроприводом (9), фланцевый, угловой, фигура по каталогу (97), уплотнительные кольца из нержавеющей стали (нж).

Вентили – запорная и регулирующая арматура с затвором в виде плоской или конической тарелки (золотника), которая перемещается возвратно-поступательно вместе со шпинделем относительно седла (Рис. 23).

Краны – запорная арматура, открытие и закрытие которой осуществляется поворотом конической или шаровой пробки со сквозным отверстием. Пробка расположена внутри корпуса.

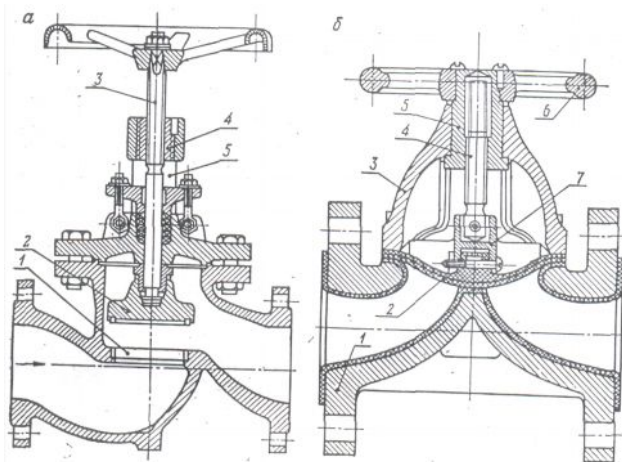


Рис.23. Вентили:

А – золотниковый (1 – седло; 2 – золотник; 3 – шпиндель; 4 – втулка; 5 – скоба); б – диафрагмовый (1 – корпус; 2 – диафрагма; 3 – скоба; 4 – шпиндель; 5 – втулка; 6 – маховик; 7 – крестовина)

Задвижки – запорная и регулирующая арматура, в которой проход для среды открывается при подъеме шибера или диска (рис. 24).

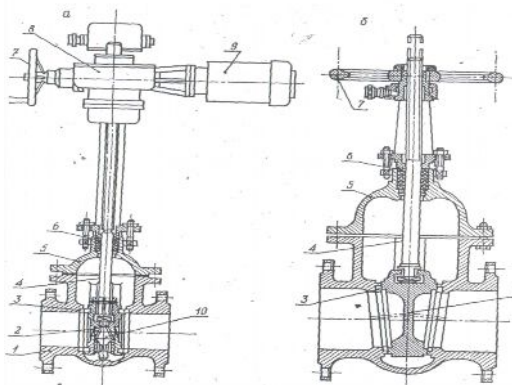


Рис. 24. Задвижки:

а – параллельная чугунная с выдвижным штоком, марки 30ч90ббк; *б* – клиновая; 1 – корпус; 2 – тарелки шиберы; 3 – уплотнительные кольца; 4 – штибель; 5 – крышка; 6 – сальниковое уплотнение; 7 – маховик ручного привода; 8 – редуктор; 9 – электродвигатель; 10 – клин; 11 – диск

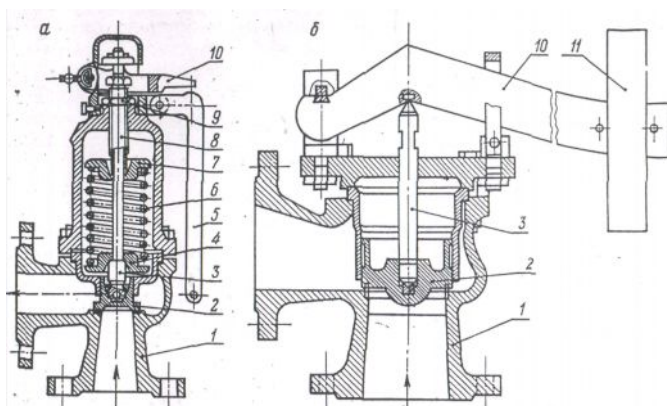


Рис. 25. Клапаны предохранительные:

а – пружинный *б* – грузовой; 1 – корпус; 2 – золотник; 3 – шток; 4 – тарелка нижняя; 5 – рукоятка; 6 – пружина; 7 – тарелка верхняя; 8 – втулка; 9 – контргайка; 10 – рычаг; 11 – груз

При опускании диск плотно прижимается к уплотнительным кольцам. Задвижки, как и вся арматура, стандартизированы.

Клапаны – арматура с запорным или регулирующим органом, перемещающимся возвратно-поступательно вдоль оси уплотнительной поверхности корпуса или поворачивающимся вокруг оси, перпендикулярной оси потока среды.

По назначению их подразделяют на: регулирующие, обратные и предохранительные.

Регулирующие клапаны предназначены для регулирования расхода, давления или уровня газов или жидкостей.

Обратные клапаны – устройства, перекрывающие проход при обратном движении среды. Как поворотные, так и подъемные обратные клапаны открываются под действием потока среды, движущейся в заданном направлении.

Предохранительные клапаны (рис. 25) – это устройства, автоматически открывающиеся при увеличении давления среды выше заданного. Их используют для защиты трубопроводов и аппаратуры от разрушения в результате повышения давления сверх допустимого. Предохранительные клапаны по конструкции подразделяются на пружинные и грузовые, а по производительности на мало- и полноподъемные.

4.1.2 Машины и устройства для транспорта, хранения и дозирования сыпучих, жидких и газообразных материалов [29–33]

Классификация транспортирующих устройств. По способу передачи усилия перемещаемому материалу транспортирующие устройства подразделяются: 1) на машины, которые передвигают материал под действием механической силы, передаваемой от привода (чаще электродвигателя); 2) гравитационные устройства, в которых груз перемещается под действием силы тяжести; 3) пневматические и гидравлические установки, соответственно транспортирующие материалы с помощью, потока воздуха и воды [29].

По особенностям конструкции различают машины непрерывного транспорта с гибким тяговым органом и без него.

По направлению перемещения транспортируемого материала различают:

- машины, способные перемещать материалы по прямому горизонтальному или слегка наклонному к горизонту пути (подъем до 30°). Это ленточные, пластинчатые, скребковые конвейеры;

- машины, перемещающие грузы по криволинейному горизонтальному или наклонному пути (скребковые конвейеры);

- машины, транспортирующие материалы прямолинейно под большим углом к горизонту элеваторы и винтовые конвейеры специального исполнения;

- устройства, способные перемещать материалы только по наклонному пути с отрицательным углом наклона к горизонту, – гравитационные установки, пневматические желоба, качающиеся конвейеры и транспортные трубы;

- установки, транспортирующие материал в любом горизонтальном или вертикальном направлении (пневматические и гидравлические).

Ленточные конвейеры – машины непрерывного транспорта, перемещающие груз на бесконечной ленте, которая является тяговым и рабочим органом.

Конвейеры данного типа получили широкое применение в различных отраслях народного хозяйства для транспортировки разнообразных материалов – от пылевидных до крупнокусовых и штучных грузов.

По исполнению ленточные конвейеры подразделяются на стационарные, передвижные и переносные. В химической промышленности используются преимущественно стационарные конвейеры. Основные параметры их (ширина ленты, габаритные размеры, скорость движения ленты и т. д.) регламентированы ГОСТами.

Ленточный конвейер (рис. 26) состоит из натяжного барабана 1, укрепленного на каркасе 7 в подвижных подшипниках, перемещением которых можно натянуть ленту 4; приводного

барабана 5, который обеспечивает движение ленты и вращается электродвигателем 9 через редуктор 10; каркаса 7, на котором крепятся барабаны и роликовые опоры на грузовой 5 и обратной 8 ветви. Материал загружают на ленту через бункер 2 и разгружают через воронку 6.

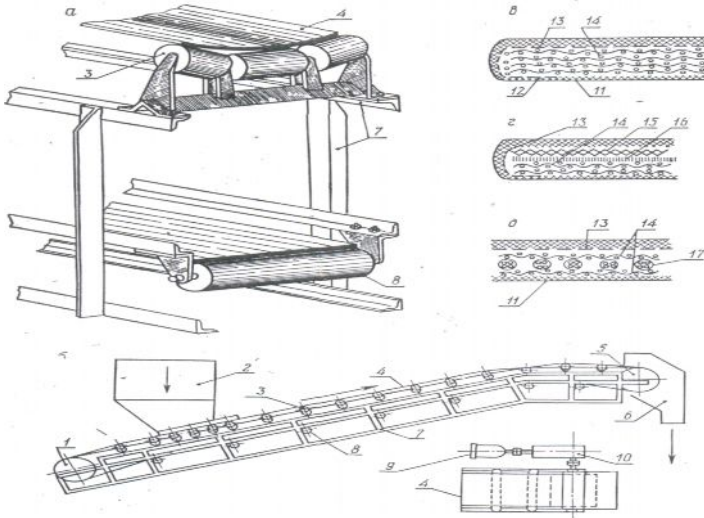


Рис. 26. Ленточный конвейер с желобчатой лентой:

- а* – общий вид; *б* – вид сбоку; *в* – лента общего назначения;
г – теплостойкая лента; *д* – лента высокой прочности;
 1 – натяжной барабан; 2 – загрузочный бункер; 3, 8 – ролики;
 4 – лента; 5 – приводной барабан; 6 – разгрузочная воронка;
 7 – каркас; 9 – электродвигатель; 10 – редуктор;
 11 – опорная обкладка; 12 – рабочая обкладка; 13 – защитная ткань;
 14 – тканевые прокладки; 15 – металлическая сетка; 16 – асбестовая прокладка; 17 – стальные канатики

Ковшовые элеваторы. Элеваторы – машины, предназначенные для транспортирования сыпучих грузов, по вертикальному или крутонаклонному (более 60° к горизонту) направлению. Ковшовые элеваторы используют для транспорта разнообразных сыпучих материалов: колчедана, огарка, солей, апатито-

вого концентрата, различных удобрений. Широкое применение в промышленности получили более простые по конструкции вертикальные элеваторы, наклонные используются реже.

Элеваторы ковшовые вертикальные выпускают по ГОСТам двух типов: ленточные (Л) и цепные (Ц) с ковшами четырех видов (глубокие – Г, мелкие – М, остроугольные – О и скругленные – С), ширина которых изменяется в пределах 100–1000 мм. Скорость движения ковшей может изменяться от 0,4 до 2,5 м/с.

Пример условного обозначения цепного ковшового вертикального элеватора со скругленными ковшами шириной 800 мм: ЦС-800 ГОСТ 2036-77.

В качестве тягового органа используются прорезиненная лента и одна или две цепи. Выбор типа элеватора, типа ковшей, вида и скорости тягового органа, способа загрузки и разгрузки определяется свойствами транспортируемого материала.

Для расчета ковшовых элеваторов необходимо определить емкость ковша V_k (м³) и мощность привода. Емкость ковша находим по формуле

$$V_k = \frac{G_p S_k}{3,6 v \gamma_i \varphi}, \quad (10)$$

где G_p – производительность элеватора, т/ч; S_k – шаг ковшей, м; v – скорость движения ковшей, м/с; γ_n – насыпная масса транспортируемого материала, кг/м³; G_p – коэффициент заполнения ковшей, зависящий от свойств груза: порошкообразные сухие – 0,8–0,85; порошкообразные и зернистые плохосыпучие – 0,6; мелкокусковые (20–50 мм) – 0,6–0,8; средние и крупнокусковые (50–150 мм) – 0,5–0,6.

Мощность электродвигателя $N_{дв}$ (кВт) можно рассчитать по приближенной формуле

$$N_{дв} = \frac{G_p H}{367 \eta_{\Sigma}} \left(1,15 + \frac{K}{\gamma_i} \right) \beta_i, \quad (11)$$

где H – высота подъема, м;

η_{Σ} – суммарный КПД двигателя и редуктора;

K – коэффициент, зависящий от производительности элеватора;
 β_M – коэффициент запаса мощности.

Таблица 2

Значения коэффициента K

Тип элеватора	Производительность G_p , м ³ /ч			
	до 20	20–40	40–80	80–150
Ленточный	1500	1150	950	750
Цепной	1050	750	650	550

Ширину ленты транспортера рассчитывают по формуле

$$B = 1,1 \left(\sqrt{\frac{G_p}{Ck\vartheta\gamma_n}} \right) + 0,05, \quad (12)$$

где G_p – производительность, т/ч;

C – коэффициент зависящий от формы ленты и угла наклона роликов;

γ_n – насыпная масса, т/м³;

K – коэффициент, отражающий зависимость производительности конвейера с гладкой лентой от угла подъема конвейера;

v – скорость ленты, м/с.

Пример. Подобрать вертикальный элеватор для подъема 110 т/час гранулированного суперфосфата на высоту 24 м. Расчетная производительность с коэффициентом неравномерности 1,2 составит $G_p = 110 \cdot 1,2 = 132$ т/ч. По рекомендациям ГОСТ 2036-77 задаемся скоростью движения цепи $v = 1,0$ м/с, шагом ковшей $S_k = 1,00$ м. Насыпная масса суперфосфата $\gamma_n = 1000$ кг/м³; коэффициент заполнения ковшей для хорошо сыпучих материалов $\varphi = 0,85$. По формуле (10) рассчитаем объем ковшей

$$V_k = \frac{132 \cdot 1,0}{3,6 \cdot 1,0 \cdot 1000 \cdot 0,85} = 0,0432 \text{ м}^3.$$

Выбираем ближайшие по объему ковши типа шириной 1000 мм и объемом 45 л. Обозначение: элеватор ЦГТ – 1000

ГОСТ 2036-77. Мощность привода определяем по формуле (8), в которой $\eta_{\Sigma} = \eta_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{ред}} \cdot \eta_{\text{з}} = 0,9 \cdot 0,96 \cdot 0,9 = 0,777$.

Коэффициент К равен 550 (табл.2), а коэффициент запаса мощности $\beta_m = 1,15$;

$$N_{\text{ов}} = \frac{132 \cdot 24}{367 \cdot 0,777} \left(1,15 + \frac{550}{1000} \right) 1,15 = 20,9 \text{ кВт}.$$

Ближайший по мощности электродвигатель типа АО2-81-8 имеет мощность 22 кВт и частоту вращения 735 об/мин [22].

Винтовые конвейеры. Винтовые конвейеры (шнеки) – машины, предназначенные для прямолинейного перемещения сыпучих грузов с помощью винта.

Винтовые конвейеры широко применяются для транспортирования разнообразных пылевидных, зернистых и мелкокусковых материалов (апатитовый концентрат, фосфоритная мука, мел, сода и многие соли). Двухвальные лопастные шнеки используются для смешения твердых веществ (например, суперфосфата с нейтрализующими добавками), а также в качестве реакторов при высоком содержании твердой фазы в продукте. Винтовые конвейеры с рубашкой находят применение для охлаждения солей после сушки и прокалки.

Конвейеры винтовые стационарные общего назначения изготавливаются со сплошным одно- или двухзаходным винтом диаметром 100–800 мм с постоянным или переменным шагом (80–800 мм). Число оборотов винта может составлять 6–300 об/мин. Пример условного обозначения: конвейер 80–63 ГОСТ 2037-75 относится к винтовому конвейеру с диаметром однозаходного винта 800 мм (80 см) и постоянным шагом 630 мм (63 см).

Производительность винтовых конвейеров рассчитывают по следующим формулам:

$$W_k = FS_n \varphi C_2, \quad \text{м}^3/\text{с}; \quad (13)$$

$$G_p = FS_n \varphi C_2 \gamma_n, \quad \text{кг/с} \quad (14)$$

где F – площадь поперечного сечения винта, м^2 (для сплошного винта $F = 0,785 D_{\text{шн}}^2$, $D_{\text{шн}}$ – диаметр шнека, м); S – шаг винта, м; n – частота вращения вала, с^{-1} ; φ – коэффициент заполнения кон-

вейера; C_2 – коэффициент, учитывающий снижение производительности с увеличением угла наклона; γ_H – насыпная масса, кг/м^3 .

Шаг винта зависит от свойств транспортируемого материала и принимается в пределах $(0,8-1,3)D_{\text{вин}}$. Чаще всего для хорошо сыпучих грузов $S=D_{\text{вин}}$, для плохосыпучих и влажных $S=0,8D_{\text{вин}}$.

Производительность наклонных винтовых конвейеров зависит от угла подъема и коэффициента C_2 (табл.3)

Таблица 3

Значения угла подъема и коэффициентов

Угол подъема β°	0	5	10	15	20
Коэффициент C_2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6

Винтовые конвейеры для вертикального транспортирования имеют специальную конструкцию: винт вращается в трубчатом желобе с большей скоростью, чем в горизонтальных шнеках. Скорость вращения винта $n(\text{с}^{-1})$ зависит от свойств транспортируемого материала и диаметра винта

$$n = A / \sqrt{D_{\text{ин}}} . \quad (15)$$

Рекомендуемые значения коэффициентов A и φ приведены в табл. 4.

Таблица 4

Значения коэффициентов φ , A и f

Грузы	Коэффициенты		
	φ	A	F
Легкие и неабразивные (древесная мука и опилки)	0,4	0,08	1,2
Легкие и малоабразивные (мел, асбест, сода, угольная пыль, порошкообразная известь)	0,32	0,83	1,6
Тяжелые малоабразивные (соль, мягкий уголь, гипс, кусковая известь, суперфосфат)	0,25	0,75	2,5
Тяжелые и абразивные (колчедан, огарок, апатитовый концентрат, фосфоритная мука)	0,125	0,50	4,0

Мощность привода винтового конвейера $N_{\text{дв}}$ (Вт) можно рассчитать по приближенной формуле:

$$N_{\text{ов}} = \frac{9,8G_p}{\eta_{\Sigma}} (L_p f + H) \beta_m, \quad (16)$$

где η_{Σ} – общий КПД двигателя и редуктора; L_p – горизонтальная проекция пути перемещаемого материала, м; f – коэффициент сопротивления, Н – высота подъема груза, м; β_m – коэффициент запаса мощности.

Установки пневмотранспорта. Системы пневмотранспорта используют для перемещения различных пылевидных и мелкозернистых материалов: апатитового концентрата, фосфоритной муки, молотых мела и известняка, флотационного колчедана, огарка, соды и многих солей.

В установках пневмотранспорта пылевидный или зернистый материал перемещается по трубам струей воздуха. Пневматические установки делятся на:

1) всасывающие или установки пневмотранспорта в разреженной фазе; в них груз перемещается по трубе при давлении воздуха меньше атмосферного (до 0,01 МПа);

2) нагнетательные или установки пневмотранспорта в плотной фазе; транспортируемый материал перемещается сжатым воздухом с давлением до 0,8 МПа;

3) смешанные или всасывающее нагнетательные, в которых часть трубопровода работает под разряжением, а часть под давлением;

4) гравитационный транспорт, где материал перемещается под уклон под действием силы тяжести, а воздух подают только для псевдоожижения слоя в целях уменьшения сил трения.

Любая установка пневмотранспорта состоит из загрузочного устройства, трубопровода, разгрузочного устройства, аппаратов для очистки транспортирующего воздуха, воздуходувной машины – вакуум-насоса, воздуходувки или компрессора.

Экономичность и надежность работы устройств пневмотранспорта зависит от концентрации транспортируемого материала в воздухе и скорости воздуха в трубопроводе. Допустимая концентрация материала μ_{Π} (кг/кг воздуха) зависит от плотности и размера частиц, а также от системы пневмотранспорта.

Расчет скорости транспортирующего воздуха в трубах изложен в специальных руководствах.

Техническая производительность установки пневмотранспорта G_T (кг/с) вычисляется по формуле

$$G_T = G_p K_1 K_2, \quad (17)$$

где G_p – заданная средняя производительность по транспортируемому материалу, кг/с; K_1 – коэффициент запаса производительности, принимается в пределах 1,10–1,25 в зависимости от производительности установки; K_2 – коэффициент, учитывающий неравномерность подачи (для установок непрерывного действия с винтовыми или шлюзовыми питателями принимается равным 1, для однокамерных насосов и подъемников – 1,05–1,10). Расход воздуха W_B (м³/с) в транспортном трубопроводе при стандартных условиях ($P = 0,098$ МПа, $\rho_g = 1,2$ кг/м³)

$$W_g = \frac{G_T}{\mu_n \rho_g}. \quad (18)$$

Внутренний диаметр трубопровода $d_{вн}$ (м) определяют по формуле

$$d_{вн} = \sqrt{\frac{W_g}{0,785 \cdot v}}. \quad (19)$$

Бункера и затворы. Для обеспечения устойчивой работы любой технологической линии необходим запас сырья. Сыпучие материалы хранят в бункерах. В ряде случаев бункера устанавливают для хранения промежуточных веществ в целях согласования работы отдельных машин и аппаратов цеха или установки

и, как правило, для хранения сыпучих готовых продуктов перед их расфасовкой или отгрузкой.

Форма бункеров определяется свойствами материала и величиной его частиц. Например, круглые бункера используют для хранения легкосыпучих пылевидных или мелкозернистых веществ (сода, апатитовый концентрат, триполифосфат натрия), а квадратные или прямоугольные – для кусковых и слёживающихся материалов.

Объем бункера V_b (m^3) определяется расходом (подачей) и насыпной массой материала, а также продолжительностью хранения, которая зависит от технологических требований и может составлять от 30 мин до нескольких суток

$$V_b = \frac{G_p \tau}{\gamma_n \varphi}, \quad (20)$$

где G_p – расход материала, кг/с (кг/ч);

τ – продолжительность хранения, с (ч);

γ_n – насыпная масса материала, кг/ m^3 ;

φ – коэффициент заполнения бункера, обычно равный 0,85 – 0,9.

Затворы служат для предотвращения самопроизвольного вытекания материала из бункеров. В зависимости от свойств материала, величины его частиц используют затворы различных конструкций – клапанные, шиберные, лотковые или секторные.

Дозаторы сыпучих материалов. Расход материалов и качество продукции во многих производствах определяются точностью дозирования исходных веществ. В химической промышленности перерабатывается огромное количество веществ, значительно отличающихся по своим свойствам, что и определило разнообразие конструкций дозаторов.

Выбор типа дозатора определяется главным образом свойствами дозируемого материала: насыпной плотностью (объемной массой), которая может изменяться от 50 до 3000 кг/ m^3 , размером и формой частиц. Все дозаторы по принципу действия подразделяются на объемные и весовые. Находят применение и

объемно-весовые дозаторы, в которых дозируемый материал отмеривается по объему, а затем его масса доводится до нужной величины на массоизмерительном устройстве.

Оборудования для транспортирования жидкостей.

Жидкости транспортируются самотеком или с помощью механически работающих насосов или воздушных подъемников. Выбор зависит от массы транспортируемой жидкости, и ее свойств, высоты подъема и допустимой скорости течения. Насосы для транспортирования жидкости разделяют на поршневые (дисковые, погружные, мембранные), центробежные (одноступенчатые, многоступенчатые, вихревые), ротационные (шестиренчатые, пропеллерные), струйные (водоструйные, пароструйные), а также воздушные подъемники (маммут-насос, монтежу).

Поршневые насосы работают по принципу: возвратно-поступательного движения поршня, пульсирующая подача; выравнивание подачи посредством ресивера.

Центробежные насосы работают по принципу: вращательного движения рабочего колеса; равномерная подача. Перед запуском необходима заливка жидкостью.

Ротационные насосы работают по принципу: ротор, вращающийся с большой скоростью, непрерывная подача.

Струйные насосы работают по принципу: превращение кинетической энергии струи в давление, пульсирующая и постоянная подача.

Оборудования для перемещения газов. Транспорт газов с помощью трубопроводов аналогичен перемещению жидкостей. Компрессоры для перемещения газов бывают: поршневые (одноступенчатые, многоступенчатые, мембранные), центробежные и вентиляторы (центробежные воздуходувки, турбокомпрессоры), ротационные (пластинчатые, водокольцевые), струйные (пароструйные и водоструйные вакуумные насосы). Поршневые насосы работают как поршневые. В центробежных компрессорах и вентиляторах, центробежная сила вращающего рабочего колеса отбрасывает поступающий по оси колеса газ под давлением к стенкам кожуха. В ротационных компрессорах ротор вращающегося с большой частотой перемещает и сжимает газы.

Дозирование жидкостей. Под дозированием понимают процесс выдачи с необходимой скоростью заданных масс веществ в технологические аппараты для смешения или дальнейшей переработки, а также фасовки материалов в тару.

В промышленности для дозирования жидкостей используются весовые, объемные, динамические приборы (крыльчатка, ротаметр, расходомер). Весовые дозаторы работают по принципу взвешивания массы. В объемных приборах используется принцип наполнения опорожнения объема. В динамических крыльчатых дозаторах поток жидкости вращает крыльчатое колесо, расход определяется по частоте вращения крыльчатки. Ротаметр работает в зависимости от силы истечения, фиксирующий поплавок устанавливается на различных отметках по высоте. Расходомер работает по принципу: около сопла, диафрагмы, трубки Вентури устанавливается перепад давления.

Дозирование кислот может быть обеспечено расходомерами различной конструкции — щелевыми (рис. 27, а), диафрагменными (рис. 27, б), сифонными и др. Наиболее распространены щелевые дозаторы, представляющие собой прямоугольную коробку с перегородкой, в которой имеется вертикальная щель определенного профиля. Чем выше уровень кислоты в расходомере, тем больше ее проходит через щель.

Шайбовый дозатор (рис. 28) – разновидность диафрагменного дозатора – является более простым по устройству и надежным в эксплуатации. При необходимости изменить расход кислоты устанавливают другую шайбу, отградуированную на соответствующий расход.

Индукционные расходомеры предназначены для непрерывного автоматического измерения расхода электропроводящих жидкостей (растворов, пульп) в закрытых заполненных трубопроводах.

Действие индукционного расходомера основано на измерении электродвижущей силы, индуцируемой в потоке электропроводящей жидкости под действием внешнего электромагнитного поля. Электродвижущая сила снимается двумя электродами, введенными диаметрально противоположно в стенки трубопровода, изготовленного из немагнитного материала.

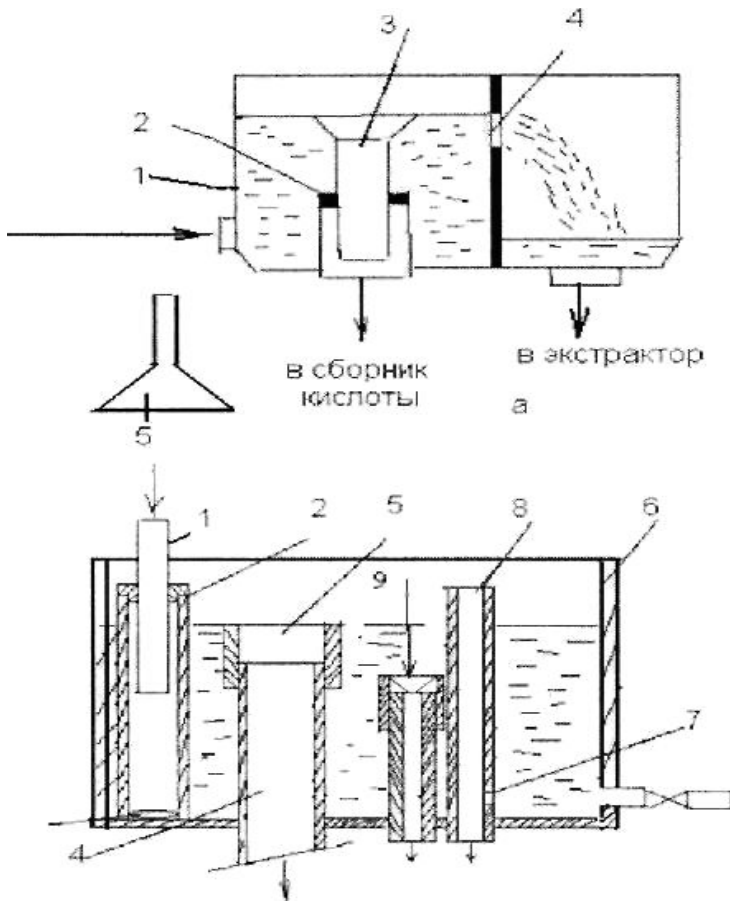


Рис. 27. Щелевой и диафрагмовый дозаторы:
 а – щелевой дозатор с подвижной переливной воронкой: 1 – корпус;
 2 – уплотнение; 3 – подвижная переливная воронка;
 4 – расходомерная щель; 5 – профиль щели; б – диафрагмовый
 дозатор: 1 – подающая труба; 2 – успокоитель поверхности
 жидкости; 3 – отверстие для поступления жидкости в бачок;
 4 – переливная труба; 5 – муфта; 6 – бак;
 7, 9 – диафрагмы; 8 – переливная труба; 10 – патрубок для отвода
 жидкости в реакторы

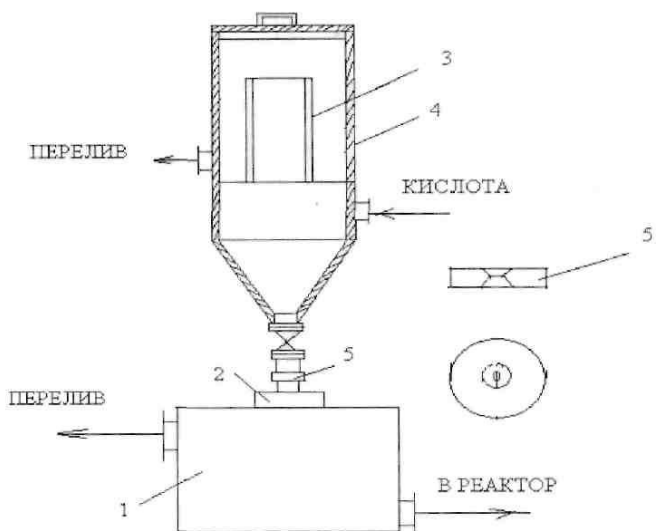


Рис. 28. Шайбовый дозатор:

1 – бак для тарировки; 2 – приемная воронка; 3 – стакан постоянного уровня; 4 – корпус расходомера; 5 – дозирующая шайба

Дозаторы сыпучих материалов. Сыпучие материалы дозируют при помощи механических и автоматических устройств, которые широко применяются в периодических и непрерывных технологических процессах. величиной, характеризующей процесс дозирования, является расход дозируемого материала (объемный или массовый). Значение расхода, которое стремятся поддерживать, называют заданным расходом, значение расхода в рассматриваемый момент времени — мгновенным расходом.

Дозирующие устройства, работающие по объемному методу, измеряют массу пропускаемого материала по его объему

$$G = V \cdot \gamma, \quad (21)$$

где G — масса материала, кг; V — объем материала, м^3 ;

γ — насыпная плотность материала, $\text{кг}/\text{м}^3$.

В дозирующих устройствах, работающих по весовому методу, процесс взвешивания состоит из трех этапов: воздействия

взвешиваемого материала на механизм весов; преобразования этого воздействия в численное значение; указания или регистрация этого значения, соответствующего массе отдозированного материала. Преимущественное распространение у нас и за рубежом получили ленточные весовые дозаторы. Принцип действия этих дозаторов основан на изменении массового расхода сыпучих материалов ленточным весоизмерительным транспортером.

Дозаторы различают по конструктивным признакам — по типу питателя и весоизмерительного устройства. Производительность дозатора непрерывного действия определяют по формуле

$$Q_d = 3,6G \cdot V,$$

где Q_d — производительность, т/ч; G — масса материала на 1 м ленты, кг/м; V — скорость ленты, м/с.

5 Оборудование для проведения реакции и перемещения вещества

5.1 Принципы работы реакторов

В разработке и реализации наиболее рациональных, экономических технических решений существенную роль играют не только достижения в технологии процессов, но также аппаратное оформление [34 –39]. К аппаратам, предназначенным для проведения химических реакций, перемешивания вещества, относятся реакторы. Форма, устройство, материал зависят от агрегатного состояния и химических свойств реагентов, вида подводимой или отводимой энергии, температуры, давления, поведения материала во время пребывания в аппарате, от тепло- и массопереноса. Реакторы классифицируются по виду энергии, необходимой для проведения реакции (термические, электрохимические процессы и т. д.), по условиям реакций (давление, температура) или фазовым комбинациям реакционных масс. Конструкции реакторов бывают периодического или непрерывного действия. Для аппаратов периодического действия характерно изменение давления и температуры, концентрации и скорости обменной реакции, стоимость установки сравнительно

невелика. Для аппаратов непрерывного действия характерны незначительные изменения параметров, легко осуществляемая механизация и автоматизация, более однородные продукты, большие затраты на установку.

Контактные аппараты. По особенностям конструкции различают трубчатые, шахтные полочные, радиальные контактные аппараты (конверторы) и контактные аппараты с кипящим слоем.

Примером трубчатого контактного аппарата с катализатором в межтрубном пространстве является колонна синтеза аммиака. Трубчатые контактные аппараты с катализатором в трубках используют для конверсии метана водяным паром: процесс идет с поглощением тепла, поэтому в межтрубном пространстве сжигают топливо. Полочные контактные аппараты применяют в ряде производств, в т. ч. и для синтеза аммиака.

Шахтные конверторы работают в адиабатическом или политермическом режиме, их используют для каталитической конверсии метана смесью кислорода и водяного пара, гидрирования сернистых соединений и окиси углерода (метанирование), конверсии окиси углерода водяным паром. Достоинством радиальных контактных аппаратов является меньшая скорость прохождения газов через слой катализатора и меньшее гидравлическое сопротивление, чем в трубчатых или шахтных реакторах. Они нашли применение для конверсии оксида углерода водяным паром, синтеза аммиака и окисления аммиака. Аппараты с кипящим слоем катализатора широко используют в нефтехимической промышленности, в основной химической промышленности они осваиваются для окисления сернистого газа.

Шахтные, трубчатые, полочные и радиальные реакторы работают в режиме, приближающемся к полному вытеснению (РИВ – реактор идеального вытеснения), а аппараты с кипящим слоем – в режиме полного смешения (РИС – реактор идеального смешения).

Конверторы для получения водорода. При переработке метана на водород или азотоводородную смесь используют трубчатые, шахтные и радиальные контактные аппараты. Для

конверсии метана смесью водяного пара и воздуха применяют шахтные конверторы (рис. 29).

По штуцеру 8 подают $36,5 \text{ м}^3/\text{с}$ газа после конверсии метана водяным паром, содержащего 9–10 % CH_4 (в пересчете на сухой), и $25,9 \text{ м}^3/\text{с}$ водяного пара с температурой 850°C . По штуцеру 7 подают паровоздушную смесь ($13,75 \text{ м}^3/\text{с}$ воздуха и $1,4 \text{ м}^3/\text{с}$ пара) с температурой 480°C . Смеситель 9 обеспечивает хорошее перемешивание потоков. За счет реакции кислорода с метаном и водородом температура верхней части реактора увеличивается до 1245°C . В конвертор загружают $6,5 \text{ м}^3$ алюмохромового катализатора (верхний слой) и 32 м^3 никелевого катализатора (нижний слой). За счет протекания эндотермических реакций температура на выходе из реактора снижается до 1000°C . Конвертированный газ выходит через штуцер 13 и поступает в котел-утилизатор.

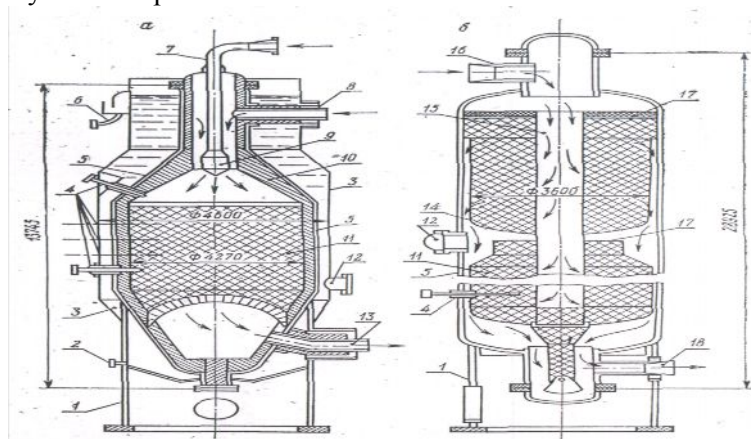


Рис. 29. Конверторы для получения водорода:

а – шахтный; б – радиальный

Корпус конвертора 5, работающего при давлении 3,5–3,6 МПа, изготовлен из сталей 16 ГС и 12 ХМ. Изнутри он защищен от действия высоких температур футеровкой из жаростойкого бетона и огнеупорного кирпича 10, а снаружи охлаждается водой, подаваемой в рубашку 3 по штуцеру 2 и выводимой по штуцеру

6. Температура в контактном аппарате контролируется термопарами 4. Аппарат устанавливают вне здания; на фундаменте он закреплен цилиндрической опорой 1.

Для конверсии окиси углерода водяным паром широко используют *радиальные контактные аппараты*. Конвертор окиси углерода первой ступени – аппарат колонного типа. На три его слоя, работающих параллельно, загружают 172 м^2 катализатора. Через конвертор проходит $51,5 \text{ м}^3/\text{с}$ газов, содержащих 12,4–30 % СО и $29,4 \text{ м}^3/\text{с}$ водяного пара. Парогазовая смесь температурой 373°C поступает по штуцеру 16 и проходит далее в перфорированную центральную трубу 15, из которой газ распределяется по слоям катализатора 11. Конвертированный газ проходит в зазорах между корпусом 5 и катализаторной корзиной 14 и выводится из аппарата по штуцеру 18 с температурой $430\text{--}450^\circ\text{C}$. Центральная труба 15 служит распределителем газа по корзинам, дополнительной опорой для корзин и используется для загрузки катализатора. Перегородки 17 устраняют проскок газа. Люк 12 необходим для осмотра и ремонта аппарата. Благодаря малой толщине слоя катализатора ($\sim 1,3 \text{ м}$) аппарат имеет незначительное гидравлическое сопротивление.

Контактные аппараты для окисления аммиака. Процесс окисления аммиака протекает с большой скоростью. Продолжительность контакта аммиачно-воздушной смеси с платиновым катализатором при температуре $800\text{--}920^\circ\text{C}$ составляет примерно $2 \cdot 10^{-4} \text{ с}$, тогда как при конверсии метана паровоздушной смесью около 2 с.

В настоящее время основным катализатором для окисления аммиака является платина и ее сплавы с родием и палладием, которые используются в виде сеток из проволок толщиной $0,06\text{--}0,09 \text{ мм}$. В зависимости от рабочего давления количество сеток в контактном аппарате изменяется от 1 до 16. Предложены и неплатиновые катализаторы, однако они не обеспечивают необходимого выхода окиси азота и используются только в комбинации с платиновыми сетками.

Контактные аппараты с горизонтальным расположением сеток применяют в системах, работающих под обычным ($P \sim 0,12$ МПа) и под повышенным давлением ($P = 0,35 - 1,5$ МПа).

В типовой системе УКЛ-7-71 (мощность 120 000 т азотной кислоты в год), работающей под давлением 0,73 МПа, используют контактные аппараты с диаметром сеток 1600 мм. Аммиачно-воздушная смесь, содержащая 10,5–11 % NH_3 , вводится по штуцеру, затем по кольцевому зазору между корпусом 2 и внутренним цилиндром, переходящим в конус 3, поднимается в верхнюю часть аппарата. Решетки 5 установлены для равномерного распределения газа по сечению аппарата. Катализаторные сетки 6 (12 шт.) закреплены между фланцами и опираются на колосниковое устройство 7. Температуру контролируют при помощи термопары 8.

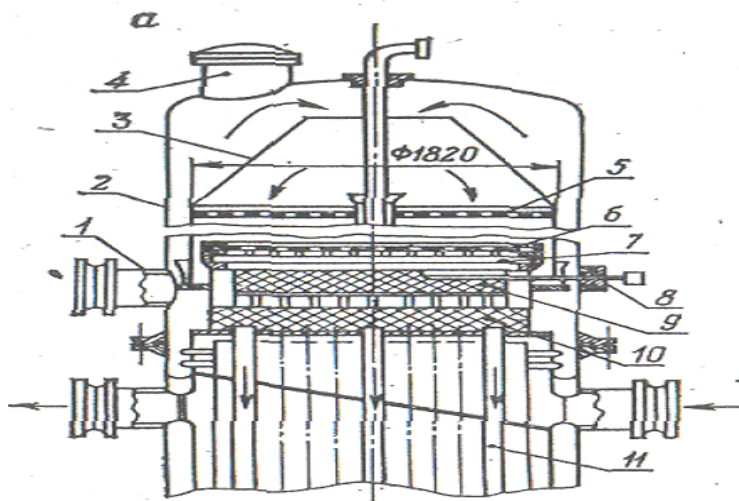


Рис. 30. Контактные аппараты для окисления аммиака

Слой фарфоровых или кварцевых колец 9 служит аккумулятором тепла, и облегчает равномерное распределение газа. Ниже засыпают слой поглотительной массы 10 для улавливания платины. Изображенный на рисунке аппарат в отличие от стандартного

имеет подогреватель хвостовых газов 11, устанавливаемый над котлом-утилизатором. Подогрев хвостовых газов увеличивает мощность рекуперационной турбины и снижает расход природного газа. Аппарат снабжен взрывной пластиной 4, рассчитанной на предельное давление – 1 МПа.

Основные элементы контактного аппарата для окисления аммиака выполнены из стали 08Х18Н10Т, внутренний цилиндр и конус 3 – из никеля, а колосниковое устройство – из нихрома (Х15Н60).

Реакторы для систем жидкость-газ. Химические процессы между газами и жидкостями лежат в основе производства азотной, фосфорной и кремнефтористоводородной кислот, нитрата, фосфата и сульфата аммония, бикарбоната натрия, а также некоторых других солей. Ниже рассмотрены конструкции реакторов, используемых при получении аммонийных солей (рис. 31, рис. 32).

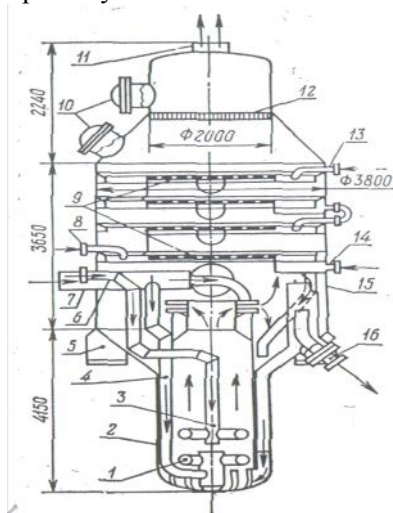


Рис. 31. Аппарат ИТН

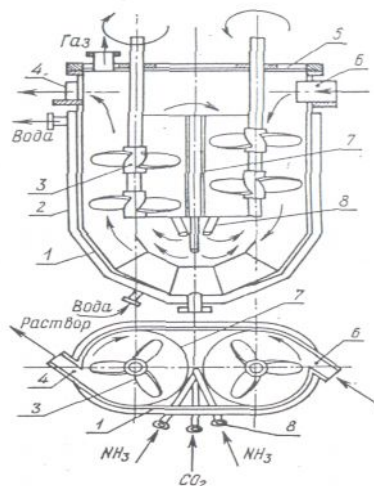


Рис. 32. U-образный реактор

Нитрат аммония – один из основных видов азотных удобрений получают нейтрализацией слабой, азотной кислоты (48 – 60 % HNO_3) аммиаком. В системах АС-72 производительностью 1360 т в сутки (15,73 кг/с) используют два аппарата

ИТН (использователь тепла нейтрализации), дополненные четырьмя тарелками для промывки сокового пара (рис. 31). Газообразный аммиак, подогретый до 120–160 °С, по трубопроводу 7 поступает в кольцевой барботер 1, обеспечивающий дробление аммиака. Азотную кислоту с температурой 75–180 °С по штуцеру 6 подают в распределитель 3, и во внутреннем цилиндре реакционной части аппарата 2 происходит реакция нейтрализации, тепло которой расходуется на испарение воды.

Раствор аммиачной селитры через отверстия под крышкой внутреннего цилиндра выходит в сепарационную часть аппарата 15 и непрерывно циркулирует между внутренним цилиндром и сепарационной частью. Раствор нитрата аммония с концентрацией 92–94 % выводят из аппарата по штуцеру 16 на дальнейшую упарку. Соковый пар для очистки от брызг раствора и азотной кислоты последовательно промывают на тарелках 9 раствором аммиачной селитры, подаваемым по штуцерам 8, 14, и конденсатом сокового пара, который подают по штуцеру 13. Промывные растворы стекают в реакционную часть. Соковый пар проходит сетчатый отбойник 12, где улавливаются капли жидкости, и через штуцер 11 выходит из аппарата. Реактор устанавливают на перекрытие опорами 5; люки 10 служат для внутреннего осмотра и ремонта.

Аппарат работает под давлением 0,02 МПа, температура в реакционной части составляет 180 °С. Основные части аппарата изготавливают из стали 08Х18НЮТ, отдельные детали, подверженные сильному коррозионному воздействию среды, – из титана.

В производстве сложных удобрений, получаемых азотно-кислотным разложением фосфатов, для нейтрализации смеси фосфорной и азотной кислот используют *U-образные реакторы* (рис.32). Реактор 1, недоходящей до дна перегородкой 7, разделен на два сообщающихся отсека, в которых установлены двухъярусные пропеллерные мешалки 3, вращающиеся в разные стороны со скоростью 3,33 об/с. Интенсивное перемешивание ускоряет взаимодействие аммиака с кислотами. Смесь кислот вводится по желобу 6 и вытекает из аппарата по желобу 4, газы

подают в реактор по штуцерам 8. Аппарат снабжен водяной рубашкой 2 для отвода тепла нейтрализации и крышкой 5

Ортофосфат аммония (аммофос) получают нейтрализацией экстракционной фосфорной кислоты аммиаком. В настоящее время на многих заводах применяют *сатураторы* – цилиндрические вертикальные аппараты с мешалкой и барботером для подачи аммиака. Их недостаток в малой интенсивности процесса.

Разработано несколько новых реакторов для получения аммофоса, например горизонтальный цилиндрический аппарат с двумя турбинными мешалками, разделенный вертикальной перегородкой на два отсека. Благодаря интенсивному перемешиванию достигается хорошее поглощение аммиака. В связи с высокой коррозионной активностью среды основные детали реактора изготавливают из легированных сталей 08X18H10T и 10X17H13M2T.

Реакторы для систем жидкость-твердое. Некаталитические химические процессы в гетерогенных системах Ж-Т широко используются в неорганических производствах. Например, эти процессы являются основными при получении фторида алюминия, различных фосфатов натрия, – простого и двойного суперфосфата, экстракционной фосфорной кислоты и других продуктов.

Вертикальные аппараты с перемешивающим устройством используют для получения фторида алюминия.

На ряде заводов фторид алюминия из 10–12 % H_2SiF_6 и $\text{Al}(\text{OH})_3$ получают в *стандартных вертикальных аппаратах с перемешивающим устройством*. На рис. 33 изображен аппарат 8007-12,5-2400.1250-7,5.3,3 ГОСТ 20680-75 с приводом типа II, мотор-редуктором МП02 с электродвигателем А02-51-4 мощностью 7,5 кВт и скоростью вращения $24,3 \text{ с}^{-1}$ (1460 об/мин).

Вертикальный цилиндрический сосуд с плоской крышкой 9 и плоским отбортованным днищем 12 (тип 80) объемом $12,5 \text{ м}^3$ изнутри футерован 2 для защиты от коррозии. Лопастная мешалка 10 (тип 07) приводится в движение мотор-редуктором 6, скорость вращения мешалки 3,3 рад/с (32 об/мин). Аппарат работает под наливом, поэтому для уплотнения вала использована

но манжетное уплотнение 7. Лапы 3 служат для крепления аппарата на междуэтажном перекрытии.

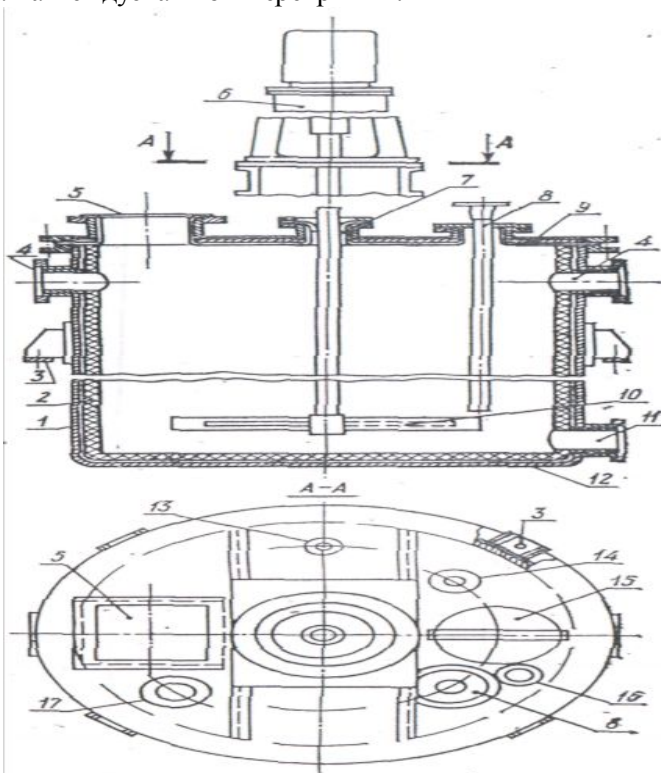


Рис. 33. Реактор для получения фтористого алюминия

Кремнефтористоводородную кислоту заливают в аппарат по штуцеру 16; прямоугольный штуцер 5 предназначен для загрузки гидроксида алюминия. Необходимую температуру (90–95 °С) поддерживают подачей острого пара по штуцеру 8. После окончания реакции суспензию кремнекислоты в растворе фторида алюминия сливают через штуцер 11. Аппарат оборудован штуцерами для перелива 4, установки приборов КИП

13, подачи суспензии кремнекислоты 14 и для отсоса газов 17. Люк 15 служит для внутреннего осмотра и ремонта аппарата.

Основные детали реактора изготовлены из стали ВСтЗпс (ГОСТ 380-71), вал, мешалка и барботажная труба – из легированной стали ОЗХ21Н2Ш4ГБ (ГОСТ 5632-72). Крышка гуммирована.

В производстве экстракционной фосфорной кислоты используют реакторы значительного объема (до 1400 м³), т. к. годовая мощность технологических линий составляет 55–280000 т Р₂О₅ (1,9–9,5 кг/с Р₂О₅), а время пребывания реакционной смеси в реакторе 4–8 ч.

В установках малой производительности применяют *вертикальные цилиндрические реакторы*, снабженные одной или несколькими лопастными (турбинными) мешалками, объемом 30–440 м³. Они могут иметь вертикальные перегородки, делящие его на ряд отсеков. Технологические линии высокой производительности (110–280 000 т Р₂О₅ в год) оборудованы реакторами с полезным объемом 740–1400 м³.

Реактор большого объема (рис. 34, а) представляет собой прямоугольную емкость из железобетона 1, разделенную вертикальными перегородками 2 на десять отсеков, восемь из которых являются реакционными и снабжены мешалками 5 с приводом 4, а отсеки IX и X служат промежуточными емкостями, в которых установлены погружные насосы 5. Полезный объем отсеков 80–122 м³.

Характерная особенность данного реактора синусоидальное движение реакционной суспензии: апатитовый концентрат (штуцер 6), серную кислоту (штуцер 7), раствор разбавления (штуцер 8) и охлажденную пульпу после испарителя из отсека л вводят в отсек I сверху, суспензия перетекает в отсек II через отверстие, расположенное у дна реактора, и далее в отсек III переливается через стенку высотой 4,88 м.

Из отсека IX погружной насос подает суспензию в вакуум-испаритель, из которого она сливается в отсек X. Часть суспензии сливается в начале процесса в отсек I, а часть погруж-

ным насосом 5 подается на фильтрацию. По штуцеру 9 фторсодержащие газы подают на очистку. Для предотвращения осаждения апатитового концентрата и гипса необходимо интенсивное перемешивание суспензии. Оно обеспечивается шестилопастными двухъярусными мешалками 3, вращающимися со скоростью 1,00 – 1,33 об/с.

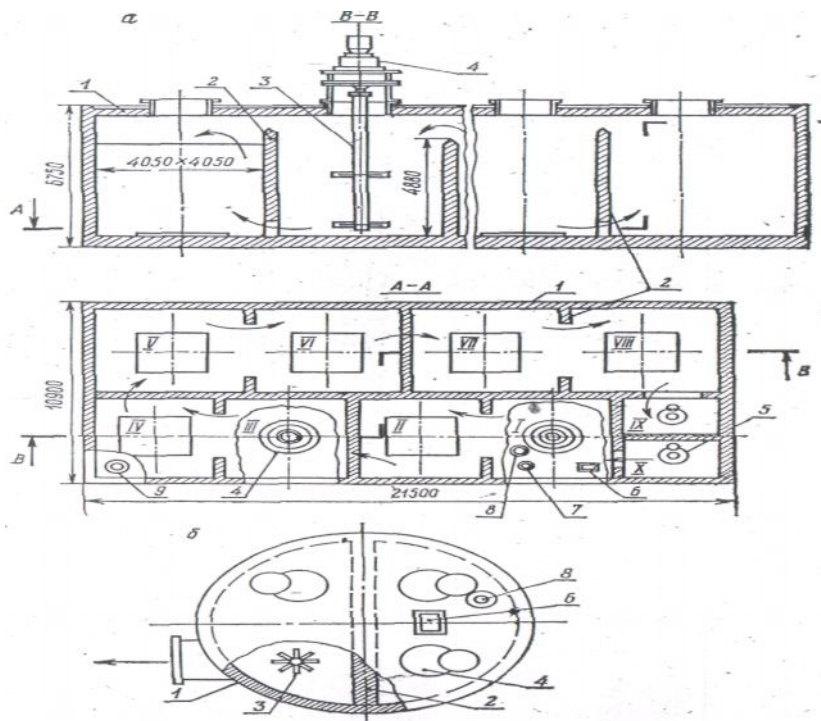


Рис. 34. Экстракторы:

а – прямоугольный многосекционный; б – круглый

При потоке суспензии $167,6 \text{ м}^3/\text{ч}$ (243 т/ч ; $\rho = 1450 \text{ кг/м}^3$) время ее пребывания в экстракторе с рабочим объемом 780 м^3 составляет $4,67 \text{ ч}$.

Материал корпуса и крышки – железобетон; толщина днища 350 мм , а крышки 300 мм , толщина стенок в нижней части 350 мм , в

верхней – 250 мм. Для защиты от коррозии корпус и перегородки футерованы резиной ($\delta = 2 - 5$ мм) и углеграфитовым кирпичом в один или два слоя ($\delta = 60 - 120$ мм). Днище защищено от эрозии слоем кислотоупорного кирпича или листовой кислотоупорной стали. Вал мешалки и лопасти изготовлены из хастеллоя или стали 06Х23Н28МЗДЗТ. Верхняя часть вала защищена резиной. В ряде случаев используют трехслойную футеровку, состоящую из слоя углеграфитового кирпича ($\delta = 60$ мм), кислотоупорного кирпича ($\delta = 113$ мм) и резины ($\delta = 4,5$ мм).

Экстракторы малого объема используют в технологических линиях производительностью 10 – 30000 т P_2O_5 в год. Металлический цилиндрический корпус 1 (рис. 34, б) изнутри футерован резиной, кислотоупорным кирпичом и угольными блоками. Перегородкой 2 аппарат разделен на два отсека. Экстрактор объемом 30 м³ снабжен четырьмя открытыми турбинными шестилопастными мешалками диаметром 700 мм, вращающимися со скоростью 1,93 об/с; на каждом валу расположено по две мешалки.

Вращающихся реакторах непрерывного действия используют для получения простого и двойного суперфосфата. Суперфосфатная камера (рис. 35) представляет собой бетонный цилиндр с металлическим кожухом 2 диаметром 7,1 м и высотой 2,58 м, вращающийся вокруг неподвижной чугунной трубы 3, которая служит точкой для выгрузки суперфосфата. Ко дну цилиндра прикреплено кольцо из двутавра 4, к которому крепится червячное колесо.

Печи. Аппараты, предназначенные для проведения высокотемпературных некаталитических процессов, называются печами.

По конструктивным особенностям выделяют следующие виды печей. *Шахтные*, – реакционное пространство которых представляет собой вертикальную шахту. Обрабатываемый материал загружают сверху, и он опускается под действием силы тяжести (рис. 36, а, б).

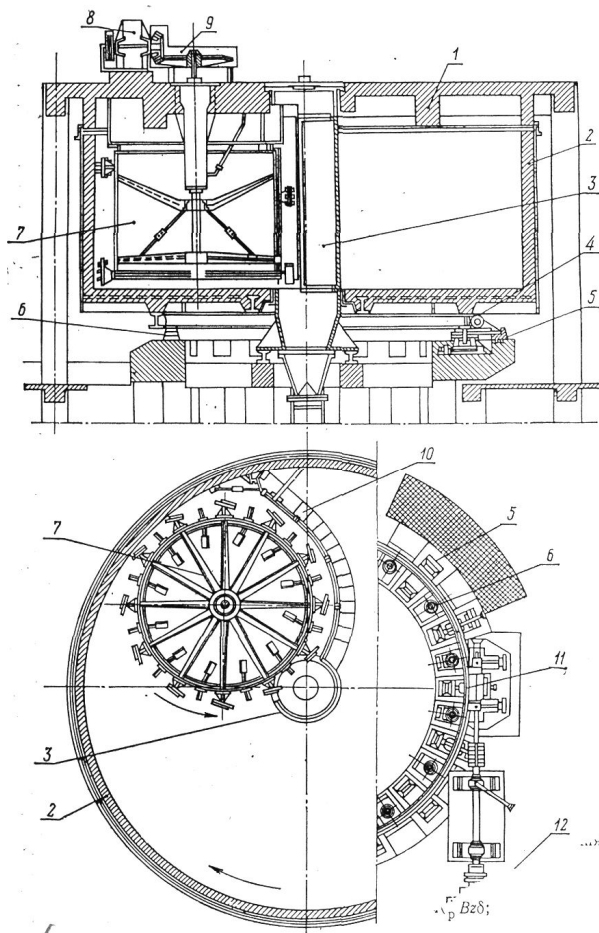


Рис.35. Суперфосфатная камера

Разновидностью шахтной печи является *щелевая печь* (рис. 36, б) реакционное пространство которой представляет собой двенадцать щелей между боковыми стенками и кернами 7 шириной 0,812, длиной 3,248 и высотой 10,735 м. По высоте камеры разделены на четыре зоны: 1) верхняя – зона подсушки и

подогрева, где материал нагревается до 550 °С за счет тепла дымовых газов, движущихся противотоком; 2) ниже – зона прокали, где материал (фосфорит) нагревается до 1000–1050 °С дымовыми газами, поступающими из топки 6 через канала в стенках и кернах; 3) зона выдержки высотой 2,555 м, в которой заканчивается разложение карбонатов и которая служит запорной зоной; 4) внизу печи – зона охлаждения высотой 2,79 м, здесь прокаленный фосфорит охлаждается до 1–30 °С воздухом, движущимся поперечно движению материала.

Печь снабжена двумя топками, рассчитанными на сжигание газа в горелках. Дымовые газы и воздух после очистки от пыли выбрасываются в атмосферу.

При общем полезном объеме 319,2 м³ производительность щелевой печи в режиме сушки фосфорита составляет 23,6 кг/с (85 т/ч).

В распылительных (аэрофонтанных печах) сжигаемый твердый материал взвешен в потоке газа и движется вместе с ним (рис. 36, в). Цилиндрический корпус 2 и коническое днище печи изнутри футерованы огнеупорным кирпичом, плоская крышка снабжена экраном 8, который охлаждается водой. Экран устраняет налипание колчедана на крышку. Основной поток воздуха со взвешенным пылевидным колчеданом поступает через сопло 9, в верхней части печи вводят вторичный воздух по радиальным или тангенциальным соплам. Доля вторичного воздуха составляет 41–55 % от его общего расхода. Процесс обжига флотационного колчедана ведут при температуре 700 – 1000 °С, огарок содержит 2,0 % серы, что соответствует 94 – 97 % степени выгорания. Обжиговой газ содержит 8–11 % SO₂ и до 180 г/м³ пыли.

Диаметр распылительных печей для обжига флотационного колчедана равен 3,5 – 4,25 м, высота цилиндрической части 7,0–10,5 м. Интенсивность таких печей составляет 0,0825–0,1156 кг/м³ с (800–1000 кг/м³ в сутки). Их достоинства: простота устройства и высокая интенсивность процесса. Недостатки распылительных печей заключаются в следующем: пригодны только для обжига сухого тонкоразмолотого флотационного колчедана, вследствие

чего необходима сушка колчедана, получаемый газ имеет большую запыленность, а огарок – высокую температуру.

В печах с кипящим слоем (КС) обрабатываемый твердый материал образует на распределительной решетке (подине) 11 псевдоожиженный слой (рис. 36, з). В кипящем слое достигается высокая скорость тепло- и массообмена. Избыток тепла отводят с помощью охлаждающих элементов 13.

Реакционный объем барабанных вращающихся печей (рис. 36, д) представляет собой горизонтальный или слабо-наклоненный (до 7°) цилиндр 16, внутри которого перемещается обрабатываемый материал.

В промышленности используют барабанные вращающиеся печи, как с внутренним, так и с наружным обогревом. Последний вид печей применяют в производствах плавиковой кислоты, минеральных пигментов и кальцинированной соды.

Барабан печи для кальцинации бикарбоната 16 диаметром 2,8 м, длиной 24,5 м и толщиной стенок 32 мм помещен в нагревательной камере и омывается дымовыми газами. Он опирается бандажами 15 на ролики и приводится в движение от электродвигателя через редуктор и венцовую шестерню 17. Бикарбонат загружается в печь забрасывателем 22 на слой готовой соды, что устраняет его схватывание. Внутри барабана размещена тяжелая цепь 21, снабженная ножами и предназначенная для устранения налипания соды на стенки барабана. Кальцинированная сода выгружается из барабана шнеком 20, а углекислый газ и водяные пары выходят из барабана через штуцер в головке печи. Барабан указанных размеров имеет производительность 215 т в сутки (24,9 кг/с).

В муфельных печах (рис. 36, ж) реакционное пространство чечевицеобразной формы образовано сводом 23 и подом муфеля, внутри которого расположено перемешивающее устройство 25. Это печи косвенного нагрева – муфель расположен в топке 19, их используют для получения сульфатов калия и натрия взаимодействием хлоридов с серной кислотой, окиси свинца из металла и ряда других веществ.

Муфельные печи для производства сульфата натрия (сульфата калия) и хлорида водорода изготавливают диаметром 4,25 и 5,50 м. Толщина пода печи равна 120 мм, а свода – 30 мм. Последний выкладывают из шамотного кирпича или карборундовых блоков. Перемешивающее устройство работает при температуре до 750 °С, в среде серной кислоты, хлорида водорода и кислых солей, поэтому его детали изготавливают из коррозионно-устойчивых материалов, например крестовину мешалки из высокохромистого чугуна, гребки из ферросилида или высокохромистого чугуна, а наконечники (зубья) из керамики или карборунда. Мешалка вращается со скоростью $n=0,75\text{--}1,25$ об/мин, мощность привода – 4,5–6,8 кВт. Для обеспечения герметичности печь заключена в металлический кожух, который внутри футерован шамотным и глиняным (красным) кирпичом. Муфель обогревают дымовыми газами с температурой над сводом 1200° и под муфелем 800 °С.

Достоинство муфельной печи — возможность получения хлорида водорода с концентрацией 30–50 %. Недостатки: низкая производительность – 0,116 кг/с (10 т/сут) при диаметре 4,25 м и 0,139 – 0,162 кг/с (12–14 т/сут) при диаметре 5,5 м; плохое использование тепла, т. к. газы выходят из печи с температурой 800 °С; значительное коррозионное разрушение пода-печи и перемешивающего устройства.

Реакционные камерные печи представляют собой конический, цилиндрический или прямоугольный реакционный объем, обогреваемый за счет тепла химических реакций, протекающих в данном объеме. Эти печи используют для сжигания фосфора, серы, сероводорода и синтеза хлорида водорода из хлора и водорода. Камерные печи косвенного нагрева применяют редко.

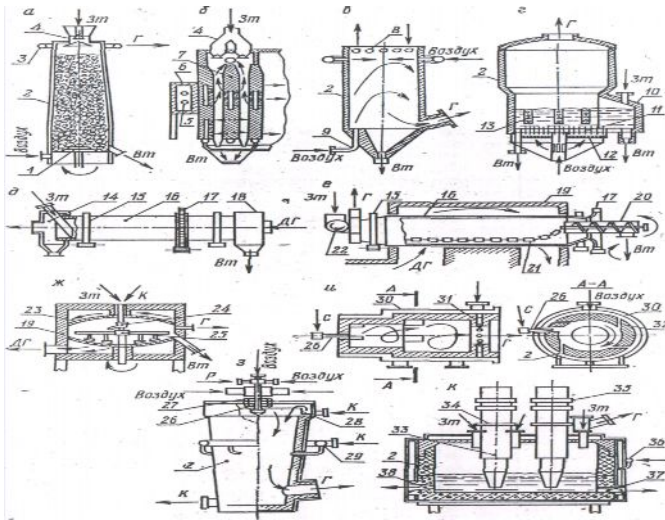


Рис. 36. Основные типы печей:

а – шахтная; б – шахтная щелевая; в – распылительная {аэрофонтанная}; г – кипящего слоя; д, е – вращающиеся барабанные с внутренним и наружным обогревом; ж – муфельная; з – вертикальная камерная; и – циклонная камерная; к – электродуговая сопротивления; В – подача воздуха; 3т – загрузка твердых материалов; Вт – выгрузка твердых материалов; Г – вывод газов; ДГ – дымовые газы; К – подача кислоты; Р – подача фосфора; С – подача серы; 1 – разгрузочное устройство, улитка; 2 – корпус с внутренней футеровкой; 3 – коллектор углекислого газа; 4 – загрузочное устройство; 5 – горелки; 6 – выносная топка; 7 – керн; 8 – экран; 9 – сопло для подачи пылевидного колчедана; 10 – загрузочная камера; 11 – под печи с соплами для подачи – воздуха; 12 – воздужораспределительная решетка; 13 – охлаждающие элементы; 14 – загрузочная камера; 15 – бандаж; 16 – барабан; 17 – шестерня; 18 – разгрузочная камера (голова); 19 – каркас топки с футеровкой; 20 – разгрузочный шнек; 21 – цепь; 22 – забрасыватель; 23 – свод муфеля; 24 – распределитель кислоты; 25 – перемешивающее устройство; 25 – форсунка; 27 – охлаждающий змеевик; 28 – переливная чаша; 29 – коллектор кислоты; 30 – кожух; 31 – пережим с соплами для воздуха; 32 – тангенциальные каналы для воздуха; 33 – самоспекающийся электрод; 34 – электрододержатель; 35 – устройство для перепуска электродов; 36 – коллектор воды; 37 – летка для феррофосфора; 38 – летка для шлака

Камерная вертикальная печь для сжигания фосфора имеет, форму усеченного конуса, установленного основанием вверх (рис. 36, з). Фосфор распыляется с помощью пневматической форсунки 26. Для отвода тепла горения фосфора и защиты корпуса от воздействия горячих паров пятиоксида фосфора внутренние стенки печи орошают кислотой, которую подают в переливную чашу 28. Для поддержания необходимой концентрации кислоты в переливную чашу подают воду. Кроме того, часть кислоты подают в коллектор 29 и распыляют с помощью форсунок в объеме печи. Таким образом, в печи горит фосфор и испаряется вода, частично идут процессы абсорбции пятиоксида фосфора и образования фосфорной кислоты. Кислота с температурой 80 °С и концентрацией 75 % отводится на охлаждение, а смесь газов, паров воды и пятиоксида фосфора поступает в башню гидратации на абсорбцию фосфорного ангидрида.

Металлический кожух печи внутри футерован слоем полиизобутилена, диабазовой плитки и кислотоупорного кирпича. Крышка печи изготовлена из кислотоупорной стали и охлаждается водой, протекающей по змеевикам. Печь диаметром 5,3 м в верхней части, 4,5 м – в нижней и общей высотой 11,8 м рассчитана на сжигание 0,693 кг/с (2500 кг/ч) фосфора. Тепловая напряженность печи составляет 170 кВт/м³.

Камерная циклонная печь отличается от предыдущей организованным движением газа за счет ввода воздуха, необходимого для горения, по тангенциальным каналам. Газовый поток вращается вокруг продольной оси аппарата, что интенсифицирует смешение, диффузию и испарение, тем самым, увеличивая скорость химических процессов.

В последние годы циклонные печи получили широкое распространение. Их используют в котельных агрегатах для сжигания газообразного и жидкого топлива, в химической промышленности для сжигания серы и отходов производства (сточные воды, шламы, газы). Печи данного типа испытаны в процессе сжигания фосфора и обесфторивания природных фосфатов. Достоинства циклонных печей: высокая интенсивность процесса и, следовательно, малая занимаемая площадь и объем, высо-

кая полнота сжигания, возможность работы с малым избытком воздуха, низкое аэродинамическое сопротивление.

Двухкамерные циклонные печи для сжигания серы (рис. 36, и) изготавливают производительностью 100, 150 и 240 т в сутки (1,156, 1,736, 2,775 кг/с), причем фактическая производительность может в 1,25 раза превышать расчетную, а тепловая нагрузка достигает 4,5 МВт/м³. Серу распыляют с помощью механических форсунок 26, а воздух подают в зазор между кожухом 30 и обечайкой внутреннего корпуса, что уменьшает потери тепла в окружающую среду. По тангенциальным каналам (соплам) 32 воздух со скоростью 30–70 м/с поступает в форкамеру и камеру сжигания. Расход воздуха регулируется заслонками, установленными в каналах. Форкамера (диаметр 0,9 м, длина 1,15 м) служит в основном для испарения серы. Камера сжигания (диаметр 1,4 м, длина 4,15 м) снабжена пережимом (диаметр отверстия 0,9 м, ширина 0,25 м) для лучшего перемешивания воздуха и паров серы. Внутри пережима расположены радиальные каналы, по которым проходит часть воздуха для охлаждения пережима. Кроме того, воздух поступает в печь по осевому отверстию в передней стенке, снабженному закручивающим аппаратом и регистром.

Кожух и корпус печи изготавливают из углеродистой стали. Если температура корпуса выше 500 °С, то используют легированные стали. Корпус печи футерован листовым асбестом толщиной 5 – 10 мм и огнеупорным кирпичом, общая толщина футеровки 230 мм. Аэродинамическое сопротивление печи зависит от нагрузки и составляет 1700 – 3500 Па.

В руднотермических (электродуговые сопротивления) печах обрабатываемые вещества нагреваются и плавятся в ванне печи за счет пропускания электрического тока через шихту и расплав. Печи этого типа используют для производства элементарного фосфора и карбида кальция.

Электродуговая печь для восстановления фосфора из фосфоритов (рис. 36, ж) состоит из вертикального цилиндрического корпуса (ванны) 2, через крышку которого проходят три самонагреваемых электрода 33, десяти течек для загрузки шихты и

двух патрубков для отвода газов. В обечайке корпуса размещено три летки: две – для слива шлака 38 и одна – для слива феррофосфора 37. Корпус, крышка и днище печи охлаждаются водой. Корпус печи изготовлен из листовой стали толщиной 25 мм и усилен двутаврами, на которые опирается металлическая крышка. Корпус печи выше угольных блоков футерован шамотным кирпичом толщиной 0,925 м на высоту 2,6 м. Свод печи выполнен из бетона, пространство между сводом и крышкой заполнено песком. Днище печи плоское (толщина 32 мм), к нему приварены швеллера, образующие каналы, по которым пропускают воду для охлаждения; крышку изготавливают из нержавеющей стали, она состоит из трех секторов, соединяемых между собой фланцами. Сектора электрически изолированы друг от друга и корпуса печи. Электрический ток подводят к электродам 33 с помощью электродержателей 34, а механизм перепуска 35 служит для изменения положения электродов в печи.

Днище печи и боковые стенки в зоне расплава на высоту 1,65 м футерованы угольными блоками (толщина днища 1,1 м, боковых стенок 0,925 м). Между футеровкой, днищем и корпусом печи имеется зазор (60 мм), заполненный подовой массой.

Печи данного типа обозначаются следующим образом: метод нагрева – руднотермический (Р), форма ванны – круглая (К), герметичность ванны – закрытая (З), мощность печи в мегаваттах (МВт), назначение печи – фосфорная (Ф), буква М добавляется для модернизированных моделей. В Советском Союзе используют печи РКЗ-48Ф, РКЗ-48Ф-М1 и РКЗ-72Ф, разрабатываются печи большей мощности. Печь РКЗ-48Ф-М1 (диаметр ванны – 8,5 м, глубина – 4,9 м, мощность – 48 МВт) снабжена тремя электродами диаметром 1,4 м и рассчитана на получение 2,5 т фосфора в час.

Полочно-гребковые, ретортные, туннельные и карусельные печи в неорганических производствах используют значительно реже, чем рассмотренные выше.

Шахтные пересыпные печи, работающие на твердом топливе, применяют в содовой промышленности для одновременного получения извести и углекислого газа. В таких отраслях про-

мышленности, как металлургическая, строительных материалов и пищевая, где не нужен углекислый газ, часто используют шахтные печи на газовом топливе. Кроме того, их применяют для окислительной прокатки, восстановления и хлорирования гранулированных шихт с величиной частиц 5 – 50 мм.

6 Оборудование для пылеулавливания, очистки газов и разделения систем Ж:Т

6.1 Оборудование и процесс пылеочистки, газоочистки

Для улавливания пыли из отходящих газов широко применяют центробежные пылеуловители (циклоны), рукавные фильтры и мокрые пылеуловители. Степень очистки газа в пылеулавливающем аппарате любого типа (кпд аппарата η в %) определяется следующей зависимостью:

$$\eta = \frac{V_1 x_1 - V_2 x_2}{V_1 x_1} \cdot 100 = \left(1 - \frac{V_2 x_2}{V_1 x_1} \right) \cdot 100, \quad (23)$$

где V_1 , V_2 – объем газа на входе в газоочистительный аппарат и на выходе из него (приведенный к нормальным условиям), м^3 ;

x_1 , x_2 – концентрация; пыли в запыленном и очищенном газе (объем газа приведен к нормальным условиям), г/м^3 .

Центробежные пылеуловители (циклоны)

Циклоны широко применяются в промышленности удобрений. Запыленный газ, поступая по касательной в корпус циклона со скоростью 20– 25 м/с, приобретает вращательное движение. При этом частицы пыли под действием центробежной силы отбрасываются к периферии и опускаются вдоль стенок в приемный бункер. Степень очистки газа от пыли в циклонах зависит от геометрических размеров и формы аппарата, свойств пыли, скорости и турбулентности вращающегося газового потока. Повысить степень очистки газов в циклоне можно путем уменьшения его диаметра и замены одного циклона несколькими циклонами малого диаметра.

Температура, поступающих в циклон газов, должна быть на 15–20 °С выше точки росы. При этом предотвращается конденсация паров влаги из газа, образование и оседание шлама на поверхности. Производительность одного элемента $Q_{эл}$ по запыленному газу определяется из уравнения

$$Q_{эл} = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho \xi}} = 1,11D \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho \xi}}, \quad (24)$$

где D – диаметр циклона; ΔP – перепад давления в циклоне, Па;
 ρ – плотность газа, кг/м³ (отношение ΔP : ρ должно быть в пределах 5500 – 7500);
 ξ – коэффициент сопротивления элемента.

Требуемое число элементов в циклоне

$$n = \frac{Q}{Q_{эл}} = \frac{Q}{1,11D^2} \sqrt{\frac{\rho \xi}{\Delta P}}, \quad (25)$$

где Q – расход газа, м³/с.

Рукавные фильтры. Фильтр состоит из корпуса, в котором находятся тканевые мешки. Нижние открытые концы рукавов закреплены на патрубках – общей трубной решетки, верхние концы снабжены крышками, подвешенными к общей раме. Запыленный газ проходит из рукавов наружу, при этом пыль осаждается на внутренней поверхности рукавов и в порах ткани. Очищенный газ удаляется через выхлопную трубу. По мере увеличения толщины слоя пыли сопротивление ткани возрастает, поэтому рукава периодически очищают путем встряхивания при помощи кулачкового механизма. В некоторых фильтрах наряду с механическим встряхиванием рукава продувают воздухом, пропуская его в направлении, обратном движению очищенного газа.

Для изготовления фильтрующих рукавов применяют шерстяные и хлопчатобумажные ткани, шерстяную байку с добавкой капронового волокна, синтетические ткани из нитрона, ткани из стекловолокна. Верхний температурный предел работы фильтра определяется теплостойкостью ткани (80–90 °С – для шерстяных тканей, 65 °С – для хлопчатобумажных, до 400 °С – для тканей из стекловолокна). Нижний предел температуры газа должен быть по крайней мере на 10 °С выше точки росы – температуры, при которой происходит конденсация влаги из газа, иначе

ткань быстро увлажняется и замазывается грязью. Производительность рукавных фильтров не превышает $120 - 150 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{ч})$. Они состоят из 3 – 12 секций, в каждой из которых имеется 8 рукавов диаметром 190 и длиной 2000 мм; общая фильтрующая поверхность такой секции $9,6 \text{ м}^2$.

Мокрые пылеуловители. Для предварительной очистки газов (в сочетании с их охлаждением) в производстве удобрений широко используются полые, насадочные и центробежные скрубберы.

В полых скрубберах запыленный газ движется снизу вверх, поглощающая пыль жидкость разбрызгивается форсунками, установленными на разных уровнях. При этом всё сечение скруббера перекрывается распыленной жидкостью. Для уменьшения уноса брызг скорость газа в поперечном сечении скруббера не должна превышать $1,0 - 1,5 \text{ м/с}$.

Несколько лучшая очистка газа достигается в скрубберах с насадкой, в качестве которой используются кусковые, кольцевые или хордовые элементы. Насадка скруббера орошается через распределительные устройства. Скорость газа в насадочных скрубберах составляет $0,8 - 1,25 \text{ м/с}$ и более.

Выбор аппарата для очистки газа зависит от свойств пыли, размера ее частиц, влажности, запыленности и требуемой степени очистки газа.

6.2 Разделение систем Ж:Т

Суспензию разделяют с помощью пористой перегородки, пропускающей дисперсионную среду, но задерживающей дисперсную фазу.

Процесс разделения суспензий при помощи пористой перегородки, пропускающей жидкость (фильтрат) и задерживающей взвешенные в ней твердые частицы, называют фильтрованием.

Рамный фильтр-пресс. Обычно процесс фильтрации используют в тех случаях, когда сгущение суспензии затруднено плохим осаждением частиц твердой фазы. При прохождении потока жидкости через фильтрующую перегородку, последняя оказывает гидравлическое сопротивление этому движению. В настоящее время известно очень много аппаратов различных

конструкций (рис. 37). Наиболее простым аппаратом, используемым для фильтрации под давлением, является рамный фильтр-пресс.

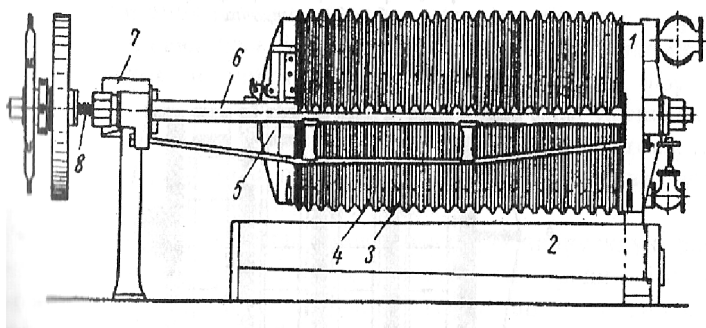


Рис. 37. Рамный фильтр-пресс:

1 – неподвижная плита; 2 – корыто; 3, 4 – плиты, рамы;
5 – подвижная рама; 6 – опора; 7, 8 – гидравлическая система

Фильтрация в них проводится при подаче суспензии в аппарат под давление 3–5 атм. По мере протекания процесса фильтрации к сопротивлению перегородки прибавляется сопротивление осадка, который, накапливаясь на поверхности фильтрующей перегородки, служит фильтрующей средой для следующей порции жидкости. При этом толщина и характер осадка служат основными факторами, определяющими эффективность фильтрации, т. к. поры осадка меньше пор фильтрующей перегородки, а его структура изменяется по ходу процесса. Из этого ясно, что увеличение количества осадка на фильтрующей перегородке приводит к уменьшению скорости фильтрации, если процесс ведется при постоянном давлении. Поэтому, чтобы фильтрация проходила с постоянной скоростью, необходимо использовать переменное давление, повышая его по мере накопления осадка. Для создания разности давления с обеих сторон фильтрующей поверхности создают вакуум путем откачки воздуха. Давление должно быть равномерно распределено по фильтрующей поверхности, т. к. могут возникнуть гидравлические удары, способствующие попаданию в фильтры тонкой взвеси.

В качестве фильтрующих перегородок применяются хлопчатобумажные или шерстяные ткани, пористая резина и другие материалы.

Эти фильтр-прессы имеют станину и неподвижную упорную плиту, связанную с двумя опорными балками, по которым свободно скользит зажимная плита. Из рис. 38 видно, что между упорной и неподвижной плитой установлены фильтрующие рамы и плиты, прижимаемые друг к другу при помощи зажимного винта. Плиты, которые фильтруют суспензию, покрыты с обеих сторон фильтровальной тканью.

Схемы работы рамного фильтр-пресса приведены на рис. 38. В каждой раме в плите в верхней части имеется по два отверстия, которые сообщаются с наружной поверхностью плит.

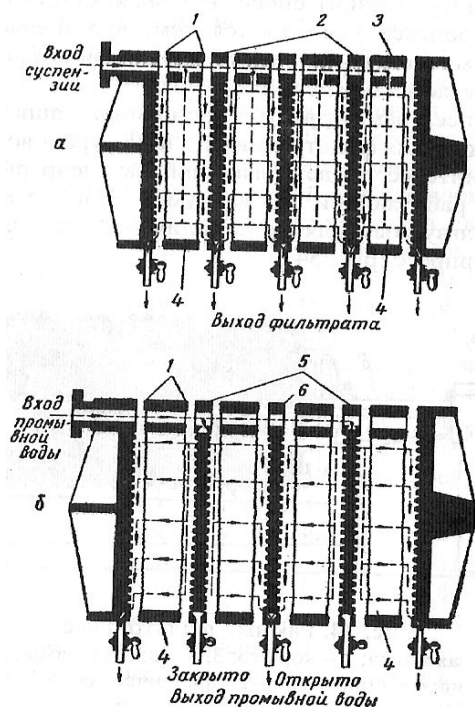


Рис. 38. Схема работы
фильтрпресса

В фильтровальной ткани, накладываемой на плиты, делаются отверстия, соответствующие отверстиям в плитах и рамах. При этом между соседними рамами и плитами образуются сплошные продольные каналы. Фильтрация суспензии осуществляется следующим образом, в верхний канал подается под давлением исходная суспензия, которая поступает в образуемые между рамами и плитами пространство. Через фильтровальную ткань проходит фильтрат, затем он стекает вниз и удаляется через нижнее отверстие. А твердая фаза осаждается на фильтровальной ткани. После заполнения пространства между рамами осадком, подача суспензии прекращается. Далее ведется промывка и просушка осадка. Фильтр-пресс разбирают вручную. Производительность фильтр-пресса обычно подбирается по табличным данным в зависимости от требуемой площади фильтрации.

Барабанный вакуум-фильтр.

Барабан (рис. 39) имеет вид полого цилиндра и примерно на одну треть погружен в корыто с суспензией. Боковая поверхность барабана покрыта листами, поверх которых натянуты фильтровальные перегородки из несущего полотна и фильтровальной ткани. На барабане образуется ряд закрытых ячеек, которые сообщаются с внешней средой через фильтрующие перегородки.

На рис. 39 изображен вакуум-фильтр. Передняя часть распределения головки закрывается кольцевым диском с отверстиями, расположение и количество которых соответствует отверстиям в блоке распределительной головки.

Для того, чтобы суспензия в корыте поддерживалась на постоянном уровне, оно имеет переливную трубу. Во избежание оседания на дне корыта крупных твердых частиц, здесь устанавливают мешалки механического типа.

Подача суспензии в аппарат прекращается и ведется промывка осадка.

Рамы плиты изготавливаются из дерева, чугуна, нержавеющей стали или из пластмасс.

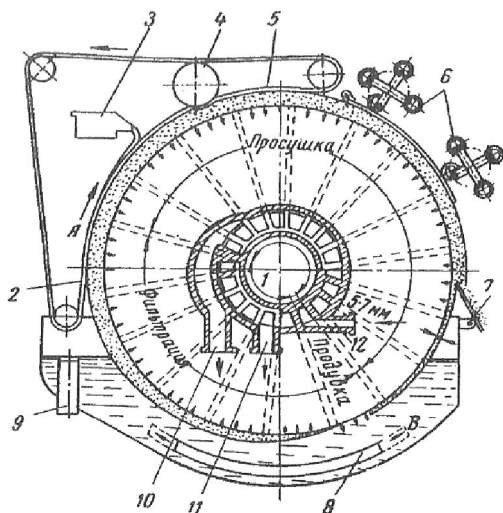


Рис. 39. Схема работы вакуум – фильтра:

1 – барабан; 2 – лента; 3, 4, 5 – устройство для предотвращения образования трещин в осадке; 6 – устройство для разрыхления осадка; 7 – нож для съема осадка; 8 – качающаяся мешалка; 9 – слив; 10, 11 – распределительное устройство

Недостатком рамного фильтр-пресса является трудоемкость при эксплуатации, связанная с необходимостью частой разборки, а также быстрый износ фильтровальной ткани.

Производительность фильтр-пресса обычно подбирается по табличным данным в зависимости от требуемой площади фильтрации.

Контрольные вопросы к главе II:

- 1 Классификация оборудования.
- 2 Требования, предъявляемые к оборудованию.
- 3 Нормативно-техническая документация для расчетов и эксплуатации машин и аппаратов
- 4 Фланцы, опоры аппаратов.

- 5 Емкости, сосуды и резервуары.
- 6 Аппараты с перемешивающими устройствами.
- 7 Трубы и фасонные части трубопроводов.
- 8 Соединения трубопроводов.
- 9 Компенсаторы.
- 10 Опоры трубопроводов.
- 11 Арматура.
- 12 Классификация транспортирующих устройств.
- 13 Принцип работы ленточных конвейеров.
- 14 Скребковые конвейеры.
- 15 Ковшовые элеваторы.
- 16 Винтовые конвейеры.
- 17 Установки пневмотранспорта.
- 18 Бункера и затворы.
- 19 Дозаторы сыпучих материалов.
- 20 Смесители жидких и сыпучих компонентов.
- 21 Реакторы для кислотного разложения.
- 22 Фильтры.
- 23 Нейтрализация кислот и растворов.
- 24 Экстракторы.
- 25 Суперфосфатная камера.
- 26 Барабанная вращающаяся печь.
- 27 Грануляционные башни.
- 28 Требования, предъявляемые к оборудованию.
- 29 Подготовка руды к переработке.
- 30 Стадия дробления.
- 31 Виды дробилок.
- 32 Степень дробления.
- 33 Порядок расчета дробилок.
- 34 Виды мельниц.
- 35 Устройство шаровой мельницы и принцип ее работы.
- 36 Устройство стержневой мельницы и принцип ее работы.
- 37 Разновидности стадий измельчения.
- 38 Классификация материалов (руды) после измельчения.
- 39 Устройство и принцип работы речного классификатора.
- 40 Устройство и принцип работы спирального классификатора.

- 41 Центробежный классификатор (гидроциклон).
- 42 Принцип работы гидроциклона.
- 43 Порядок расчета гидроциклона.
- 44 Контактные аппараты.
- 45 Реакторы для окисления азота.
- 46 Конструкции реакторов, используемых при получении аммонийных солей.
- 47 Печи.
- 48 Реактор для получения фтористого алюминия
- 49 Основное назначение рамного фильтр-пресса.
- 50 Устройство и принцип работы рамного пресса.
- 51 Устройство барабанного вакуум-фильтра.
- 52 Работа барабанного вакуум-фильтра.
- 53 Контактный аппарат для окисления аммиака.
- 54 Конверторы для получения водорода.
- 55 Шайбовый дозатор.
- 56 Оборудования для транспортирования жидкостей.
- 57 Дозаторы сыпучих материалов
- 58 Бункера и затворы.
- 59 Установки пневмотранспорта.
- 60 Реакторы для систем жидкость-твердое.
- 61 Оборудование для пылеулавливания, очистки газов и разделения систем Ж:Т.

Глава III **ОРГАНИЗАЦИЯ ДИПЛОМНОГО** **ПРОЕКТИРОВАНИЯ [46–48]**

1.1 Общие положения

Дипломное проектирование является заключительным этапом обучения студента в вузе и имеет целью систематизацию и применение теоретических знаний для решения поставленной научно-технической задачи, развития навыков самостоятельной инженерной работы, а также получения собственного научно-прикладного результата. Дипломное проектирование может выполняться в форме дипломного проекта, дипломной работы или дипломной работы-проекта.

Дипломный проект (выпускная квалификационная работа) представляет собой самостоятельную законченную инженерную разработку технологического процесса, обеспечивающего выпуск товарной продукции в объеме завода (цеха, участка) или конструкции отдельных технологических агрегатов.

Дипломная работа представляет собой законченное научное исследование по решению одного из этапов отраслевой проблемы или конкретной задачи, имеющих самостоятельное научное, практическое или учебно-методическое значение.

Дипломная работа-проект представляет собой законченное научное исследование, в котором решение конкретной научно-технической задачи сопровождается ее инженерной проработкой, например, в виде технологической схемы процесса и компоновки технологического оборудования, разработки и расчета отдельных технологических процессов и аппаратов.

1.2 Тематика и объем дипломного проекта

Тематика дипломного проектирования должна быть актуальной, увязанной с проблемными вопросами развития промышленности в РК, должна соответствовать основным научным направлениям, разрабатываемым в данном вузе, выполняться по заданиям промышленности, т. е. быть реальной. Тематика ди-

пломного проектирования может быть комплексной и предусматривать выполнение проектов несколькими студентами по смежным темам, объединенным общей проблемой. Закрепление за студентами тем дипломных проектов утверждается приказом ректора по представлению профилирующей кафедры.

Задание на дипломный проект должно включать наименование вуза, факультета, кафедры, фамилию и инициалы студента, дату выдачи и задания, наименование темы проекта, его цель и краткое содержание, разделы и объем работы, выполняемой с использованием ЭВМ, срок представления к защите, фамилии и инициалы руководителей и консультантов по специальным разделам проекта. Задание подписывается руководителем и студентом, и утверждается заведующим выпускающей кафедры.

Дипломный проект состоит из графической части и пояснительной записки. Вместо графической части может быть выполнен объемный макет проектируемого объекта.

Графическая часть проекта (работы) может быть представлена в виде чертежей, эскизов и схем, характеризующих основные выводы и предложения исполнителя.

Пояснительная записка к дипломному проекту в общем случае должна содержать:

1 Титульный лист – объем 1 лист с указанием названия организации, кафедры.

2 Задание на проектирование.

3 Аннотацию (реферат).

4 Содержание.

5 Введение.

6 Разделы по основной теме (аналитический обзор, технико-экономическое обоснование или технико-экономические расчеты, патентный поиск, технологическая часть, строительная часть, автоматизация и автоматизированные системы управления технологическим процессом, стандартизация и др.).

7 Раздел по обеспечению жизнедеятельности.

8 Экономическая часть.

9 Заключение.

10 Список литературы.

11 Виды и объем работ, выполненных с использованием компьютера.

Приложения.

Состав и объем графического материала и разделов пояснительной записки, применительно к специальности, определяется методическими указаниями профилирующей кафедры.

Оформление графической части проекта и его пояснительной записки должно отвечать требованиям единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Законченный дипломный проект (работа), подписанный студентом, консультантами и руководителем, представляется заведующему кафедрой для предварительной защиты, которая проводится не позднее, чем за семь дней до заседания Государственной аттестационной комиссии (ГАК). Предварительная защита проводится на заседании комиссии в составе руководителя проекта (работы) и одного – двух преподавателей кафедры.

1.3 Содержание расчетно-пояснительной записки.

Технологическая часть

1 Характеристика месторождения сырья. Условия залегания сырьевых материалов, мощность полезного ископаемого, залегания пластов, мощность и характеристика вскрыши, соотношение между вскрышей и вырабатываемым полезным ископаемым, топографические и гидрогеологические условия залегания.

2 Характеристика сырьевых материалов. Физические свойства, минералогический состав, химический состав, постоянство состава по простиранию и толще, наличие прослоек, включений.

3 Технологическая оценка выбранных сырьевых материалов.

4 Обоснование принятого в проекте способа производства.

5 Расчет сырьевой смеси. Расчет должен обеспечить получение продукта заданных свойств, а шихта отвечать оптимальным условиям производства.

6 *Материальный баланс завода.* Режим работы отдельных цехов и отделений завода, расчет материального баланса завода (годовой), материальный баланс отделений (суточный, часовой).

7 *Технологическая схема производства.* Подробное описание схемы производства, включая внутрицеховой и внутризаводской транспорт. Обоснование схемы производства и принятого технологического оборудования с технической и экономической сторон.

8 *Расчет технологического и транспортного оборудования и подбор его по каталогам.* Определение по материальному балансу необходимой производительности оборудования на данной технологической операции, подбор оборудования по каталогу, определение числа однотипного оборудования. Характеристика оборудования и проверочный расчет его производительности. Расчет емкости складов и обоснование схемы механизации, расчет количества подлежащего хранению сырья, топлива, добавок. Выбор типа складов и определение их размеров, выбор и расчет оборудования складов.

Строительная часть:

1 Графическое оформление чертежей зданий, проектируемых производственных цехов, а также схемы генерального плана (самостоятельной графической части этот раздел не имеет, и все графические работы по строительной части выполняются на чертежах технологической части).

2 Раздел в общей пояснительной записке, называемый “строительная часть”. В разделе “строительная часть” пояснительной записки должны быть отражены следующие вопросы: климатические условия строительства; обоснование выбора участка для строительства завода; топографические условия, инженерно-геологические условия (допускаемые напряжения на грунт, глубина промерзания грунта, уровень грунтовых вод и т. д); описание решений генплана; обоснование принятой планировки производственных и вспомогательных цехов и зданий в увязке с требованиями технологии, транспорта, розы ветров и т. п.; принятые конструкции зданий основных производственных цехов; кубатура зданий.

Раздел по обеспечению жизнедеятельности должен быть предусмотрен при проектировании генерального плана предприятия, разработке технологического процесса с учетом максимальной механизации, автоматизации производства и герметичности оборудования. Особое внимание следует обратить на поточность, компоновку и расположение оборудования с соблюдением расстояний, предусмотренных противопожарными и санитарными нормами проектирования промышленных предприятий. Выполнение указанных требований должно обеспечить безопасность ведения ремонтно-монтажных работ и эксплуатацию производственного процесса.

Автоматизация контроля и производства:

- 1 Автоматизация контроля производства.
- 2 Автоматизация технологических процессов.

Электротехническая часть. Расчет потребной мощности электродвигателей для привода оборудования и подбор их по каталогам. Составление списка электродвигателей и определение их суммарной мощности. Определение общей потребности в силовой и осветительной энергии. Определение максимального и среднего коэффициента загрузки электродвигателей. Расчет удельного расхода электроэнергии на единицу выпускаемой продукции.

Экономическая часть:

1 Экономическое обоснование района строительства и мощности завода. Значение продукции проектируемого объекта. Экономическое состояние области, в которой проектируется завод, перспективы ее развития. Район потребления и потребность в продукции проектируемого завода. Обоснование выбора ассортимента и мощности проектируемого завода. Экономические факторы, определяющие возможность строительства завода (наличие сырьевой базы, топлива, источников водоснабжения, электроснабжения, транспорта, связи, обеспеченность рабочей силой).

2 Расчет численности рабочей силы, ИТР, служащих и фондов зарплаты.

3 Капитальные затраты на строительство завода.

4 Калькуляция себестоимости единицы продукции.

5 Техничко-экономические показатели (удельные расходы сырьевых материалов, топлива; электроэнергии; электровооруженности, выработка на одного рабочего, капитальные затраты на единицу мощности).

6 Сравнение технико-экономических показателей проектируемого завода с аналогичными действующими предприятиями.

1.4 Организация работы над проектом

Программа преддипломной практики организует и направляет работу студента по сбору материала к дипломному проекту. Одновременно студент путем самостоятельной работы над литературными источниками должен расширить и углубить свои знания по вопросам, затрагиваемым объемом и содержанием конкретного задания. Таким образом, параллельно со сбором материала к проекту, производимому в соответствии с программой преддипломной практики, студент должен одновременно работать над литературным материалом, пользуясь списком рекомендуемой литературы. К концу практики дипломант должен иметь необходимые знания по всем вопросам, связанным с выполнением дипломного проекта. Эти знания должны базироваться как на материалах практики, так и на углубленном самостоятельном изучении соответствующей литературы.

Дипломное задание, которое выдается студенту перед направлением на преддипломную практику, содержит указания о районе строительства проектируемого завода, способе производства и типе агрегата (длинные вращающиеся печи, печи с циклонными теплообменниками, шахтные печи и т. д.) и т. п., а также определяет ориентировочную мощность завода. Хотя все эти вопросы оговорены в задании на проектирование, следует помнить, что они должны быть обоснованы студентом на основании изучения экономики района, материалов о сырьевой базе и данных о площадке под строительство.

Как правило, задание на проектирование базируется на реальной сырьевой базе. Поэтому по возвращении с практики дипломник при-

ступает к изучению материалов о сырьевой базе, районе строительства и промышленной площадке. Соответствующие материалы студент получает в отделах изыскания, сырьевых отделах и отделах экономического обоснования проектов специализированных проектных институтов. На основании проработки материала, собранного в проектной организации, студент составляет следующие разделы пояснительной записки к проекту: обоснование района строительства, данные о сырьевой базе завода, выбор промплощадки.

Обоснование района строительства и ориентировочной мощности завода. Раздел составляется на основании общих задач, стоящих перед отраслью; задач по развитию промышленности; анализа перспектив развития данного района; отчетных данных о выпуске и потреблении материалов, о перспективах расширения потребления этой продукции; анализа возможностей сырьевой базы, возможных вариантов топливоснабжения, электроснабжения, транспортных связей.

Сырьевая база завода. Раздел включает характеристику месторождения и характеристику сырья. Характеристика месторождения должна содержать краткие данные о геологии района, литологический разрез месторождения, данные об однородности полезного ископаемого и вредных примесях, о запасах полезного ископаемого, данные о вскрышных породах, ориентировочные сведения о способе и организации горных работ. Характеристика сырья включает данные о химической характеристике сырьевых материалов (пределы колебаний содержания отдельных компонентов, средневзвешенный состав полезного ископаемого по месторождению или участкам месторождения), технологические данные — прочность породы, гранулометрический состав (для глинистых или меловых пород), влажность, удельный расход энергии на помол, возможную влажность сырьевого шлама на основе сырьевых компонентов месторождения. Раздел заканчивается выводами студента о возможности использования сырья для производства предусмотренной заданием продукции.

Данные о промышленной площадке. Этот раздел включает сведения о рельефе площадки, о грунтах, климате, водных ресурсах,

данные о взаимном расположении месторождений и площадки под строительство или о возможных вариантах площадок.

Сюда же включаются сведения, позволяющие обосновать способ транспорта сырья с карьера на завод.

Анализируя собранные материалы и комментируя их, студент делает выводы, которые закладываются в основу проекта. Материалы обоснования района строительства и данные о сырье являются первым и вторым разделом пояснительной записки к проекту. Материалы о промплощадке входят в раздел "Строительная часть".

Выводы из раздела "Обоснование района строительства" студент должен согласовать с консультантом по экономической части проекта; материалы по промышленной площадке – с руководителем проекта и консультантом по строительной части. Выводы раздела о сырьевой базе согласовываются с руководителем проекта. На основании анализа свойств сырья, топлива, обеспеченности проектируемого завода технологической водой, требуемой производительности, а также с учетом плана выпуска оборудования заводов, обосновывается способ производства и выбирается основной технологический агрегат – обжиговая печь, формовочная машина и т. п.

Обоснование принятого в проекте способа производства и типа оборудования является следующим разделом пояснительной записки. В разделе должно быть дано сравнение способов производства и обоснование целесообразности принятого агрегата. Выбрав способ производства, приступают к разработке скелетной технологической схемы. Технологическая схема должна быть согласована с руководителем проекта. В пояснительную записку к проекту включается специальный раздел "Разработка технологической схемы", где приводится подробное описание схемы с соответствующим обоснованием принятых вариантов.

Для разработки материального баланса необходимы расходные коэффициенты, базирующиеся на составе смеси, а также сведения о расходе топлива на обжиг, сушку и другие технологические нужды.

При проектировании завода важным разделом проекта является расчет сырьевой смеси, определяющий соотношение между сырьевыми компонентами, устанавливающий их число и дающий важные указания о корректировании смеси.

Следующим этапом является выполнение тепловых расчетов основных теплотехнических агрегатов (сушильные барабаны, сушила, печи). Результаты теплотехнических расчетов согласовываются дипломантом с консультантом по теплотехнической части.

На основании уточненных данных составляется сводный по заводу баланс в часовом, суточном и годовом резерве. После разработки материального баланса и определения режимов работы производственных цехов студент приступает к расчету и подбору основного и вспомогательного оборудования.

Закончив подбор и расчет оборудования, приступают к планировке цехов и размещению оборудования, одновременно решая вопросы о типе и конструкции зданий и сооружений с учетом требований к генеральному плану. В графической части проекта дипломант оформляет принятые решения по планировке, размещению оборудования и строительной части. Вопросы техники безопасности прорабатываются при выполнении дипломантом разделов по подбору оборудования, планировке цехов и генплана.

Завершающей частью проекта является его технико-экономическая часть.

Проектирование технико-экономической части начинается с составления титульного списка объектов, входящих в состав проекта, и определения, объемов работ для установления сметной стоимости строительства зданий, сооружений, входящих в запроектированные объекты.

Определение сметной стоимости производится на основании укрупненных сметных норм, а также по сметной стоимости ранее запроектированных таких же объектов или по сметам на типовые проекты этих сооружений.

После определения стоимости строительства всех предусмотренных в титульном списке объектов по ранее составленным спецификациям на основное и вспомогательное оборудова-

ние определяется стоимость оборудования и его монтаж (стоимость оборудования определяется по справочникам оптовых цен или на основании укрупненных расчетов по средней стоимости 1 *т* оборудования с учетом стоимости доставки и монтажа).

После определения стоимости всего оборудования и его монтажа составляется сводный сметно-финансовый расчет полной стоимости запроектированного объекта и определяются удельные капитальные затраты на 1 *т* продукции.

Следующим этапом технико-экономической части проекта является определение явочной и списочной численности персонала, необходимой для обслуживания завода, определение фонда заработной платы, с начислениями на нее и производительности труда. Определение фонда заработной платы производится в годовом разрезе и выполняется на основании действующих тарифных ставок и должностных окладов, установленных для данной отрасли промышленности по справочникам, имеющимся в проектных институтах. По справочникам оптовых цен на топливо, электроэнергию и вспомогательные материалы устанавливается их стоимость для составления калькуляции себестоимости 1 *т* продукции.

Завершающим этапом технико-экономической части проекта является определение технико-экономических показателей запроектированного объекта, которые сопоставляются с аналогичным или же нормативными показателями для окончательных выводов о его эффективности.

Контрольные вопросы к главе III:

- 1 Объем дипломного проекта.
- 2 Содержание расчетно-пояснительной записки.
- 3 Организация работы над проектом.
- 4 Содержание графической части дипломного проекта.
- 5 Содержание задания на дипломное проектирование.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проектирование является ответственным самостоятельным этапом в процессе создания нового промышленного производства, которое объединяет технологические, общепромышленные,

экономические и социальные вопросы, решаемые во взаимосвязи. На стадии проектирования в полном объеме определяется весь комплекс мер, необходимых для нормального функционирования нового производства.

Поэтому знание методики проектирования, разнообразных условий для правильного размещения завода, процесса создания аппаратурно-технологической схемы имеет важное значение.

Проектирование технологического процесса завода производится одновременно с разработкой специальных частей проекта, к которым относятся: генеральный план, производственные здания и сооружения, объекты санитарной техники и т. д.

Строительство зданий и сооружений без предварительно разработанных проектов и смет практически невозможно, т. к. до начала производства строительно-монтажных работ необходимо знать, что, где и как должно быть построено, во что обойдется строительство, сколько и каких потребуется строительных материалов, трудовых ресурсов, какое необходимо оборудование и т. п. Поэтому необходимо знать основные типы зданий, производственные и вспомогательные цеха, строительные конструкции производственных зданий и сооружений; способы уменьшения кубатуры зданий, состав административных, культурно-бытовых зданий, отапливаемые и неотапливаемые помещения и др.

В проекте решаются важные вопросы и ответственные инженерные задачи: выбор наиболее эффективного способа производства, расчет размеров, количества аппаратов и машин, а также определение оптимального режима работы оборудования и др. Так как оборудование заводов включает различные аппараты, машины и устройства, используемые в технологическом процессе, то необходимо изучать их типы, классификацию, детали, устройство, принцип работы.

Изложенный материал в учебном пособии не может исчерпать все стороны и особенности проектирования и оборудования заводов как специального предмета. Для более глубокого изучения дисциплины, а также при выполнении дипломного проекта необходимо пользоваться действующими нормами и

правилами по проектированию, типовыми каталогами, методическими указаниями, инструкциями и другой дополнительной литературой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

1 *Алексеев А.И., Рамзаева Л.П., Серов А.Н.* Основы проектирования и оборудование заводов органических неорганических производств: Учеб. пособие. – СПб.: СЗТУ, 2006. – 131 с.

2 Основы проектирования химических производств: Учебник для вузов /Под ред. А.И. Михайличенко. – М.: Академкнига, 2005. – 332 с.

3 СНиП РК 1.02-01-2007. Инструкция о порядке разработки согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство. Астана, 2007.

4 СНиП II-М. 2-86. Производственные здания промышленных предприятий. Нормы проектирования.

5 Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий СН245-71. –М.: Стройиздат, 1972.

6 СНиП II89-80. Генеральные планы промышленных предприятий. Нормы проектирования. М.: Стройиздат, 1980.

7 Инструкция по разработке схем генеральных планов групп предприятий с общими объектами (промышленных узлов) СН 387-72). М.: Стройиздат, 1973.

8 Строительные нормы и правила. Генеральные планы промышленных предприятий. М.: Стройиздат, 1976.

9 Гринберг Я.И. Проектирование химических производств. М.: Химия, 1970.

10 Макаревич В.А. Строительное проектирование химических предприятий. – М.: Высш. шк. 1977.

11 Рыгалов В.А. Генеральные планы предприятий химии. – М.: Стройиздат, 1967. – 326 с.

12 Сербинович П.П., Орловский Б.Я., Абрамов В.К. Архитектурное проектирование промышленных зданий. – М.: Высш. шк. 1972. – 408 с.

13 Архитектура промышленных предприятий, зданий и сооружений: Справочник проектировщика/Под ред. Н. Кима. – М.: Стройиздат, 1990. – 638с.

14 Устрашкина П.Е. Проектирование цехов химических заводов. М.: Стройиздат, 1964.

15 СН 245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.

16 СН и ПП-М. 2-72. Производственные здания промышленных предприятий. Нормы проектирования.

17 СН и ПП-М. 3-68. Вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий. Нормы проектирования.

18 Фисенко А.С., Демидова С.В. Архитектурное проектирование промышленных предприятий. – М.: Стройиздат, 1973. – 320 с.

19 Хенн В. Здания бытового обслуживания на промышленных предприятиях /Пер. с нем. – М.: Стройиздат, 1972. – 387 с.

20 Гиммельфарб А.Я. Проектирование складов в промышленных узлах. – М.: ЦБТИМС, 1967. – 267 с.

21 Оборудование, сооружения, основы проектирования химико-технологических процессов защиты биосферы от промышленных выбросов/А.И.Родионов, Е.П. Кузнецов, В.В. Зенков, Г.С. Соловьев. – М.: Химия, 1985. – 352 с.

22 Тетеревков А.И., Печковский В.В. Оборудование заводов неорганических веществ и основы проектирования. – Минск: Высш. шк. 1981. – 335 с.

23 Бугенов Е.С. Оборудование заводов неорганических производств. Алматы: 2004. 178 с.

24 Правила безопасности для наземных складов синтетического жидкого аммиака. – М.: Недра, 1979. – 59 с.

25 Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. – М.: Металлургия, 1976. – 128 с.

26 Сосуды и трубопроводы высокого давления: Справочник/ Е.Р. Хисматуллин, Е.М. Королев, В.И. Лифицкий. – М.: Машиностроение, 1990. – 384 с.

27 Бакланов Н.А. Трубопроводы в химической промышленности. – Л.: Химия, 1970. – 33 с.

28 Севастьянов М.И., Технологические трубопроводы нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов. – М.: Химия, 1972. – 312 с.

29 Гуревич Д.Ф., Шпаков О.Я., Вишнев Ю.Я. Арматура химических установок. – Л.: Машиностроение, 1979. – 320 с.

30 Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины. – М.: Машиностроение, 1968. – 504 с.

31 Марон Ф.Л., Кузьмин А.В. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин. – Мн.: Высш. шк. 1977. – 272 с.

32 Малис А.Я. Пневматический транспорт сыпучих материалов при высоких концентрациях. – М.: Машиностроение, 1969. – 193 с.

33 Орлов С.П. Дозирующие устройства. – М.: Машиностроение, 1972. – 288 с.

34 Эвенчик С.Д., Бродский А.А. Технология фосфорных и комплексных удобрений. М.: Химия, 1987.

- 35 Копылев Б.А. Технология экстракционной фосфорной кислоты. Л., Химия, 1972. 312с.
- 36 Гинзбург Э.Я. – Хим. пром., 1977, № 4, С. 289 – 293.
- 37 Соколовский А.А., Унанянц Т.П. Краткий справочник по минеральным удобрениям. М.: Химия, 1977. 376 с.
- 38 Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С. З. Процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1968. 848 с.
- 39 Кочетков В.Н. Производство жидких комплексных удобрений. М.: Химия, 1978. 240 с.
- 40 Галкин Н.П. и др. «Основные процессы и аппараты в технологии урана». – М.: Госатомиздат, 1961. 250 с.
- 41 Интыкбаев А.М. и др. Основное оборудование в технологии производства урана. Ч. 1, –Алматы: Бастау, 2004. 342 с.
- 42 Судариков Б.Н. и др. Процессы и аппараты урановых производств. – М.: Машиностроение, 1969.
- 43 Бугенов Е.С. и др. Физико-химические основы и технология получения химических концентратов природного урана. Алматы: 2003.
- 44 Павлов К.Ф. и др. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – М.: Химия, 1969.
- 45 Резавашивили Б.И. и др. Расчеты схем рудоподготовки, измельчение. –Алма-Ата, 1985.
- 46 Жунусов С.М. и др. Основы промышленного проектирования. Методические указания к практическим занятиям. Алматы: КазНТУ, 2005.
- 47 Жунусов С.М., Мазалов И.Ф. Метод. указ. для дипломного проектирования. Алматы: КазНТУ, 2009.
- 48 СТП. Инструкция по оформлению дипломных проектов. Алматы: КазНТУ, 2008.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
---------------	---

Глава I Основы проектирования

1 Общие принципы проектирования заводов.....	5
1.1 Понятие о проекте и методика проектирования.....	5
1.2 Выбор площадки для строительства завода.....	17
2 Разработка аппаратурно-технологической схемы.....	19
2.1 Основные задачи, этапы разработки.....	19
2.2 Выбор метода производства.....	20
2.3 Материальный расчет (баланс) производства	24
2.4 Тепловой расчет производства.....	25
2.5 Выбор оборудования	25
3 Общие принципы разработки специальных частей проекта.....	27
3.1 Генеральный план	27
3.2 Производственные здания и сооружения	33
3.3 Объекты санитарной техники	49
Контрольные вопросы	57

Глава II Оборудование заводов

1 Классификация оборудования	60
2 Требования, предъявляемые к оборудованию	64
3 Оборудование для измельчения твердых кусковых материалов.....	66
3.1 Дробление, грохочение руды измельчение и класси- фикация материалов	66
4 Машины и устройства внутрицехового транспорта.....	76
4.1 Основные задачи внутрицехового транспорта.....	76
4.1.1 Трубопроводы и арматура	76
4.1.2 Машины и устройства для транспорта, хранения и до- зирования сыпучих, жидких и газообразных материалов....	83
5 Оборудование для проведения реакции и перемещения вещества.....	97
5.1 Принципы работы реакторов	97
6 Оборудование для пылеулавливания, очистки газов и	

разделения систем - Ж:Т	117
6.1 Оборудование и процесс пылеочистки, газоочистки...	117
6.2 Разделение систем Ж:Т	119
Контрольные вопросы	123

Глава III Организация дипломного проектирования

1.1 Общие положения	126
1.2. Тематика и объем дипломного проекта.....	126
1.3 Содержание расчетно-пояснительной записки. Технологическая часть.....	128
1.4 Организация работы над проектом.....	131
Контрольные вопросы	135
Заключение	136
Библиографическое описание	138

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Жунусов Самат Мукарамович

Учебное пособие

Нач. РО НТИЦ

З.А. Губайдулина

Редактор

Г.М. Дюсенбаева

Компьютерная верстка

А.Н. Оразалиева

Подписано в печать ***** . 2011 г.

Тираж 500 экз. Формат 60х84 1/16. Бумага типографская №1.

Усл. п.л. 8,3. Уч. изд.л. 8,9. Заказ №***. Цена договорная

Издание Казахского национального технического университета
имени К.И. Сатпаева

Научно-технический издательский центр
г. Алматы, ул. Ладыгина, 32

ISBN 978-601-228-295-5



9 786012 282955