

Министерство образования и науки Российской Федерации

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева

**ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВ,
ИСПОЛЬЗУЮЩИХ МЕМБРАННОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ**

Москва 2013

Свитцов А.А.

Основы проектирования производств, использующих мембранное разделение: учебное пособие./ А.А. Свитцов. – М. РХТУ им. Менделеева, 2013. – 219с.

Изложены основы и особенности проектирования производств, использующие мембранные технологии. Рассмотрена последовательность организации технологического процесса. Даны методики расчета основного и вспомогательного оборудования, необходимого для реализации технологического процесса.

Предназначается для студентов, аспирантов и инженеров-технологов широкого круга специальностей, интересы которых связаны с мембранной технологией.

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева. Адрес
Университета: 125047, Москва, Миусская пл., д. 9.

СОДЕРЖАНИЕ

I. ВВЕДЕНИЕ.

Дополнения.

Инвестиционное проектирование.

Проектант - высшая ступень квалификации инженера.

Принятие решения.

II. ПЛАН ПОДГОТОВКИ.

2.1. Задание на разработку.

2.2. Учреждение консалтинговой компании.

2.3. Составление договора с Заказчиком.

2.3.1. Текст договора.

2.3.2. Дополнительные документы к договору.

2.3.3. Техническое задание.

2.4. Научное обоснование проекта.

Дополнения.

Материалы Гражданского кодекса РФ.

Пример договора

Текст ГОСТ 15.201-2000.

Закон об интеллектуальной собственности.

Аналитическая справка о ноу-хау.

III ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ БИЗНЕС-ПЛАНА.

3.1. Синтез и расчет технологической схемы.

3.1.1. Синтез ХТС.

3.1.2. Выбор критерия оптимальности (эффективности) функционирования ХТС.

3.1.3. Построение блок-схемы.

3.1.4. Материальный баланс производства.

3.1.5. Составление циклограммы производства.

3.1.6. Тепловой баланс производства.

3.2. Выбор оборудования и расчет блока мембранного разделения.

3.2.1. Выбор мембран.

3.2.2. Выбор рабочих параметров процесса разделения.

3.2.3. Условия и режимы регенерации мембран.

3.2.4. Выбор типа мембранного аппарата.

3.2.5. Выбор технологической схемы блока мембранного разделения.

3.2.6. Расчет мембранных установок.

3.2.7. Расчет гидравлического сопротивления напорных и дренажных каналов.

3.3. Расчет и выбор вспомогательного оборудования.

3.3.1. Емкостное оборудование.

3.3.2. Насосы.

3.3.3. Теплообменники.

3.3.4. Отстойники.

3.3.5. Фильтры.

3.3.6. Центрифуги.

3.3.7. Обезжелезиватели.

3.3.8. Флотаторы.

3.3.9. Кристаллизаторы.

3.3.10. Адсорберы.

3.3.11. Ионообменные фильтры.

3.3.12. Выпарные аппараты.

3.3.13. Сушилki.

3.4. Выбор конструкционных материалов.

3.5. Разработка КИПиА.
3.6. Охрана труда и техника безопасности.
3.7. Охрана окружающей среды.
3.8. Строительная часть.
3.9. Графическая часть технического проекта.
Дополнения.
Концепции ресурсо- и энергосбережения.
Инструкция по составлению блок-схемы.
Примеры построения блок-схем и их интерпретация в технологических схемах.
Ассортимент имеющихся на рынке мембран.
Способы снижения влияния поляризационных эффектов при мембранном разделении за счет предварительной обработки разделяемых растворов.
Способы снижения влияния поляризационных эффектов при мембранном разделении за счет изменения параметров проведения процесса.
Способы снижения влияния поляризационных эффектов при мембранном разделении за счет периодической очистки мембран от наслоений.
Основные типы мембранных модулей.
Каталог доступных мембранных модулей.
Расчет прямоточных каскадных установок с секционированием.
Расчет установки с циркуляционным контуром.
Расчет двухступенчатой мембранной установки.
Расчет установки с диафильтрацией.
Учет влияния концентрационной поляризации при расчете мембранных установок.
Методика расчета гидравлического сопротивления напорных и дренажных каналов.
Рекомендации по подбору емкостного оборудования.
Расчет и выбор насосов.
Ассортимент насосов для перекачивания жидкостей.
Конструкции промышленных теплообменников.
Методика расчета теплообменных аппаратов.
Каталог теплообменников.
Ассортимент промышленных коагулянтов и флокулянтов.
Расчет и выбор отстойников.
Фильтры поверхностного действия.
Фильтры объемного действия.
Выбор и расчет центрифуг.
Проектирование установок обезжелезивания.
Конструкции флотаторов и их расчет.
Выбор условий кристаллизации, выбор и расчет кристаллизаторов.
Выбор адсорбента и адсорбера, расчет аппарата.
Свойства и ассортимент ионитов.
Типовые конструкции и расчет ионообменных аппаратов.
Упрощенный расчет трехкорпусной выпарной установки.
Выбор и расчет вакуум-выпарной установки.
Расчет сушилки виброкипящего слоя.
Расчет распылительной сушилки.
Виды конструкционных материалов.
Методы защиты конструкционных материалов от коррозии.
Обозначение приборов автоматического контроля на чертежах.
Принятие решений по ОТ и ТБ.
Основное содержание раздела Охрана окружающей среды от промышленных загрязнений.
Рекомендации по выполнению строительной части проекта.
Общие рекомендации по выполнению чертежей.

IV. ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ ПЛАН.

4.1. Описание предприятия.

4.1.1. Форма создаваемого предприятия.

4.1.2. Миссия предприятия, цели предприятия.

4.1.3. Уставной капитал.

4.1.4. Структура предприятия.

4.1.5. Штат предприятия.

4.1.6. Безопасность предприятия.

4.1.7. Экологический менеджмент предприятия.

4.1.8. Ресурсы предприятия.

4.2. Продукция предприятия.

4.2.1. Представление продукции.

4.2.2. Разработка жизненного цикла продукции.

4.2.3. Юридическая защита продукции.

4.2.4. Определение и обеспечение качества продукции.

4.3. План маркетинга.

4.3.1. Потенциальный рынок.

4.3.2. Определение емкости рынка.

4.3.3. Конкурентоспособность продукции.

4.3.4. Определение цены продукции.

4.3.5. Разработка способов продажи продукции.

4.3.6. Организация рекламы продукции.

4.3.7. Решение по PR.

4.4. Оценка рисков и их профилактика.

4.4.1. Выявление ассортимента рисков.

4.4.2. Оценка возможных размеров избытков от проявления рисков.

4.4.3. Определение вероятности проявления рисков.

4.4.4. Организационные меры по профилактике и нейтрализации рисков.

Дополнения.

Гражданский кодекс РФ (выдержки).

Менеджмент и менеджер.

Принцип кадровой политики предприятия.

Фирменная марка.

Сегментация рынка по группам покупателей.

Выбор оптимального канала сбыта.

Основные средства распространения рекламы.

Возможные риски по стадиям инвестиционного проекта.

Математическое прогнозирование рисков.

V. ФИНИНСОВЫЙ ПЛАН.

5.1. Расчет капитальных затрат.

5.1.1. Проектирование.

5.1.2. Обеспечение производственным помещением.

5.1.3. Обеспечение оборудованием.

5.1.4. Накладные расходы.

5.1.5. Фонд оборотных средств.

5.2. Разработка схемы финансирования проекта.

5.2.1. План-график работы и затрат.

5.2.2. Определение источников финансирования.

5.3. Разработка прогноза расходов на производство продукции.

5.3.1. Материальные затраты.

5.3.2. Топливо и энергия всех видов.

5.3.3. Затраты на оплату труда.

- 5.3.4. Единый социальный налог.
 - 5.3.5. Расчет амортизационных отчислений.
 - 5.3.6. Прочие расходы.
 - 5.3.7. Накладные расходы.
 - 5.3.8. Расчет себестоимости продукции.
 - 5.4. Разработка прогноза доходов от продажи продукции.
 - 5.4.1. Установление цены продукции.
 - 5.4.2. Обслуживание кредитов.
 - 5.4.3. Распределение выручки.
 - 5.5. Оценка экономической состоятельности проекта.
 - 5.5.1. Расчет рентабельности.
 - 5.5.2. Расчет точки безубыточности.
 - 5.5.3. Расчет срока окупаемости.
- Дополнения.
Методика ценообразования.
- VI. РЕЗЮМЕ ПРОЕКТА.

I. ВВЕДЕНИЕ.

Среди множества документов и программ на компьютерном рабочем столе Вы открыли это электронное учебное пособие в надежде получить полноценную подсказку – как выполнить Ваш дипломный или курсовой проект. Вы уже знаете, что выполнить его надо в формате бизнес-плана, Вы уже видели длинный перечень обязательных разделов бизнес-плана, Вы уже понимаете, что Вам нужен помощник.

Наше пособие будет для Вас таким помощником, мы будем рядом с Вами на всем пути к достижению цели и последовательно, шаг за шагом, поможем Вам создать свой бизнес-план, который, и только он, позволит получить объективную оценку успешности создаваемого Вами производства.

Существует множество определений самого понятия «бизнес-план» - это и «пакет информационных документов», и «способ коммуникации между инвестором и проектантом», и «эффективное средство управления». Мы же с Вами сейчас начинаем длинную деловую игру, в которой Вы будете исполнять роль советника для предпринимателя, намеренного вложить капитал (инвестировать средства) в некое новое для себя дело. Это может быть новое предприятие, или реконструкция старого, или усовершенствование какой-либо вспомогательной службы (водоподготовка, очистка промышленных стоков). Вы, в лице собственной консалтинговой компании, будете разрабатывать бизнес-план по заказу этого предпринимателя и в конце концов должны будете дать ему объективный ответ – выгодно или нет начинать ему новое дело. Если выгодно, то насколько и как оптимизировать доходы. Если не выгодно, но нужно, то как минимизировать убытки.

Для этого Вам придется использовать все накопленные ранее знания, полученные не только в университете, но и в семье, и в школе. Ведь Вам надо:

- обосновать научность и принципиальную исполнимость пожелания предпринимателя;
- договориться с ним о стоимости Вашей работы;
- синтезировать технологическую схему производства;
- провести расчеты и подобрать оборудование;
- спроектировать здание и принять решение по организации производства;
- провести расчеты затрат и окупаемости и спрогнозировать деятельность предприятия на ближайшее будущее.

При выполнении работы Вам придется побыть и инженером-технологом, и изобретателем, и социологом, и даже политиком, и экономистом, и строителем.

Результат этой игры непременно окупит Ваши затраты. Вы откроете такие подробности в проектируемом бизнесе, о которых даже не подозревали, и которые окажутся весьма полезными при создании предприятия. Опыт, полученный Вами при выполнении работы, обязательно добавит Вам житейской мудрости и навыков. Ведь Вам совершенно самостоятельно предстоит принимать решения, нести ответственность за их исполнение, гарантировать достоверность и точность расчетов, убеждать оппонентов и заботиться о качестве презентации.

Не забывайте, что Ваш бизнес-план является квалификационной работой бакалавра и оценивается Государственной аттестационной комиссией.

Инвестиционное проектирование.

Дополнение 1.1.

Инвестиционное проектирование.

Для создания нового производства или реконструкции старого требуются деньги – инвестиции. Инвестор – владелец капитала (это может быть человек или группа людей, частное предприятие или государственный бюджет) – естественно, желает знать, принесет ли прибыль вложение им капитала в конкретный проект. Суть инвестирования – это отказ от получения прибыли «сегодня» во имя прибыли «завтра».

Для принятия решения о долгосрочном вложении капитала надо получить ответы на два вопроса:

1 – будут ли полностью возмещены вложенные средства;

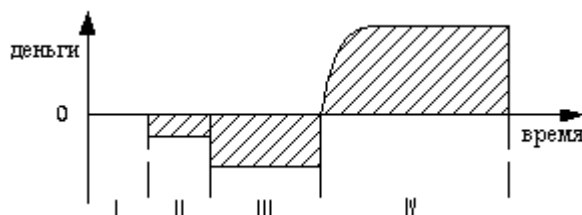
2 – будет ли полученная прибыль достаточно велика для компенсации временного отказа от использования средств, а также риска от неопределенности конкретного результата.

Таким образом, быть просто техником, просто инженером сейчас очень мало. Современное общество выдвигает новые требования к людям, избравшим проектирование своей специальностью. Надо знать и учитывать социальные, политические и экономические аспекты решаемой проблемы.

Под термином «проект» мы будем понимать совокупность документов для создания какого-либо производства. Проектирование – процесс разработки этих документов. Конструирование – это разработка технических решений по устройству отдельных деталей, узлов, агрегатов и машин. Отсюда следует, что проектирование – это гораздо более широкая сфера деятельности, чем конструирование, что часто путают и отождествляют. Проектная документация – это обширная совокупность документов, обосновывающих принципиальные научные, технические, социальные и экономические стороны принимаемых решений. Конструкторская документация – это чертежи и расчеты, и она является лишь частью проектной документации.

Всю совокупность решаемых задач мы назовем инвестиционным проектированием. В него составляющими блоками входит техническое проектирование, экономическое обоснование, а также блок социально-правовых решений.

Инвестиционный проект в своем цикле развития имеет несколько фаз, что хорошо представляется графиком «время - деньги».



Четыре фазы цикла присутствуют всегда, но в каждом конкретном случае различаются их продолжительность, наложения друг на друга, характер зависимости в каждой фазе.

I фаза – рождение идеи.

II фаза – предварительная инвестиционная.

III фаза – инвестиционная.

IV фаза – эксплуатационная.

Фаза рождения идеи. Мысль о возможности что-то осуществить обычно приходит в голову одному человеку. Мы называем это событие рождением идеи, которое может произойти в результате озаряющей догадки-изобретения, заимствования у соседа, давление закона, распоряжения администрации, изменения обстоятельств и т.д.

Автор идеи (иначе его называют носителем идеи) имеет на нее некоторые права, которые охраняются законом об интеллектуальной собственности.

Рождение идеи происходит без финансовых затрат, если не требуется каких-либо экспериментов для ее подтверждения. Убедившись, что идея работоспособна, автор далее стремится ее продать. Поиски покупателя и работа с ним составляют продолжительность I фазы.

Предварительная инвестиционная фаза. Здесь иногда проводят научно-исследовательские работы, разрабатывают собственно технический проект, конструируют и подбирают оборудование, проводят маркетинговые исследования, исследуют рынок сырья, рассчитывают технико-экономические показатели и т.д. В результате в конце II фазы появляется развернутый бизнес- план инвестиционного проекта.

В ходе II фазы может осуществляться юридическое оформление проекта — регистрация предприятия, эмиссия акций, оформление контрактов и т.п.

Все перечисленные действия требуют затрат. Они еще не очень велики для того, чтобы инвестор мог отказаться от дальнейшего вложения денег. Обычно затраты здесь составляют 7-10% от затрат III фазы.

Затраты II фазы могут возрасти, если инвестор желает купить идею у автора, положенную в основание проекта. Естественно, уместен торг. Автору может быть предложено стать совладельцем всего проекта или продать инвестору изобретение, «ноу-хау», информацию в любом другом виде.

В случае перехода непосредственно к осуществлению проекта, т.е. к фазе III, понесенные инвестором затраты капитализируются и входят в состав так называемых «предпроизводственных затрат» с последующим отнесением на себестоимость продукции через механизм амортизационных отчислений.

Инвестиционная фаза. Фаза III, которую называют фазой осуществления (implementation phase), требует много денег. Затраты носят уже необратимый характер (строительство, закупка оборудования). Формируются постоянные активы будущего предприятия.

На этом же этапе проекта требуются некоторые сопутствующие затраты — расходы на обучение персонала, на рекламные мероприятия, на проведение пуско-наладочных работ и т.п.

Финансовые затраты этой фазы в основном будут относиться на себестоимость продукции через механизм амортизационных отчислений, а частично, как и затраты II фазы, капитализируются, включаются в предпроизводственные затраты и опять же относятся на себестоимость.

Эксплуатационная фаза. С момента ввода в действие основного оборудования и начала выпуска продукции начинается IV фаза проекта — эксплуатационная (operational). Начинается оборот денег — поступления от продаж и расходы на текущие издержки — с образованием прибыли.

Продолжительность IV фазы — определяющее обстоятельство эффективности инвестиций и проекта в целом. Чем она дольше, тем больше будет совокупная величина дохода и прибыли.

Через какое-то время наступает очень важный момент в цикле проекта — срок окупаемости. Это — период времени, начиная с которого все затраты на инвестиционный проект покрываются суммарными результатами его осуществления. Срок окупаемости обязательно рассчитывается при составлении бизнес-плана.

Проектант - высшая ступень квалификации инженера.

Дополнение 1.2.

Проектант – высшая ступень квалификации инженера.

Человека, занимающегося проектированием, называют проектировщик, проектант, в последнее время специалист по консалтингу. Он должен иметь очень широкое образование и большой жизненный опыт, поскольку проектирование несет в себе элементы творчества, т.е. интуитивной деятельности человека. В таблице представлены основные области знаний, которые необходимы проектанту при принятии решений.

Инвестиционное проектирование		
Технические решения	Экономические решения	Социально-правовые решения
Фундаментальные науки Технические знания Специальные знания Технология Оборудование	Экономика	
	Маркетинг	Социология
	Статистика	Политика
	Математические знания	Техническая эстетика
	Психология	Искусство
	Строительство	Законодательство
	Экология	Правовые знания
	География	

Качества, необходимые проектировщику. Качества, которыми обладают люди, достигающие успеха:

- энергичность;
- упорство;
- стремление к совершенствованию;
- творческая фантазия;
- личное обаяние.

Специальные качества:

- изобретательность, т.е. способность генерировать новые идеи;
- умение проводить анализ — способность всесторонне рассматривать проектируемый объект во взаимосвязи его элементов;
- технические знания — освоение основных фундаментальных и инженерных наук;
- широкая специализация - знание научно-технических дисциплин за пределами узкой специальности;
- математическое мастерство — умение применять математический аппарат;
- умение принимать решения в условиях неопределенности, но при всестороннем учете всех факторов;
- знание технологии производства;
- умение передавать информацию — способность выражать свои мысли устно и письменно.

Совет доброжелателя: развивайте свою восприимчивость, старайтесь больше узнать. Проявляйте больше любознательности в отношении внутренней природы вещей. Не позволяйте предубеждению властвовать над течением Вашей мысли. Запомните: поверить — значит увидеть.

Развитие навыков изобретательства. Способность к изобретательству — это не чистое творчество, хотя наследственность и окружающая среда влияют на нее. Изобретательству можно учиться. Существует несколько методов развития навыков изобретательства. Рассмотрим их ниже.

Преодоление психологической инерции. Психологическая инерция — это следствие неправильного обучения и воспитания. Появляется привычка и даже упрямство в стремлении использовать только известный и уже опробованный метод. Психологическую инерцию усиливают предыдущее знакомство с предметом, а также состояние напряжения и чувство опасности. Преодолеть психологическую инерцию можно достаточно просто, если всегда помнить

о ее существовании, быть бдительным. Из любого положения всегда есть, как минимум, два выхода.

Проверьте себя на психологическую инерцию по нижеприведенному тесту. Для этого надо, как можно быстрее и с как можно меньшим количеством арифметических действий получить X из величин A, B, и C, не заглядывая в конец раздела.

задача	A	B	C	X	решение
1	10	7	5	8	
2	20	25	11	6	
3	14	3	2	13	
4	18	10	7	15	
5	11	8	6	9	
6	12	9	7	10	
7	18	23	9	4	
8	13	10	8	11	
9	23	28	14	9	

Метод мозгового штурма. Часто автору идеи бывает трудно ее высказать из-за боязни критики. В группе мозгового штурма, если она правильно подготовлена, этот психологический барьер преодолевается.

Правила всегда одинаковые:

- любая критика и вынесение оценок не допускаются;
- члены группы не должны иметь личного интереса;
- идей желательно высказать как можно больше;
- необходимо обеспечить свободное высказывание идей;
- одна идея должна генерировать другую.

Инверсия. Инверсия — это рассмотрение объекта с необычной точки зрения: изнутри, вывернутым наизнанку, подвижным, если он неподвижен, и наоборот, перевернутым и т.п. Надо найти новый подход.

Аналогии. Поиску решения задачи помогают аналогичные ситуации в смежных областях, в природе, в научной фантастике, в художественной литературе. Самое плодотворное — аналогии с живой природой, но желательны знания по биологии и физиологии.

Эмпатия. Эмпатия — это отождествление личности человека с изучаемым объектом, перевоплощение в предмет, чтобы решать задачу как бы с его внутренних позиций.

Эмпатия требует от человека определенного вхождения в образ, для чего желательны природная одаренность, раскованность, отсутствие комплексов.

Фантазия. Фантазия — это воображение, связанное с желанием какого-либо события. Используя нереальные, сверхъестественные ходы, можно стимулировать получение новых осуществимых идей.

Перебор комбинаций. В разрабатываемом объекте выделяются его основные функции, которые представляются независимо существующими. По каждой из них предлагается несколько способов их осуществления. Чем больший перечень по каждому направлению, тем лучше. Разработанная таким образом база данных для удобства может быть представлена таблицей. После этого перебором комбинаций можно постепенно подойти к оптимальному решению.

Результаты теста: все задачи решаются по уравнению $A-B+C=X$, но 9-я задача решается короче: $A-C=X$. Люди, подверженные психологической инерции, этого решения не видят.

Советы доброжелателя. Чтобы добиться успеха при генерировании новых полезных идей:

1. Тренируйте свою восприимчивость. Старайтесь больше узнавать. Проявляйте больше любознательности в отношении внутренней природы вещей. Не позволяйте предубеждению поколебать ваше мнение. Запомните, что поверить — значит увидеть.

2. Важно уметь организовать как напряженную работу, так и передышку в работе и, если возможно, чередовать их.

3. Планируя решение стоящей перед вами задачи, имейте в виду процесс изобретательства. Помните о существовании психологической инерции. Используйте возможность участия в тренировках по ее преодолению.

4. Учитесь тому, как и когда применять метод мозгового штурма. Запомните правила: никакой критики: чем больше идей, тем лучше; высказывайте мысли без стеснения. Этот метод лучше всего использовать при решении масштабных задач общего характера.

5. Используйте инверсию. Ищите новые подходы, выворачивайте изучаемый предмет наизнанку, ставьте его вверх дном, останавливайте движущиеся части и приводите в движение неподвижные.

6. Используйте аналогию с другими инженерными решениями, с механизмами живой природы и с описаниями из художественной литературы.

7. Используйте эмпатию. отождествление с разрабатываемой вещью часто приводит к новому взгляду на задачу.

8. Пользуйтесь фантазией. Рассматривая идеальное решение, даже если оно одного лишь воображения, можно стимулировать получение новых идей.

9. Пытайтесь проводить систематическое исследование новых комбинаций.

Все эти методы требуют тренировки. Большинство из нас в значительной мере учились изобретательству у своих родителей, преподавателей и других доброжелательных людей. Однако теперь, когда Вы достаточно обучены, Вам нужно от этого несколько отойти. Это сделать нелегко. Не ожидайте моментального проявления творческих способностей.

Разработка нового – трудная, зачастую бесплодная работа. Однако Вам может помочь тренировка на основе высказанных выше советов.

Принятие решения.

Дополнение 1.3.

Принятие решений.

Принятие решения — всегда компромисс. Принять правильное решение — значит выбрать такую альтернативу из числа возможных, в которой с учетом всех принятых к рассмотрению факторов оптимизирована общая ценность. Таким образом, необходимость принятия решения возникает тогда, когда есть цель, имеется ряд существенных факторов и видны альтернативные пути достижения цели.

Цель Проектирования.

Цель проектирования — это то, за что инвестор платит деньги.

Она может носить технический, экономический и политический характер. Вот неполный перечень:

- снижение начальных затрат;
- максимальная прибыль;
- надежность;
- масса и габариты;
- качество продукции;
- безопасность эксплуатации;
- снижение экологической нагрузки;
- внешний вид;
- захват рынка;
- амбиции и т.д.

Влияющие факторы.

1 группа. Ресурсные факторы:

- финансы (сколько есть денег, сколько можно одалживать, когда сформируется прибыль);
- основные средства (какое есть или необходимо оборудование, какие есть помещения, покупать или арендовать, сколько все это стоит);
- сырье и материалы (откуда брать, есть ли выбор, какова стоимость);
- специалисты-исполнители (какие нужны, где взять, на каких условиях).

2 группа. Технические факторы:

- тепло- и массопередача;
- гидродинамические параметры;

- энергопотребление;
- коррозионная стойкость;
- прочностные характеристики;
- масса и габариты;
- долговечность;
- удобство и безопасность обслуживания, и т.п.

3 группа. Социальные факторы:

- этические проблемы;
- мнение различных лиц о принятом решении;
- сопротивление коллег, консерватизм руководства;
- эстетические критерии;
- престиж и общественное положение;
- личные привязанности и вкусы;
- эмоциональное состояние.

Альтернативы. Составление списка альтернатив — это уже творческий этап. В него обязательно надо включить и возможность вообще не принимать решения до появления новых факторов (если есть время).

Список альтернатив совмещается со списком факторов и проводится постепенное сокращение обоих списков до появления решения.

Представление результатов. Грамотное и ясное изложение результатов повышает вес высказываемых идей. Когда предложения приняты, тогда только они из рекомендаций превращаются в реализуемые решения.

Результаты надо уметь излагать и в виде многостраничного отчета (для ознакомления специалистов), и в виде коротких аннотаций, что гораздо труднее (для убеждения неспециалистов).

Обязательно умение устно излагать результаты.

II. ПЛАН ПОДГОТОВКИ.

2.1. Задание на разработку.

Задание на разработку составляет и оформляет научный руководитель проекта. Проектант должен получить от него следующую информацию:

- заказчик разработки. Обычно заказчиком является инвестор;
- наименование разработки. Важна точная формулировка наименования, которая будет узаконена включением ее в приказ по университету;
- цель проектирования. Она может быть технической, экологической, социально-политической. Целей может быть несколько;

- мощность производства по конечному продукту или по начальному сырью. В реальных бизнес-планах мощность производства является одним из определяемых параметров, поскольку от нее зависит и финансовый оборот, и прибыль предприятия. В нашей игре проектант освобожден от такой оптимизации;

- место размещения проектируемого производства. В реальных бизнес-планах рекомендации по месту размещения производства опять же дает разработчик, который при этом учитывает все проблемы логистики, обеспеченность кадрами и энергетическими ресурсами, рыночную конъюнктуру продукции и т.д. Наша игра не предусматривает такой оптимизации;

- список научно-технической литературы по теме проекта или рекомендации по ее поиску. Полученная из публикаций информация должна быть изложена в виде литературного обзора в разделе «Научное обоснование проекта». По существу проектант после этого становится носителем идеи.

2.2. Учреждение консалтинговой компании.

Российское законодательство устанавливает определенный порядок создания новых предприятий и организаций на территории РФ. Это достаточно сложный и дорогостоящий процесс, который не рекомендуется осуществлять без помощи юридического консультанта. По его окончании появляется новое предприятие, имеющее необходимые атрибуты, реквизиты и документы. В нашей игре необходимо предприятие, которое будет исполнителем, т.е. разработчиком бизнес-плана по договору, где второй стороной является Заказчик. Для заключения такого договора Исполнителю надо иметь следующие суверенные признаки:

- наименование предприятия;
- его организационно-правовая форма;
- фамилия, имя, отчество директора, который несет абсолютно всю ответственность за исполнение договора;
- расчетный счет в банке, через который проводятся все финансовые операции между сторонами;
- название и финансовые реквизиты (адреса) банка;
- почтовый адрес, телефоны, e-mail Исполнителя;
- печать предприятия.

Кроме того, предприятие имеет устав, состоит на учете в налоговых органах и органах социального обеспечения, имеет главного бухгалтера и штат сотрудников, ведет отчетность и несет ответственность.

2.3. Составление договора с Заказчиком.

Договор – это письменно оформленное соглашение двух сторон об установлении между ними определенных обязанностей и прав, а также об условиях прекращения и изменения этих обязанностей и прав.

Как правило, в договоре участвуют именно две стороны – Заказчик и Исполнитель. Они могут быть как физическими, так и юридическими лицами.

Договор выполняет и организационную, и регулятивную функцию, т.е. определяет условия воздействия на имущественные отношения сторон. Поэтому договор – это основной, как правило, единственный документ, который рассматривается в суде в случае возникновения споров.

Виды договоров и рекомендации по их составлению представлены в Гражданском Кодексе РФ главами 27 «Понятие и условие договора», 28 «Заключение договора» и 29 «Изменение и расторжение договора».

2.3.1. Текст договора.

В нашем случае заключается договор о выполнении работ. Типовой текст договора состоит из следующих обязательных разделов:

- преамбула;
- предмет договора;
- сроки выполнения;
- права и обязанности Сторон;
- стоимость и порядок расчетов;
- порядок сдачи-приемки работ;
- порядок разрешения споров;
- форс-мажорные обстоятельства;
- дополнительные условия;
- реквизиты Сторон.

При необходимости к договору прилагаются дополнительные документы, имеющие такую же юридическую силу:

- техническое задание;
- календарный план;
- калькуляция цены (смета);
- протокол соглашения о цене.

Договор скрепляется подписями руководителей Сторон и печатями.

Преамбула. Полное название Заказчика и Исполнителя.

Должности и полные Ф.И.О. руководителей, которые подписывают договор. Ссылки на их полномочия.

Предмет договора. Сколь угодно широкая формулировка заказываемой работы.

Ссылки на приложения, если они есть.

Обстоятельства, которые могут остановить, изменить или расширить заказанную работу.

Сроки выполнения. Указание календарных дат начала и окончания работы, либо продолжительности всей работы.

Согласованное решение о начале действия договора, если не указаны календарные даты:

- выплата аванса;
- дополнительное извещение;
- какой-то срок после даты подписания;
- другие обстоятельства.

Стоимость и порядок оплаты. Общая стоимость (если не определена сразу, то условия ее определения и согласования).

Порядок оплаты: с авансовым платежом в определенной сумме, с оплатой по этапам календарного плана; с оплатой после завершения, с аккредитивом и др.

Платежи: безналичные на банковский счет, наличные, от третьего лица, ценными бумагами, бартер.

Порядок сдачи-приемки. Определение — что считать выполненной работой.

Формы отчетности: отчет, регламент, конструкторская и проектная документация, акт испытаний, акт экспертизы и т.п.

Порядок оформления актов сдачи-приемки.

Ответственность сторон. Перечень действий, которые должна выполнить каждая Сторона до начала работы, либо в ходе ее выполнения.

Сроки допустимого невыполнения обязательств Сторонами.

Штрафные санкции за превышение сроков либо невыполнение обязательств.

Формулировка условий форс-мажора (невыполнение обязательств по независящим от Сторон обстоятельствам):

- войны, катастрофы, стихийные бедствия, государственные перевороты, изменение законодательства и т.п.

Взаимные обязательства использовать все возможности мирного решения споров.

Указание, в каком суде будет разбираться спор, если Стороны не договорятся.

Дополнительные условия. Любые другие обстоятельства, могущие возникнуть при выполнении работы.

Условия таможенного оформления.

Условия транспортировки.

Условия распределения и пользования в будущем правами собственности на результаты работы.

[Пример договора.](#)

Пример договора

Дополнение 2.2.

Пример договора:

ДОГОВОР № _____

Г. Москва «___» _____ 20 г

Открытое акционерное общество «Ванька-Встанька» в лице (должность, ФИО), действующего на основании (устава, положения и т.п.), именуемое в дальнейшем Заказчик, с одной стороны и общество с ограниченной ответственностью «Встань-ка Ванька» в лице (должность, ФИО), действующего на основании (устава, положения и т.п.), именуемое в дальнейшем Исполнитель, с другой стороны, совместно именуемые Стороны, заключили настоящий договор о нижеследующем.

I. Предмет договора.

1.1. Заказчик поручает, а Исполнитель принимает на себя выполнение следующих работ _____

1.2. Работы по настоящему договору выполняются в соответствии с согласованным Сторонами техническим заданием (Приложение №1), являющимся неотъемлемой частью настоящего договора.

1.3. Содержание, этапы и сроки выполнения работ определяются в соответствии с календарным планом выполнения работ (Приложение №2), являющимся неотъемлемой частью настоящего договора.

Работы, не предусмотренные настоящим договором, оформляются дополнительным соглашением, подписанным Сторонами.

1.4. Выполняемые по настоящему договору работы должны соответствовать требованиям государственных стандартов Российской Федерации.

Или другие условия.

II. Сроки выполнения

2.1. Работа, указанная в п.1.1., выполняется с _____ по _____
или

2.1. Работа, указанная в п. 1.1., выполняется в течение 2-х месяцев начиная со дня получения аванса Исполнителем.
и пр.

III. Цена договора и порядок расчетов.

3.1. Цена настоящего договора составляет _____ руб. (включая НДС).

3.2. Цена настоящего договора состоит из:

3.2.1. Авансового платежа в размере _____ руб. (включая НДС), который подлежит оплате в течение трех банковских дней с момента подписания настоящего договора.

3.2.2. Окончательного платежа в размере _____ руб. (включая НДС), который подлежит оплате в течение трех банковских дней с момента подписания Акта приемки-передачи разработанного бизнес-плана.

3.3. За просрочку уплаты платежей Заказчик обязан уплатить Исполнителю пеню из расчета 0,2 % (две десятых процента) (включая НДС) от суммы просроченного платежа за каждый календарный день просрочки.

и т.д.

IV. Порядок сдачи-приемки работы.

4.1. При завершении работы в целом Исполнитель передает Заказчику оформленный бизнес-план, в объеме и по содержанию соответствующий требованиям Технического задания.

4.2. Одновременно Исполнитель передает Заказчику оформленные с его стороны акты сдачи-приемки и другие финансовые документы.

4.3. После рассмотрения представленных документов _____
или

После получения отзыва независимой экспертизы на представленные документы _____
или

После обсуждения представленных документов на научно-техническом совете _____ и т.д.

Заказчик передает Исполнителю оформленный акт сдачи-приемки.

4.4. В случае несогласия с результатами работы Заказчик передает Исполнителю протокол с указанием обоснованных замечаний и необходимых доработок.

V. Права и обязанности Сторон.

5.1. Заказчик обязан предоставлять Исполнителю необходимую для исполнения условий настоящего Договора информацию не позднее, чем через одни сутки после получения письменного запроса от Исполнителя.

5.2. Заказчик вправе в любое время проверять ход и качество работы, выполняемой Исполнителем, не вмешиваясь в его деятельность.

5.3. Заказчик вправе отказаться от исполнения настоящего Договора в любое время до момента подписания Акта приемки- передачи разработанного бизнес-плана, незамедлительно известив об этом Исполнителя в письменной форме и уплатив ему при этом компенсацию в размере 50 % (без учета НДС) от установленной в п. 3.1. цены Договора.

В случае, если Заказчик не известил Исполнителя об отказе от исполнения настоящего Договора, Договор считается полностью выполненным и Заказчик обязан оплатить Исполнителю сумму окончательного платежа, предусмотренную в п. 3.2.2.

5.4. Стороны освобождаются от ответственности за частичное или полное неисполнение своих обязательств по настоящему договору, если такое неисполнение явилось следствием обстоятельств непреодолимой силы, а именно: стихийные бедствия, распоряжения государственных органов, военные действия любого характера, возникшие после подписания настоящего договора, и непосредственно повлиявших на исполнение обязательств по настоящему договору.

5.5. Если обстоятельства непреодолимой силы или их последствия будут длиться более трех месяцев с момента их наступления, то каждая из Сторон вправе расторгнуть настоящий Договор в одностороннем порядке, известив об этом другую Сторону.

5.6. В течение обстоятельств непреодолимой силы или их последствий исполнение обязательств по настоящему Договору приостанавливается до получения сообщения о прекращении этих обстоятельств либо до истечения трех месяцев с момента их наступления.

5.7. Настоящий Договор основан на полном взаимопонимании Сторон в отношении всех положений Договора.

5.8. Ответственность Сторон по настоящему договору определяется в соответствии с действующим законодательством.

5.9. В случае возникновения споров и разногласий при исполнении настоящего договора Стороны будут по возможности решать их путем переговоров между собой.

5.10. При невозможности достичь разрешения споров путем переговоров Стороны должны решать их в судебном порядке в соответствии с действующим законодательством.

АДРЕСА И БАНКОВСКИЕ РЕКВИЗИТЫ СТОРОН.

Заказчик: Исполнитель:

(полный юридический адрес Заказчика) (полный юридический адрес Исполнителя)

ИНН ИНН

КПП КПП

Расчетный счет № _____ в Расчетный счет № _____ в

_____ отделении _____ отделении

_____ банка _____ банка

г. _____ г. _____

К/с К/с

БИК БИК

От Заказчика От Исполнителя

(ФИО директора) (ФИО директора)

М.П. М.П.

Совет доброжелателя: имейте в виду, что пример договора, приведен не для переписывания. Попробуйте составить договор человеческим, а не канцелярским языком, соблюдая при этом свои, т.е. исполнителя, интересы.

2.3.2. Дополнительные документы к договору.

Календарный план. Календарный план составляется, если работа выполняется по этапам. Выполнение каждого этапа оформляется актом сдачи-приемки, после чего претензий от Заказчика не принимается.

Календарный план обычно оформляется в виде таблицы.

№ этапа	Формулировка работ по этапу	Сроки выполнения этапа	Форма отчетности по этапу	Стоимость этапа
1	2	3	4	5

Протокол согласования цены договора. Протокол нужен, если цена в договоре не указана, если каждый последующий этап оценивается после выполнения предыдущего, если происходит изменение цены уже в ходе выполнения договора.

Калькуляция цены. Расчет цены (стоимости) договора выполняется только по требованию Заказчика. Он может быть представлен в виде таблицы с указанием статей калькуляции, иногда Заказчик требует расшифровки каждой статьи. Надо учесть, что ответственности за невыполнение статей калькуляции Исполнитель не несет, если Заказчик — не государственный бюджет.

№ статьи	Наименование статьи	Сумма затрат	Процент от общей стоимости
1.	Закупка материалов		
2.	Закупка комплектующих		
3.	Заработная плата		
4.	Начисления на з/п		
5.	Командировочные расходы		
6.	Накладные расходы		
7.	Прибыль		
8.	И т.д.		

2.3.3. Техническое задание.

Техническое задание (ТЗ) – это единственный документ, в котором изложены исходные данные и перечень всех требований, предъявляемых к проекту. В большинстве случаев сформулировать самостоятельно ТЗ Заказчик не может, поэтому его составляет Исполнитель, растолковывает содержание ТЗ Заказчику и тот его утверждает.

После утверждения ТЗ становится тем документом, на основании которого работа выполняется, а затем принимается. Требования, не изложенные в ТЗ, Исполнитель выполняет только по дополнительному соглашению за дополнительную оплату. Решения суда, если споры между сторонами решаются в судебном порядке, строятся исключительно на тексте ТЗ.

В связи с высокой значимостью этого документа порядок построения, изложения и оформления ТЗ определяется государственным стандартом – [ГОСТ 15.201-2000](#).

В общем случае ТЗ содержит следующие разделы:

Наименование бизнес-плана:

- краткая характеристика производства, принципы технологии. Место размещения производства, привязка к действующему предприятию;
- краткое описание выпускаемой продукции, ее назначение, перспективность, жизненный цикл;
- цель разработки.

Состав бизнес-плана, требования к составным частям

Бизнес-план состоит из трех разделов – технический план, организационный план, финансовый план. В ТЗ надо сформулировать требования к каждому разделу.

Требования к техническому плану:

- состав проектируемого производства. Следует выбрать из перечня: склад и подготовка сырья, основная технологическая линия, фасовка и упаковка, склад готовой продукции, вспомогательные участки, очистные сооружения и др.;
- габариты основного оборудования и рабочие площади под него;
- уровень автоматизации оборудования;
- вопросы мойки, консервации и профилактики оборудования;
- режимы работы основного оборудования и вспомогательных участков;
- классификация производственных помещений и условия размещения оборудования;
- средства защиты оборудования от коррозии, испарений, моющих средств;
- долговечность (ресурс) оборудования;
- обеспечение безопасности персонала;
- обеспечение комфортности при работе персонала (техническая эстетика, освещенность, вспомогательное оборудование, удобство обслуживания);
- обеспечение экологичности производства.

Требования к организационному плану:

- организационно-правовой статус производства;
- управленческая структура и персонал;
- формы оплаты труда;
- обеспеченность ресурсами;
- безопасность предприятия;
- обеспечение качества и привлекательности продукции;
- маркетинговые исследования (конкурентная среда, определение рынка, ценовая политика, формы реализации продукции);
- организация рекламы;
- исследование и предотвращение рисков.

Требования к финансовому плану:

- расчет необходимых инвестиций;
- схема финансирования проекта;
- прогнозный баланс производства;
- расчет себестоимости продукции;
- расчет рентабельности производства;
- расчет точки безубыточности;
- расчет срока окупаемости.

Совет доброжелателя: выбрать и сформулировать необходимые разделы ТЗ Вам следует вместе с научным руководителем проекта.

2.4. Научное обоснование проекта.

В основе любой технологии находится какой-либо химический или физико-химический процесс, закономерности и параметры которого определяются при проведении научно-исследовательской работы (НИР). Жизнь любому проекту дает ученый-исследователь. В лаборатории рождается идея нового процесса, здесь же она наполняется технологическим содержанием:

- условия протекания основного процесса;
- что надо сделать с компонентами до основной стадии;

- как выделить продукт с требуемой чистотой;
- как предотвратить экологический ущерб;
- в каких аппаратах все проводить;
- как выглядит технологическая схема.

Проектант берет информацию в научных отчетах, в диссертациях, в публикациях. Получение информации иногда заказывается у научного исследователя, оплачивается ему.

Часто добывание научной информации непосредственно связано с конструкторскими разработками, если новый процесс требует нового аппарата. Возникает комплексное исследование - научно-исследовательская и опытно-конструкторская разработка (НИОКР).

Авторские права. Формализация авторских прав - патенты (России, США, Европы и др.), публикации в открытой печати, выступления на конференциях, по радио, на ТВ.

Коммерческая сторона авторских прав:

- продажа, если есть патент;
- судебное преследование, если кто-то пользуется идеей без согласия автора;
- долевое участие в производстве.

Все это предусмотрено законом об интеллектуальной собственности.

Исследователь может проводить НИР по заказу, если есть договор, если он получает заработную плату по контракту. Тогда владельцем результатов НИР становится Заказчик.

«Ноу-хау» - это часть информации, оставшейся закрытой после любых публикаций. Она тоже имеет самостоятельную коммерческую ценность.

Информационная модель производства. Поскольку в нашей игре нет реального «носителя идеи», Вам на время предстоит им стать. Для этого Вам необходимо собрать доступную информацию о проектируемом производстве, которую можно найти в книгах, научной периодике, в диссертациях и отчетах, в интернете и т.п. Иногда ее следует получить даже из собственных экспериментов, что наиболее предпочтительно, поскольку эксперимент проводится целенаправленно, с учетом области последующего использования результатов.

Кроме того, Вам предстоит провести поиск массы справочных данных – о физико-химических свойствах чистых веществ, их смесей и растворов, о кинетических параметрах протекающих в аппаратах процессов. Все это понадобится при проведении расчетов.

Справочные данные почти всегда имеют ограничения по интервалу температур, давлений, состава и т.п. Придется пользоваться экстраполяцией, аналогией, расчетами по аддитивности, что потребует Вашей критической оценки полученной точности.

Информационную модель производства можно изобразить в виде следующей блок-схемы:

<u>Описание сырья для Вашего производства:</u> - компонентный состав - содержание компонентов - физико-химические свойства (вязкость, плотность, характеристические температуры, теплоемкость и т.д.) - органолептические свойства - происхождение	<u>комментарии:</u> - сырье может быть местным, узнать о нем иногда можно только из местных источников - сырье можно выбрать самостоятельно
<u>Описание продукции Вашего производства:</u> - компонентный состав - нормативное содержание компонентов - физико-химические свойства - органолептические свойства - условия хранения	<u>комментарии:</u> - обязательно нужны ссылки на нормативные документы
<u>Альтернативные способы получения продукта из сырья:</u> - краткие описания известных технологий - критическая оценка известных технологий	<u>комментарии:</u> - речь идет о традиционных хорошо известных способах
<u>Выбранный для проекта способ получения продукта из сырья:</u> - подробное описание технологии - анализ недостатков технологии - предложения по улучшению технологии	<u>комментарии:</u> - выбранная технология может быть придумана. Руководствуйтесь при этом чувством юмора
<u>Параметры процессов в выбранной технологии:</u> - кинетические параметры - гидродинамические параметры - температурные параметры	<u>комментарии:</u> - параметры можно принять, не забывая при этом о чувстве меры
<u>Экологические проблемы выбранной технологии:</u> - перечень побочных продуктов и отходов - состав отходов	<u>комментарии:</u> - отходы можно обезвреживать, компоненты повторно использовать. Их можно сдавать.

Совет доброжелателя: В принципе информационная модель – это литературный обзор по теме Вашего проекта. Не забывайте о ссылках на источник информации.

Аналитическая справка о ноу-хау.

Дополнение 2.5.

«Ноу-хау» (от англ. know-how - знаю как), в международных экономических отношениях договор, как правило, лицензионное соглашение, о передаче технических знаний, опыта, навыков, необходимых для производства или освоения той или иной технологии, системы, производственной линии и т.п.

«Ноу-хау», термин, применяемый в международных отношениях для определения технических знаний, выраженных в форме документации, производственного опыта и навыков и так далее. Другими словами, под «ноу-хау» понимают оригинальные технологии, знания, умения, которые ещё не стали широко известны и могут быть использованы для достижения конкурентного преимущества. Зачастую под «ноу-хау» принимают инновации, имеющие потенциальную коммерческую ценность в силу неизвестности иным лицам. Значительной характеристикой «ноу-хау» является «коммерческая тайна». В высокотехнологичной экономике «ноу-хау» составляет ключевую часть активов компании.

«Ноу-хау» является объектом нематериальной интеллектуальной собственности. К нематериальным основным фондам относятся также наукоемкие промышленные технологии, топологии интегральных микросхем, секреты производства («ноу-хау»), торговые знаки, патенты и прочая.

«Ноу-хау» считается собственностью предприятия наряду с патентами на изобретения, товарными знаками, авторскими правами; обмен «ноу-хау» может осуществляться по соглашению между предприятиями путём передачи документации, организации обучения работников, участия специалистов в промышленном производстве.

«Ноу-хау» подразумевает защиту посредством тайны. Сведения не раскрываются, но в случае разглашения или независимого открытия иным лицом запретить использование такого способа (технического решения) уже невозможно.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ БИЗНЕС-ПЛАНА. ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ.

Технический проект выполняется как этап II фазы цикла проекта — предварительной инвестиционной фазы. Технический проект разрабатывается с целью выявления окончательных технических решений, дающих полное представление о технологии продукта.

Технический проект является, поэтому, единственно достоверным источником информации о величине предстоящих капитальных затрат III инвестиционной фазы цикла проекта.

В общем случае при разработке технического проекта выполняют следующие разделы:

- синтез технологической схемы;
- расчет материальных и тепловых балансов;
- расчет, конструирование и подбор оборудования;
- составление аппаратурной схемы и схемы трубопроводов;
- разработка схемы КИПиА;
- разработка решений по охране труда;
- разработка решений по расположению оборудования в плане и в разрезах;
- компоновка проектируемого производства в целом, включая вспомогательные участки;
- разработка мероприятий по охране окружающей среды;
- составление пояснительной записки, выполнение чертежей аппаратурно-технической схемы, общего вида мембранного аппарата и строительного.

Совет доброжелателя: только числовой результат дает информацию и основание для продолжения или завершения работы. Его необходимо получить любым способом - аналитическим, графическим, аналоговым, через теорию подобия и т.д.

При этом надо постоянно проверять все — записи формул, числовые результаты, размерности, граничные условия, физический смысл, пределы.

Проверки экономят много времени, денег и нервной энергии. Поэтому не экономьте бумагу, пишите только на одной стороне листа и делайте записи аккуратно.

3.1. Синтез и расчет технологической схемы.

Современное предприятие — это сложная химико-технологическая система (ХТС), состоящая из большого числа аппаратов и связей (потоков) между ними.

Система - совокупность элементов, взаимодействующих между собой, т.е. имеющая структуру и функционирующая во взаимодействии с окружающей средой.

ХТС - это тоже система, элементами которой являются аппараты с проходящими в них процессами: химическими, массообменными, теплообменными, гидродинамическими. Рассмотрение этих процессов порознь не дает представления о производстве в целом. Необходимо учитывать взаимодействие элементов системы.

Химико-технологическая система (ХТС) - совокупность аппаратов, машин и других устройств (элементов) и материальных, тепловых, энергетических и других потоков (связей) между ними, функционирующая как единое целое и предназначенная для переработки исходных веществ (сырья) в продукты.

Для ее эффективного функционирования необходимо решить многие задачи еще до строительства нового предприятия, на стадии проектирования.

Конечная цель разработки химико-технологической системы - создание высокоэффективного химического производства, т.е. такого объекта химической промышленности, который позволит получать необходимую продукцию не только в заданном объеме и требуемого качества, но и экономически целесообразным путем.

3.1.1. Синтез ХТС.

Синтез ХТС — это выбор типов элементов и структуры технологических связей между ними (топологии), а также определение параметров элементов и параметров потоков системы.

Материальные и энергетические затраты на осуществление любого производства являются некоторой функцией выбранных процессов и их комбинирования.

Пример:

Задача — получение пресной воды и концентратов солей из подземных вод;

Выбор процессов -

1. выпаривание. Недостатки: дорого из-за большого объема испаряемой влаги.

2. Обратный осмос. Недостатки: недостаточное концентрирование из-за высокого осмотического давления рассолов.

Оптимальное решение - 1-я ступень — обратный осмос. 2-я ступень — выпаривание.

При разработке технологических схем производства используют следующие принципы синтеза ХТС:

- Декомпозиционный;
- Эвристический;
- Интегрально-гипотетический;
- Эволюционный.

Декомпозиционный принцип – сведение задачи большой размерности к некоторой совокупности взаимосвязанных задач меньшей размерности – к отдельному аппарату схемы. Каждый отдельный аппарат описывается небольшим количеством уравнений с небольшим количеством переменных и непосредственно связан с небольшим числом других аппаратов. Вместо общей задачи синтеза ХТС решается ряд подзадач, и для них отыскиваются определенные технологические решения, соответствующие современному уровню аппаратного оформления химико-технологического процесса. Из различных вариантов технологической топологии подсистемы и аппаратного оформления процесса выбираются такие, которые обеспечивают оптимальное значение критерия эффективности синтезируемой ХТС.

Эвристический принцип – позволяет специалистам при технологическом проектировании химических производств интуитивно выбирать удачные варианты решения задачи, без полного перебора возможных альтернативных вариантов. Принятие решения происходит без обоснования его с помощью доказательств, что не снижает его ценности, так как проектант использует предлагаемые факторы и правила, (эвристики), учитывающие основные закономерности протекания процесса. К эвристикам относятся и теоретические знания, полученные исполнителем в процессе обучения, и частные рекомендации коллег, и даже его интуитивные предположения по лучшей организации производства. На основе эвристик составляется схема, которая может быть близка к оптимальной.

Часто эвристики служат ограничениями при выборе варианта схемы, иногда используются совокупно с учетом их противоречивости и альтернативности.

Недостатки метода очевидны: отсутствие теоретического обоснования эвристик, их противоречивость, отсутствие связи с отдельными свойствами рабочей среды.

Эволюционный принцип – составляется некоторая произвольная схема при явном недостатке эвристик. Далее выбирается наиболее подходящий критерий эффективности и, руководствуясь им, осуществляется поиск и замена наименее эффективного блока. Корректируется структура схемы и процесс повторяется. Число таких итераций может быть любым до достижения заданной оптимальности.

Интегрально-гипотетический принцип – подбирается несколько альтернативных вариантов выполнения (технологической топологии и аппаратного оформления) основных блоков схемы, разрабатывается гипотетическая обобщенная структура схемы и проводится оптимизация по параметрам блоков и параметрам структурных взаимосвязей между блоками. В результате решения задачи оптимизации выявляется некоторая новая оптимальная технологическая структура схемы. Математическая модель интегрально-гипотетической структуры представляет собой совокупность математических моделей отдельных блоков и уравнений связи между ними.

Этот метод наиболее машинно-ориентированный, поскольку позволяет использовать различные методы оптимизации.

3.1.2. Выбор критерия оптимальности (эффективности) функционирования ХТС.

3.1.2. Выбор критерия оптимальности (эффективности) функционирования ХТС.

Оценку качества (эффективности) работы системы осуществляют с помощью показателя (критерия) эффективности функционирования ХТС. В качестве такого показателя могут использоваться как технологические, так и экономические характеристики производства. Важно так выбрать критерий эффективности, чтобы он достаточно полно характеризовал качество функционирования ХТС.

Требования к критерию:

1 - он должен иметь экстремальную величину в точке оптимальности;

2 - он должен учитывать по возможности всю совокупность факторов, влияющих на эффективность производства.

Обычно под эффективностью понимают соотношение (в сопоставимых единицах) производимого эффекта и понесенных затрат.

С точки зрения ресурсо- и энергосбережения критерии оптимальности основываются на следующих двух принципах:

- принцип наилучшего использования сырья;- принцип оптимального использования энергии.

Первый принцип подразумевает:

- увеличение полноты переработки сырья;
- комплексное использование сырья;
- минимизация отходов производства.

При синтезе ХТС реализация этого принципа осуществляется такими технологическими приемами, как введение рецикла, регенерация реагентов, противоточное движение фаз, применение избытка дешевого реагента и др.

Второй принцип подразумевает:

- снижение потерь тепла;
- рекуперацию энергии;
- повышение КПД использования энергии.

При синтезе ХТС этот принцип реализуется следующими приемами: установка теплоизоляции аппаратуры и трубопроводов, использование тепловых и гидравлических рекуператоров энергии, оптимизация теплообмена, применение малоэнергоемких процессов и др.

Наиболее объективны экономические критерии оптимизации - прибыль, рентабельность, себестоимость. Для отдельных блоков или фрагментов схемы используют более простые технологические критерии - производительность, качество продукта, выход продукта, энергетическая экономичность.

Часто пользуются критерием приведенных затрат:

$$R = C + \frac{E_H \cdot K}{M} \quad (3.1)$$

где C - себестоимость продукции, руб/т.; K - сумма капитальных затрат; E_H - коэффициент окупаемости капитальных затрат вложений; M – годовой выпуск продукции, т.

Проблемы - надо заранее знать C и K , что невозможно без полного расчета по схеме.

3.1.3. Построение блок-схемы.

Синтезированную ХТС проще всего (и полезнее) изобразить в виде блок-схемы. Блок-схема – это совокупность технологических операций (узлов, переделов, блоков), соединенных между собой технологическими связями. Каждый передел-блок изображается прямоугольником, что означает, что в нем протекает определенный процесс изменения какого-либо параметра объекта обработки - состава, концентрации, температуры, количества и т.п. Между собой прямоугольники соединяются стрелками, показывающими направление материальных потоков.

Чертеж блок-схемы ХТС выполняется без соблюдения масштаба. Блок-схема должна включать в себя все агрегаты, машины, аппараты, а также все без исключения материальные потоки. Порядок нумерации блоков, изображаемых прямоугольниками, должен соответствовать направлению основного материального потока. При наличии циркуляционных потоков, связанных с другими участками предприятия, необходимо включить в блок-схему аппараты и потоки и этих участков, без которых нельзя составить материальный баланс.

[Инструкция по составлению блок-схемы и примеры блок-схем – в дополнениях.](#)

Инструкция по составлению блок-схемы.

Дополнение 3.2.

Инструкция по составлению блок-схемы.

Классификация блоков ХТС проводится по их назначению.

Механические и гидромеханические элементы производят изменение формы и размера материала и его перемещение, объединение и разделение потоков. Эти операции осуществляются дробилками, грануляторами, смесителями, сепараторами, фильтрами, циклонами, компрессорами, насосами.

Теплообменные элементы изменяют температуру потока, его теплосодержание, переводят вещества в другое фазовое состояние. Эти операции осуществляют в теплообменниках, испарителях, конденсаторах, сублиматорах.

Массообменные элементы осуществляют межфазный перенос компонентов, изменение компонентного состава потоков без появления новых веществ. Эти операции проводят в дистилляторах, абсорберах, адсорберах, ректификационных колоннах, экстракторах, кристаллизаторах, сушилках, мембранных аппаратов.

Реакционные элементы осуществляют химические превращения, кардинально меняют компонентный состав потоков и материалов. Эти процессы происходят в химических и биологических реакторах.

Энергетические элементы осуществляют преобразование энергии и получение энергоносителей. К ним относятся турбины, генераторы, приводы для выработки механической энергии, котлы-утилизаторы для выработки энергетического пара, рекуператоры энергии.

Элементы контроля и управления позволяют измерять параметры состояния потоков, контролировать состояние аппаратов и машин, а также управлять процессами, меняя условия их протекания. К ним относятся датчики (температуры, давления, расхода, состава и т.д.), исполнительные механизмы (вентили, задвижки, выключатели и т.д.), а также приборы для выработки и преобразования сигналов, информационные и вычислительные устройства. Как правило, это устройства сигнализации, системы автоматического регулирования, автоматическая система управления химико-технологическим процессом. Она на блок-схемах обычно не изображаются.

В каждом из перечисленных элементов могут протекать разнообразные процессы и в каждый из них могут входить как составные части различные по назначению устройства. Возможно совмещение элементов по их назначению в одном устройстве, например, реактор-ректификатор: в нем одновременно происходит и химическое превращение, и компонентное разделение смеси (массообменный элемент).

Классификация связей (потоков).

Потоки между аппаратами (связи между элементами) классифицируют по их содержанию:

Материальные потоки переносят вещества и материалы по трубопроводам различного назначения, транспортерами и другими механическими устройствами.

Энергетические потоки переносят энергию в любом ее проявлении - тепловую, механическую, электрическую, топливо. Тепловая энергия и топливо для энергетических элементов передаются обычно по трубопроводам (пар, горячие потоки, горючие газы и жидкости), механическая энергия - также по трубопроводам (в виде газов под давлением) или через вал двигателей и другие элементы привода. Провода, силовые кабели передают электрическую энергию.

Информационные потоки используются в системах контроля и управления процессами и производством. Используются электрические провода и тонкие, капиллярные, трубки в пневматических системах.

Структура связей. Последовательность прохождения потоков через элементы ХТС определяет структуру связей и обеспечивает необходимые условия работы элементов системы. Основные типы структуры связей показаны на рис. 1. Здесь прямоугольники представляют блоки, линии со стрелками - связи и направления потоков.

Последовательная связь (схема 1 на рис. 1). Поток проходит аппараты поочередно. Применение: последовательная переработка сырья в разных операциях, более полная переработка сырья последовательными воздействиями на него, управление процессом путем необходимого управляющего воздействия на каждый элемент.

Разветвленная связь (схема 2 на рис. 1). После некоторой операции поток разветвляется и далее отдельные потоки перерабатываются различными способами. Используется для получения разных продуктов.

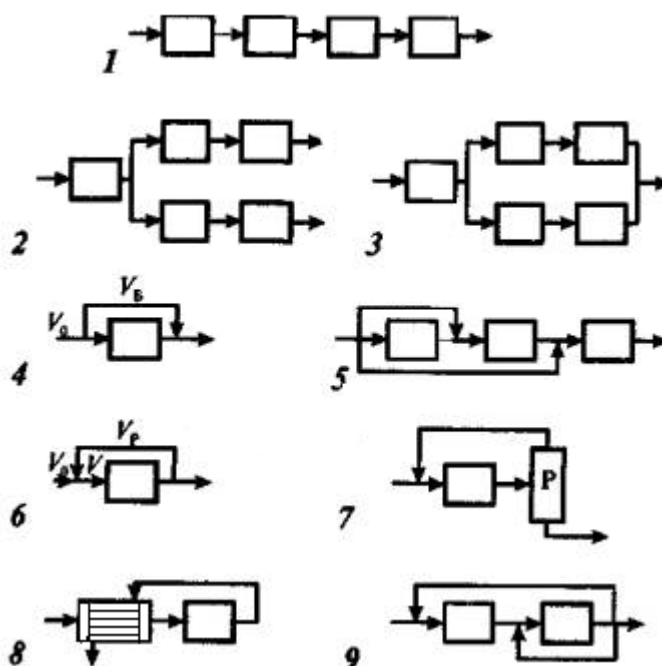


Рис. 1. Связи в химико-технологической системе, их изображение в блок-схеме:

1 - последовательная; 2 - разветвленная; 3 - параллельная; 4, 5 - обводная (байпас) простая (4) и сложная (5); 6-9-обратная (рециркуляционная) - рецикл полный (6, 9) и фракционный (7, 8), простой (6) и сложный (9).

Параллельная связь (схема 3 на рис. 1). Поток разветвляется, отдельные части его проходят через разные аппараты, после чего потоки объединяются. Если единичная мощность некоторых аппаратов ограничена, то устанавливают несколько аппаратов параллельно, обеспечивая суммарную производительность всей системы. Другое применение такой связи - использование периодических стадий в непрерывном процессе. В этом случае поочередно работает один из параллельных аппаратов. После завершения рабочего цикла одного аппарата поток переключают на другой аппарат, а отключенный подготавливают к очередному рабочему циклу. Так, например, включены адсорберы с коротким сроком службы сорбента. Пока в одном из них происходит поглощение, в другом сорбент регенерируют. Еще одно назначение параллельной схемы - резервирование на случай выхода из строя одного из аппаратов, когда такое нарушение может привести к резкому ухудшению работы всей системы и даже к аварийному состоянию. Такое резервирование называют "холодным", в отличие от резервирования, обусловленного периодичностью процесса, - "горячего".

Обводная связь или байпас (схемы 4 и 5 на рис. 1). Часть потока, не поступая в аппарат, "обходит" его. Такая схема используется в основном для управления процессом. Например, в процессе эксплуатации теплообменника условия передачи теплоты в нем меняются (загрязнения

поверхности, изменение нагрузки). Поддерживают необходимые температуры потоков байпасированием их мимо теплообменника. Различают простой (схема 4) и сложный (схема 5) байпасы.

Обратная связь или рецикл (схемы 6 - 9 на рис. 1). Часть потока после одного из аппаратов возвращается в предыдущий. Через аппарат, в который направляется поток V_p , проходит поток V больший, чем основной V_0 , так что $V = V_0 + V_p$.

Если выходящий из аппарата поток разветвляется, и одна его часть образует обратную связь (схема 6), то такая связь образует полный рецикл - составы выходящего потока и рециклирующего одинаковы. Такую схему используют для управления процессом, создания благоприятных условий для его протекания.

Возможен возврат (рецикл) части компонентов после системы разделения P (схема 7). Это - фракционный рецикл (возвращается фракция потока). Широко применяется для более полного использования сырья. Фракционный рецикл используют также для полного использования вспомогательных материалов.

Схемы 6-8 представляют собой простой рецикл, а схема 9 - сложный.

Приведенные выше типы связей присутствуют практически во всех ХТС, обеспечивая необходимые условия их функционирования.

3.1.4. Материальный баланс производства.

Исходной величиной при расчете материального баланса является заданная в проекте годовая производительность предприятия по основному продукту или по поступающему сырью. Расчет ведется в величинах часовой производительности, которая определяется из годовой с учетом числа рабочих дней в году, количества рабочих смен в сутки и часовой продолжительности каждой смены. Учет последних обстоятельств ведется через расчет годового фонда продолжительности работы оборудования.

Режим работы производства может иметь прерывную или непрерывную рабочую неделю, в зависимости от характера технологического процесса. Число рабочих смен в сутки соответственно может быть от 1 до 4 при разной продолжительности смены - от 8,2 часа до 6,0 часов.

Фонд продолжительности работы ($\Phi\Pi$) измеряется в часах в год и равен произведению числа рабочих дней в году (N) на число смен в сутки (n) и на продолжительность каждой смены (t):

$$\Phi\Pi = N \cdot n \cdot t \quad (3.2)$$

Календарный $\Phi\Pi = 365 \cdot 24 = 8760$ часов.

В реальной ситуации число рабочих дней уменьшается на число дней, связанных с ремонтом и профилактикой оборудования согласно принятой системе планово-предупредительного ремонта ($N_{рем}$). При прерывной рабочей неделе $\Phi\Pi$ уменьшается также за счет выходных ($N_{вых}$) и праздничных ($N_{пр}$) дней.

$$\Phi\Pi = (365 - N_{рем} - N_{вых} - N_{пр}) \cdot n \cdot t \quad (3.3)$$

Система ППР разрабатывается на каждом предприятии для основного оборудования и включает в себя график проведения различного вида ремонтов, нормативы продолжительности проведения ремонтов и виды работ при каждом ремонте.

Ремонты бывают текущими (осмотр, смазка, покраска), средними (замена быстро изнашиваемых изделий) и капитальными (демонтаж, переборка и замена агрегатов).

Время пробега между капитальными ремонтами определяется гарантиями предприятия-изготовителя оборудования и обычно составляет 25000-30000 часов, между средними — 10000-15000 часов, между текущими — 4000-5000 часов.

Продолжительность ремонтов определяется ремонтпригодностью оборудования и обычно составляет соответственно 5, 2 и 0,5 дня.

Совет доброжелателя: при расчете ФП рекомендуется учитывать не только календарные и ремонтные обстоятельства, но и особенности технологии. Не забывайте, что мембранные установки лучше работают без остановок, но их надо периодически регенерировать и промывать. Вполне можно совместить периодический режим работы, например, стадии синтеза продукта и непрерывный режим работы мембранной стадии очистки продукта.

Кроме часовой производительности, для расчета материального баланса по блок-схеме надо знать (или обоснованно принять) следующие исходные данные:

- составы входных потоков схемы;
- величины выхода продуктов по химическим реакциям;
- стехиометрические коэффициенты и соотношения;
- коэффициенты утилизации по компонентам;
- практические значения потерь продуктов на каждом блоке схемы;
- нормативы по составам выходных потоков схемы.

Расчет ведется либо в единицах объемного расхода (W), либо в единицах массового расхода (M). При обозначении потоков удобно пользоваться буквами с двумя индексами: W_{m-n}^y - объемный поток y -го компонента, поступающего из блока m в блок n .

Уравнения материального баланса составляются на основании закона сохранения массы. Неизвестные величины определяются из системы уравнений как по каждому блоку схемы, так и по всей схеме в целом:

$$\begin{cases} \sum W_{\text{вход}} = \sum W_{\text{вых}} \\ \sum W_{\text{вход}} \cdot C_{\text{вход}}^y = \sum W_{\text{вых}} \cdot C_{\text{вых}}^y \end{cases} \quad (3.4)$$

Расчет ведется последовательно от одного блока к другому, начиная с того, параметры материального баланса которого известны.

Как правило, расчеты приходится проводить не только по основному, но и по вспомогательным и побочным компонентам, по примесям и загрязнениям.

Материальный баланс будет завершен только тогда, когда на всех стрелках блок-схемы можно будет указать объемный и массовый часовой расход и концентрации всех необходимых компонентов.

3.1.5. Составление циклограммы производства.

Довольно распространенным случаем при разработке и расчете технологических схем является необходимость сочетания в одной схеме периодически и непрерывно работающих аппаратов. В периодически работающем аппарате всегда прослеживается некоторый цикл, включающий все стадии эксплуатации аппарата. Например, в случае химического реактора:

1 стадия – загрузка аппарата, продолжительность стадии – t_1 .

2 стадия – реакция синтеза, t_2 .

3 стадия – разгрузка аппарата, t_3 .

4 стадия – подготовка к следующей загрузке, t_4 .

Общая продолжительность цикла $t_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$.

Для обеспечения равномерного функционирования схемы устанавливают несколько параллельно работающих аппаратов, число которых выбирают из практических соображений (единичный объем, удобство эксплуатации и т.п.). Время начала работы каждого аппарата в блоке должно быть сдвинуто на величину $t_{\text{ц}}/n$, где n – число работающих в блоке аппаратов. Далее составляется циклограмма работы аппаратов данного блока (рис. 3.1).

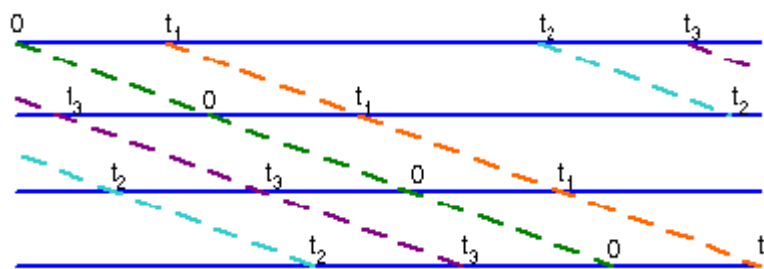


Рис. 3.1 Циклограмма параллельной работы четырех аппаратов.

В некоторых случаях обеспечить непрерывность работы последующих блоков можно введением в схему промежуточной емкости, в которую перекачивается вся реакционная среда после завершения стадии синтеза. Этот вариант также требует составления циклограммы, без которой невозможно рассчитать часовую производительность аппаратов последующих блоков.

3.1.6. Тепловой баланс производства.

Тепловой баланс рассчитывают отдельно для каждого аппарата. Исходными данными для расчета служат:

- материальный баланс;

- температурные параметры работы аппарата;
- теплофизические свойства потоков и материалов;
- требования техники безопасности.

Приходные статьи теплового баланса:

- теплосодержание входящих материальных потоков;
- теплота протекания химического или физико-химического процесса в аппарате;
- теплота, выделяющаяся при работе движущихся рабочих органов (мешалки, насосного колеса и т.п.);
- теплосодержание входящих теплоносителей.

Расходные статьи теплового баланса:

- теплосодержание выходящих материальных потоков;
- теплосодержание выходящих теплоносителей;
- тепловые потери.

Целью расчета является определение тепловой нагрузки аппарата, поверхности теплообмена и расходов теплоносителей.

В аппаратах периодического действия расчет надо вести для каждой операции рабочего цикла, учитывая теплоту, расходуемую на нагрев и охлаждение самого аппарата.

3.2. Выбор оборудования и расчет блока мембранного разделения.

Проектирование блока мембранного разделения включает в себя следующие этапы:

- обоснованный выбор класса и типа мембран, которые обеспечат заданные параметры разделения;
- определение рабочих характеристик выбранных мембран на конкретном объекте разделения с учетом их изменения при концентрировании, гелевой и концентрационной поляризации, при варьировании температуры и т.п.;
- условия и режимы регенерации мембран;
- обоснованный выбор мембранного аппарата;
- выбор технологической схемы блока мембранного разделения;
- расчет материального баланса по стадиям и ступеням блока мембранного разделения;
- расчет площади мембран и количества мембранных модулей, определение конфигурации и состава мембранной установки;
- расчет величины концентрационной поляризации;
- гидравлический расчет мембранных аппаратов.

3.2.1. Выбор мембран.

При выборе мембраны следует исходить из того, что она должна обладать максимальной удельной производительностью при селективности, обеспечивающей выполнение требований к качеству пермеата (соответствие санитарным нормам или нормам на техническую воду, допустимым потерям растворенного вещества и т.п.). Кроме того, мембрана должна обладать высокой химической стойкостью по отношению к разделяемому раствору и реагентам, используемым для растворения осадков, образуемых в процессе эксплуатации на поверхности мембраны из разделяемого раствора.

Мембрана (материал) должна иметь высокое сродство к растворителю (главным образом к воде) и низкое сродство к растворенному компоненту.

Подбор мембран предварительно проводится по истинной селективности, от которой затем переходят к наблюдаемой с учетом концентрационной поляризации в реальных мембранных аппаратах. Примем допущение, что в рабочем диапазоне концентраций разделяемого раствора истинная селективность мембраны остается постоянной.

Тогда критерий пригодности мембраны к задаче разделения, т.е. минимальная допустимая ее селективность по задерживаемому веществу, можно определить с помощью уравнения:

$$R_{\min} = \frac{\ln \left(\frac{c_K}{c_H} \right)}{\ln \frac{c_K - \bar{c}_\Pi}{c_H - \bar{c}_\Pi}} \quad (3.5)$$

где c_H и c_K – начальная и конечная концентрации обрабатываемого раствора,
 $\bar{c}_\Pi$ – усредненная концентрация всего полученного пермеата.

Лучшей мембранной будет та, которая имеет наибольшую удельную производительность среди выбираемых мембран и разделяющая способность которой не ниже $R_{\min}$.

С другой стороны, если ни одна из имеющихся мембран не удовлетворяет этому критерию, то решить задачу можно либо двухступенчатым мембранным разделением, либо сочетанием мембранного процесса с другими методами разделения.

Полупроницаемые мембраны изготавливают из керамики, различных полимерных материалов, пористого стекла, графитов, металлической фольги и др. От материала мембраны зависят ее свойства (химическая стойкость, прочность), а также в значительной степени ее структура.

3.2.2. Выбор рабочих параметров процесса разделения.

Температура. С повышением температуры разделяемого раствора селективность мембран изменяется мало, а удельная производительность увеличивается в первом приближении обратно пропорционально вязкости пермеата (в том диапазоне температур, где мембраны не разрушаются от термических воздействий). Однако с повышением температуры возрастает скорость гидролиза полимерных материалов и сокращается срок службы мембран. Учитывая это, а также то, что использование теплообменников усложняет и удорожает процесс, мембранный процесс целесообразно проводить при температуре окружающей среды (обычно 20 - 25°C). В тех случаях, когда технологический раствор, подвергаемый разделению, уже имеет повышенную температуру, экономически оправдана работа при температурах выше 25°C.

Рабочее давление. С увеличением перепада рабочего давления через мембрану возрастает движущая сила процесса и увеличивается удельная производительность мембран. Однако под действием давления полимерные мембраны подвергаются уплотнению, которое при достижении некоторого уровня, зависящего от структуры мембраны, может нейтрализовать эффект, связанный с повышением движущей силы. Кроме того, при высоких давлениях мембраны быстрее загрязняются находящимися в растворе микрочастицами, поскольку в этих условиях загрязняющим частицам легче внедриться в поры мембраны, а на поверхности мембраны образуется более плотный осадок задержанных микрочастиц. Практика применения обратного осмоса показывает, что в условиях длительной эксплуатации оптимальный перепад давления для ацетатцеллюлозных и подобных им мембран составляет 5МПа, для композитных мембран – порядка 3МПа, для низконапорных мембран – порядка 1,5МПа. Ультрафильтрацию проводят под давлением 0,3 – 0,8МПа, микрофильтрацию – 0,05 – 0,15МПа.

Удельная производительность. Паспортная величина удельной производительности мембраны дается либо по стандартному раствору, либо по чистой воде. Определить этот параметр на обрабатываемом растворе можно только в эксперименте. Если эксперимент провести невозможно, надо воспользоваться информацией из опубликованных источников, или эвристическим принципом.

Влияние концентрации раствора на удельную производительность мембран следует учитывать по линейной зависимости:

$$G = G_0 - \kappa \cdot c_H \quad (3.6)$$

где κ – коэффициент пропорциональности, определяемый экспериментально или эвристически.

3.2.3. Условия и режимы регенерации мембран.

Практически всегда в ходе мембранного разделения постоянно снижается удельная производительность мембран из-за образования отложений на их поверхности. Причина в поляризационных эффектах, сопровождающих любой мембранный процесс.

Все способы снижения влияния поляризационных эффектов можно разделить на три группы:

- предварительная обработка разделяемого раствора;
- изменение параметров проведения процесса;
- регенерация мембран.

Способы первой группы основаны на том, что изменяется состав исходного раствора либо путем предварительного вывода определенных компонентов, либо путем добавления веществ, изменяющих поведение компонентов при концентрировании.

Все операции, применяемые по этим способам, должны быть представлены в технологической схеме используемыми аппаратами и оборудованием.

Вторая группа является следствием теоретической модели КП и ГП. Основные уравнения:

$$KП = \frac{C_m}{C_0} = \exp\left(\frac{G}{\beta}\right) \quad (3.7)$$

$$\beta = f(\omega, \rho, 1/\mu, D, d_r, 1/\ell) \quad (3.8)$$

$$G = K_G \cdot \Delta P = \frac{\varepsilon \cdot r^2}{8 \cdot \eta \cdot \tau \cdot \delta_M} \cdot \Delta P \quad (3.9)$$

где C_m – концентрация раствора на поверхности мембраны в условиях КП; C_0 – концентрация раствора в ядре потока; β – коэффициент массоотдачи; ω – линейная скорость жидкости вдоль мембраны; ρ – плотность раствора; μ – вязкость раствора; D – коэффициент диффузии; d_r – гидравлический диаметр канала; ℓ – длина канала; r – средний радиус пор мембраны; δ_M – толщина мембраны; ΔP – движущая сила.

Чем выше удельная производительность мембраны и чем меньше коэффициент массоотдачи, тем сильнее влияние КП. Суть большинства способов этой группы сводится к интенсификации отвода задерживаемых компонентов от мембраны в ядро потока, т.е. к понижению C_m .

Третья группа способов основана на периодическом восстановлении разделительных свойств мембраны путем очистки ее от накопившихся наслоений. Выбор способа такой очистки зависит от механических свойств мембраны.

В разрабатываемом проекте можно использовать способы 1-ой и 2-ой групп, но они лишь продлят продолжительность межрегенерационного периода, но не исключают необходимости использования способов 3-ей группы. Поэтому проектант обязан предложить технологию регенерации мембран, выбрать моющие средства, подобрать оборудование моечной станции и учесть продолжительность процесса регенерации в расчете фонда продолжительности работы и часовой производительности блока мембранного разделения.

Способы снижения влияния поляризационных эффектов при мембранном разделении за счет предварительной обработки разделяемых растворов.

Дополнение 3.5.

Способы снижения влияния поляризационных эффектов при мембранном разделении за счет предварительной обработки разделяемых растворов.

1. Если главная задача – обессоливание раствора, то из него необходимо вывести все компоненты, способные образовать гели или отложения на мембране. Для этого используют фильтрование, коагуляцию с отстаиванием, центрифугирование.

Фильтрование. Желательно на мембраны подавать смеси, освобожденные от частиц с размером больше 5,0 мкм. Поэтому технологическая схема узла фильтрования целиком зависит от состава и количества твердых частиц в растворах. При обработке артезианской воды достаточно поставить патронные микрофильтры. Более загрязненные растворы пропускают через песчаные и патронные фильтры. Совсем грязные потоки – поверхностные воды, сточные воды фильтруют три раза – мелкозернистая загрузка (мелкий гравий), песчаные и патронные фильтры. В особо ответственных операциях этот каскад усиливают еще и ультрафильтрацией перед обратным осмосом. В любом случае полезно провести предварительное исследование, а потом уже строить технологическую схему фильтрации по принципу: каждая стадия должна выполнять только свою функцию и не становиться узким местом.

Коагуляция + фильтрация. Введение коагулянтов в раствор часто снижает нагрузку на фильтры, поскольку часть взвеси осаждается с образующимся осадком. Перед фильтром устанавливают отстойник. Недостаток – необходимость ввода химических реагентов и решения проблемы образующихся шламов.

«Коагуляцией в линию» называют флокуляцию. Суть ее в том, что в раствор вводят полиэлектролиты, растворимые в воде, которые являются центрами ассоциирования мелких частиц. Образуются крупные частицы - хлопья, которые либо отстаиваются, либо существенно лучше фильтруются. Флокулянтами являются полиакриловая кислота, полиметакрилат, поликарбоксикислоты, эфиры полиоксиэтилена, полисахариды и т.д.

К этим же методам относится вывод растворенных органических компонентов адсорбцией на активированном угле, цеолитах и других молекулярных сорбентах.

2. Обезжелезивание растворов. Железо при гидролизе превращается в гидроокись $\text{Fe}(\text{OH})_3$ – ржавчину, которая на мембране образует гели, часто необратимые. Поэтому необходимо в раствор сначала ввести окислитель – O_3 , O_2 , другие, которые железо двухвалентное окислят до трехвалентного, выдержать раствор до образования хлопьев $\text{Fe}(\text{OH})_3$, далее отфильтровать и только потом подавать на мембраны.

3. Наложение на раствор в мембранном канале электрических или магнитных полей. Практически все мембраны обладают в растворах собственным электрическим зарядом. Внешнее поле может его усилить или переменить знак. Эффект определяется наличием и величиной заряда у частиц растворенного вещества. Управляющими параметрами являются напряжение на электродах и плотность тока.

Омагничивание растворов может быть весьма полезным для предупреждения осаждения на мембранах солей жесткости. Теория этого процесса не разработана, но даются общие рекомендации: скорость пересечения потоком силовых линий магнитного поля должна быть не менее 1-2 м/с, продолжительность пребывания в поле – 0,1-0,2 с, напряженность магнитного поля – 6000-7500 эрстед. Кристаллы солей при этом или не выделяются, или имеют малую адгезию к мембране.

4. Изменение кислотности растворов. Достигают этого добавлением в раствор кислоты или щелочи. При этом может измениться способность к гелеобразованию, пределы растворимости, конформация молекул и т.п., что предотвратит выпадение осадка или появление геля.

5. Введение ингибиторов осадкообразования. Обычно это делают для предотвращения выпадения солей жесткости – сульфатов и карбонатов Ca и Mg. Механизм действия ингибиторов гомогенной кристаллизации основан на том, что молекулы или ионы ингибиторов сорбируются на поверхности образовавшихся микрокристаллов и препятствуют их дальнейшему росту. С учетом механизма роста кристаллов (послойно или на дефектах кристаллической решетки) торможение этого роста происходит при блокировке ограниченного количества точек, где происходит присоединение новых атомов, формирующих кристалл.

Для предотвращения первичного кристаллообразования на поверхности мембран надо блокировать находящиеся на ней активные центры образования зародышей кристаллов.

Понятно, почему ингибиторы отложений добавляются в малых количествах. В качестве ингибиторов используют неионогенные ПАВ, поливиниловый спирт.

Для предотвращения отложений кальциевых соединений используют полифосфаты, в частности, гексаметафосфат натрия, в концентрации 5-10 мг/л. На соединения кальция также хорошо действуют комплексоны, образующие с ионами Ca сложные соединения (этилендиаминотетрауксусная кислота).

Блокирование активных центров мембран проводят поличетвертичными аммониевыми метилефосфонатами или с помощью сополимера изобутена с малеиновым ангидридом. Обычно ингибирующую добавку вводят предварительно, она формирует защитный слой на мембране и дальше надо лишь немного добавлять его в обрабатываемый раствор для восстановления защитного действия.

В испарителях в качестве антинакипинов используют специальные синтетические ПАВ. Действуют они по тому же механизму – создание защитного слоя, предотвращение образования сплошного слоя отложений и вынос микрокристаллов сульфата и карбоната кальция из аппарата. Эти же ПАВ применяют и в мембранных аппаратах.

6. Обеззараживание воды. В практике водоснабжения для обеззараживания воды и дезинфекции сооружений, в которых хранится и обрабатывается вода, используют хлор. Он применяется обычно в виде хлорной воды, а также хлорной извести и гипохлорида Ca. В то же время хлор активно реагирует с мембранами, окисляет их и выводит из строя. Поэтому необходимо дехлорировать воду перед подачей ее на мембранные аппараты. Из практики широко известно дехлорирование с помощью активированного угля

Дешевле и эффективнее с точки зрения длительности действия добавление в воду сульфита (Na_2SO_3), бисульфита (NaHSO_3) и тиосульфата ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) натрия. Все эти соли хорошо задерживаются мембранами, а если в пермеате они появляются, то их легко окислить повторным хлорированием в процессе постобработки.

Применение этих солей надо оценивать в эксперименте, поскольку иногда в воде есть такие микроорганизмы, которые усваивают тиосульфат и начинают усиленно размножаться. На мембранах появляются слизистые отложения – колонии микроорганизмов, а также кремовый налет – коллоидная сера.

Иногда для стерилизации используют ультрафиолетовое облучение. Но, во-первых, это дорого, во-вторых, не дает гарантированной стерильности, в-третьих, сами УФ лампы загрязняются отложениями и теряют эффективность.

В некоторых схемах для борьбы с микроорганизмами используют «шоковую» стерилизацию, т.е. кратковременное, но интенсивное воздействие антисептиком: раствором бисульфита Na – 500 мг/л, формальдегидом – 300 мг/л 30 минут, горячей водой – 50°C 30 минут 2 раза в сутки.

Эlegantным решением проблемы является использование электролизеров для приготовления дезинфицирующих растворов либо электролизом раствора NaCl, либо электролизом самой очищаемой воды. Метод не требует существенных затрат, реализуется на простом оборудовании, концентрация хлора легко регулируется.

7. Умягчение воды. Умягчение выводит из растворов ионы кальция, магния и сульфаты. Это делают либо реагентным методом, либо ионообменным.

Избыток ионов кальция удаляется при *известковании* воды путем перевода бикарбонатных ионов в карбонатные с последующим удалением осадка карбоната кальция. Перед подачей в мембранные аппараты воду надо подкислить, поскольку она насыщена CaCO₃.

Умягчение известково-содовым методом интенсифицируется, если в качестве коагулянта использовать соли железа.

Na-катионирование проводится на катионообменной смоле, находящейся в Na-форме. Хотя этот метод требует больших капитальных затрат, в эксплуатации более надежен. Недостаток в том, что для регенерации смолы требуется большое количество соли.

Способы снижения влияния поляризационных эффектов при мембранном разделении за счет изменения параметров проведения процесса.

Дополнение 3.6.

Способы снижения влияния поляризационных эффектов при мембранном разделении за счет изменения параметров проведения процесса.

Уменьшение удельной производительности мембраны является эффективным способом. Это достигают снижением движущей силы процесса или выбором мембраны с меньшим размером пор. Недостатки – необходимость увеличения общей потребной площади мембран для обеспечения заданной производительности.

Повышение температуры разделяемого раствора, что приводит к снижению его вязкости и увеличению коэффициента диффузии.

Влияние температуры на удельную производительность мембран описывается уравнением

Аррениуса: $G = G_0 \cdot e^{-\frac{E_k}{RT}}$. E_k – кажущаяся энергия активации переноса воды через мембрану. Для большинства жидкостей E_k составляет 25-30% от энергии испарения. Для воды $E_k \sim 5-6$ ккал/моль, для растворенных веществ $E_k \sim 7-10$ ккал/моль. По этой причине обычно с повышением температуры растет и задерживающая способность мембран. Высокие значения E_k связаны с надмолекулярными структурами чистых жидкостей и растворов, свойственны сильно ассоциированным веществам, и обусловлены затратами энергии на разрыв водородных связей.

При разделении многокомпонентных смесей изменение температуры может улучшить фракционирование.

Для практических расчетов обычно пользуются соотношением:

$$G \cdot \mu = const \quad (1)$$

Недостаток – большие энергозатраты.

Повышение скорости потока вдоль мембраны до достижения турбулентного режима. При этом в потоке возникают поперечные вихри, создающие конвективный перенос жидкости от мембраны в ядро потока (замена молекулярной диффузии конвективной диффузией). Это полезно с точки зрения КП. Рассмотрим скоростное воздействие на твердую частицу, стремящуюся сесть на мембрану. На рисунке 1 схематично изображены силы, действующие на частицу у поверхности мембраны.

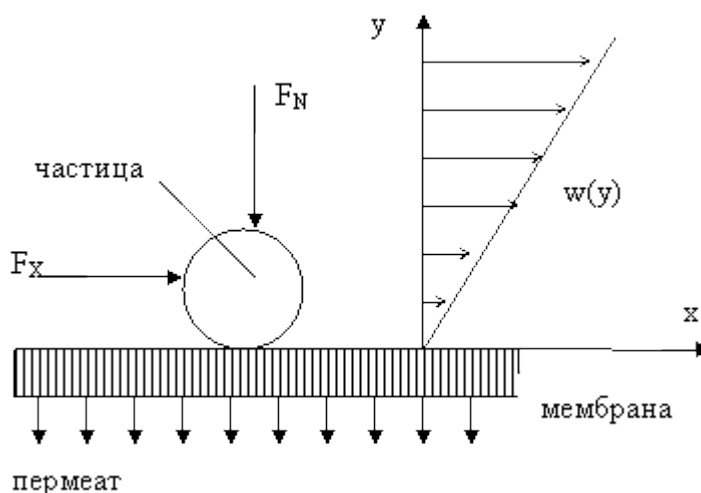


Рис.1. Схематичное изображение сил, действующих на частицу, расположенную на поверхности мембраны

Условием предотвращения осаждения частицы на мембране является неравенство:

$$F_X > k \cdot F_N \quad (2)$$

где k – коэффициент, учитывающий взаимодействие частицы с материалом мембраны (электростатическое, адгезионное и др.).

В зависимости от режима течения эпюра скоростей по нормали к мембране имеет определенный вид. Величину скорости w в вязком подслое можно вычислить для того, чтобы определить F_X . Неравенство 2 подробно записывается следующим образом:

$$\omega^2 \cdot \rho \cdot \frac{\pi d_r^2}{4} > k \cdot G^2 \cdot \rho \cdot \frac{\pi d_r^2}{4}; \quad \omega^2 > k G^2 \quad (3)$$

где G – удельная производительность мембраны, $\text{м}^3/\text{м}^2\text{с}$; ρ – плотность среды в вязком подслое.

Для предотвращения осаждения частицы на мембране продольная скорость потока в пограничном слое должна быть выше поперечной с учетом сил взаимодействия частицы с поверхностью мембраны.

Величину коэффициента взаимодействия k можно установить только экспериментально, и обычно она находится в пределах 10^3 - 10^4 .

Основной недостаток способа – низкий коэффициент концентрирования при большом объемном расходе вдоль мембраны.

Размещение над мембраной турбулизирующих вставок – гофрированных, спиральных, перфорированных. По оценкам, турбулизаторы могут увеличить коэффициент массоотдачи в 4-10 раз. На рисунке 2 показано принципиальное действие турбулизаторов в межмембранном канале.

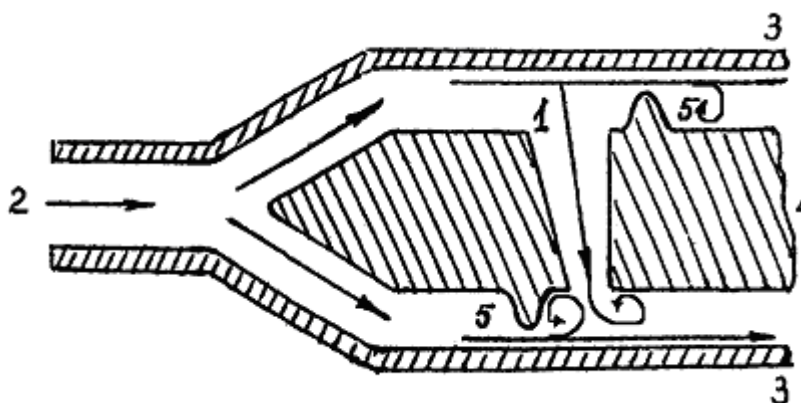


Рис.2. Турбулизирующая вставка в канале между мембранами:

1 – отверстие для перетока; 2 – вход в канал; 3 – полупроницаемые мембраны;

4 – пластина турбулизатора; 5 – дросселирующий выступ

Ведение в поток гетерогенных частиц – лучше всего пузырей газа, которые по ходу потока вибрируют и способствуют размыванию поляризационных слоев.

Применение механической вибрации инфра- и ультразвукового диапазона. Излучатель вибрации можно расположить в потоке и передавать колебания по жидкости, можно подвергать вибрации саму мембрану.

В жидкости при распространении акустической волны возникает переменное, так называемое звуковое давление, под действием которого жидкость подвергается периодическому сжатию и растяжению, что сопровождается возникновением разрывов сплошности, т.е. микропузырьков, внутри которых образуется вакуум. Это явление называется кавитацией. При сжатии пузырек «схлопывается». Кавитация способствует выравниванию концентрации по всему объему и увеличению движущей силы процесса. На рисунке 3 представлены результаты экспериментов.

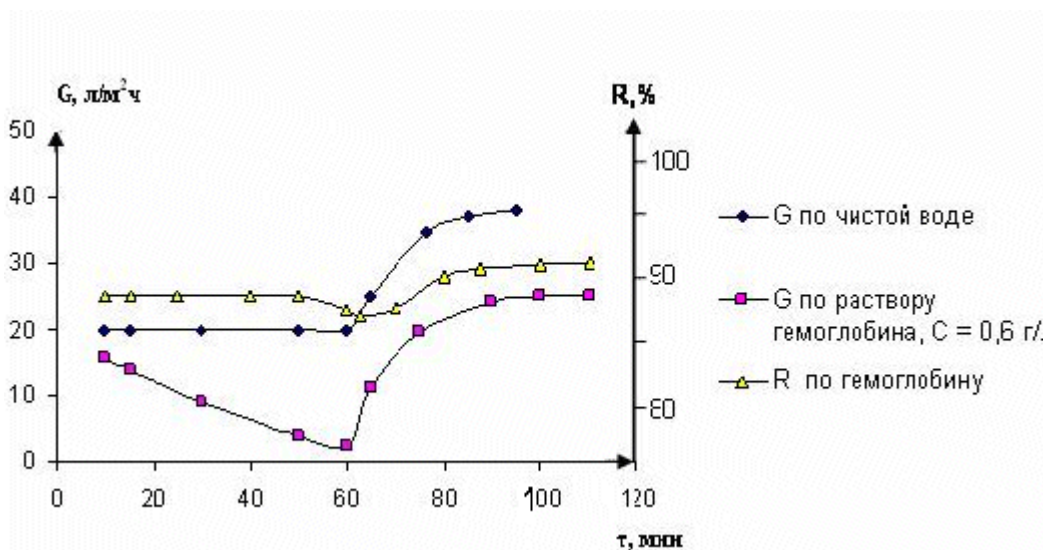


Рис.3. Влияние ультразвукового воздействия на технологические параметры мембраны марки УАМ-50 при $\Delta P = 0,15$ МПа.

Снижение G обусловлено КП. Для повышения эффективности воздействия излучатель должен быть расположен на таком расстоянии от мембраны, чтобы возникали резонансные колебания в объеме раствора.

Осциллирующие кавитационные пузырьки перемешивают слой КП, т.е. снижают C_m и уменьшают толщину δ диффузионного пограничного слоя, тем самым снижают его гидравлическое сопротивление. Изменение R незначительно (небольшой рост).

Эффективным способом снятия поляризационных явлений является движущаяся мембрана. Самый простой тип движения – вращение. Мембранный элемент выполняют в виде двухстороннего диска и вращают со скоростью 500 - 1000 об/мин. Пермеат выходит через полый вал, а между соседними мембранными дисками устанавливают неподвижные кольца-турбулизаторы (рис. 4).

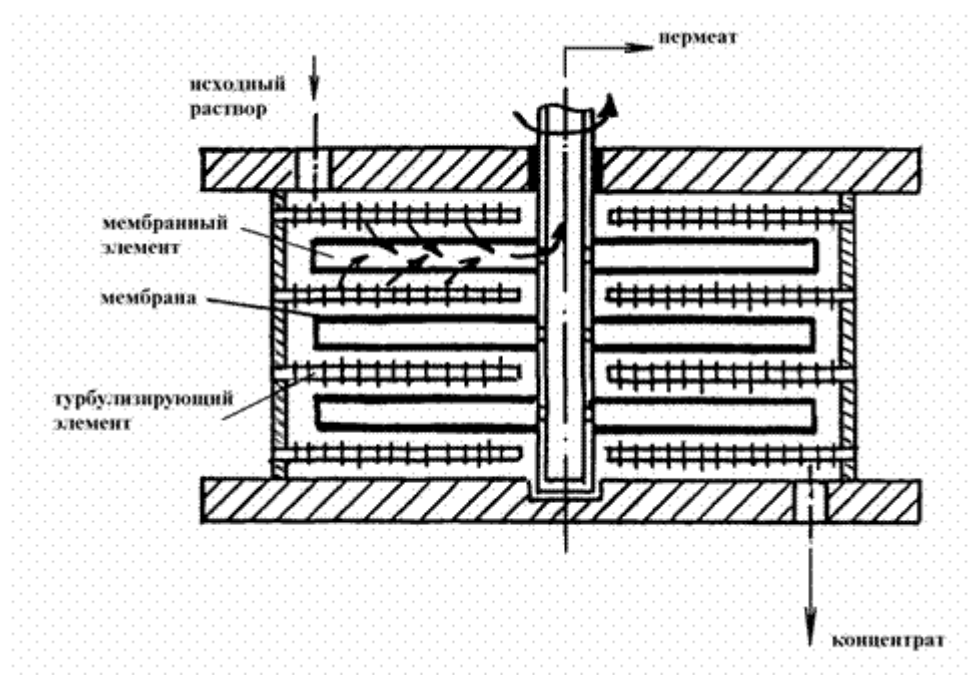


Рис. 4. Принципиальная схема разделительного аппарата с вращающимися

мембранными дисковыми элементами

В щелевых зазорах между мембраной и турбулизатором зарождаются так называемые вихри Тейлора, обеспечивающие интенсивную турбулизацию и соответствующее увеличение коэффициента массоотдачи β . Недостаток – противодействие центробежной силы внутри мембранных элементов потоку пермеата.

Более простым динамическим действием является вращение турбулизаторов над поверхностью мембраны. На рисунке 5 показано принципиальное устройство такого аппарата.

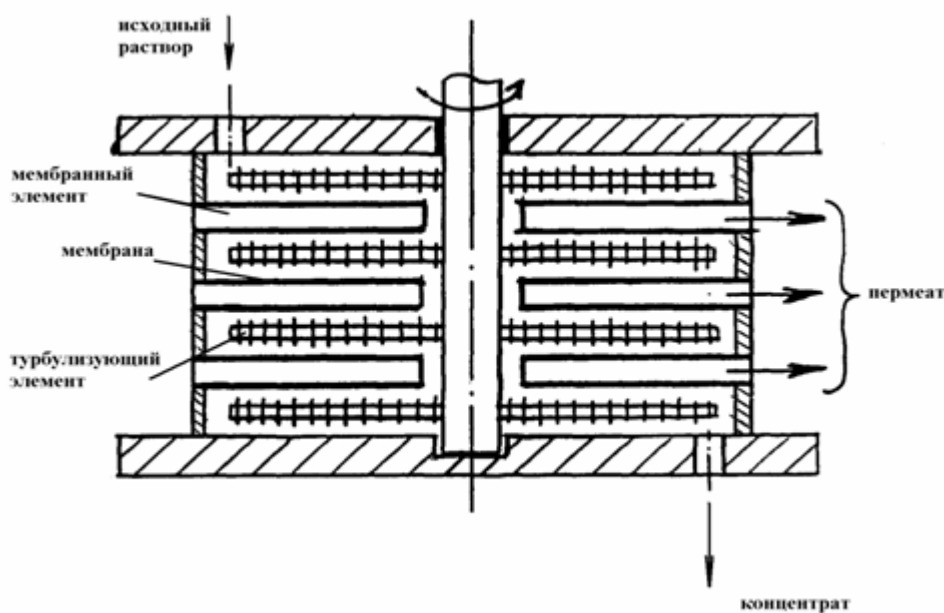


Рис. 5. Принципиальная схема разделительного аппарата

с вращающимися дисковыми турбулизаторами

Турбулизаторы выполнены в виде перфорированных дисков, при вращении которых в отверстиях возникают турбулизирующие вихри, направленные к поверхности мембран. Скорость вращения достаточно мала - 200-400 об/мин.

Способы снижения влияния поляризационных эффектов при мембранном разделении за счет периодической очистки мембран от наслоений.

Дополнение 3.7.

Способы снижения влияния поляризационных эффектов при мембранном разделении за счет периодической очистки мембран от наслоений.

1. Гидравлическая очистка обратным потоком пермеата. Речь идет о периодической подаче пермеата из-под мембраны в камеру исходного раствора. При этом в камере снимают давление, но продолжают прокачивать раствор. Схема такой очистки показана на рисунке 1.

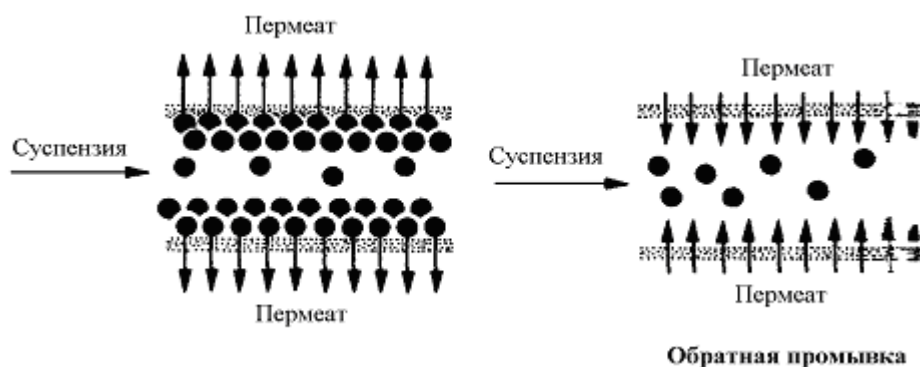


Рис.1. Принцип обратной промывки

Способ применим для мембран с высокой механической прочностью.

2. Гидравлическая очистка реверсивным потоком концентрата. Здесь речь идет о периодической смене направления движения исходного потока вдоль мембраны. Принципиальная схема осуществления способа показана на рисунке 2.

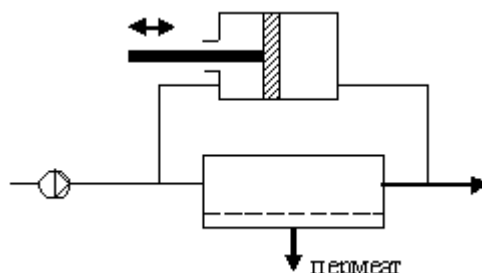


Рис.2. Очистка мембран реверсивным потоком концентрата

3. Механическая очистка мембран с помощью мягких губчатых тел, которые проталкиваются вдоль мембраны потоком исходного раствора, снимая с поверхности гелевые и осадочные образования.

4. Химическая очистка мембран периодическим заполнением межмембранных каналов химическими реагентами, растворяющими образовавшиеся отложения. Очень важно правильно выбрать моющее средство, которое не должно растворять мембрану, а также подобрать его концентрацию и режим мойки.

Очистка заключается в промывке мембран различными моющими растворами. Эффективность такой очистки обусловлена правильностью подбора реагентов, действие которых заключается в переводе отложений в растворимую форму. Для правильного подбора реагента надо знать структуру и состав загрязнений, а также стойкость мембран по отношению к этому реагенту и ее адсорбционные свойства.

Как правило, эффективная мойка проходит при сочетании нескольких реагентов. Рассмотрим их.

Неорганические и органические кислоты.

Используют соляную, серную и азотную кислоты, а также лимонную, винную, щавелевую, глюконовую и другие органические кислоты. Некоторые из них работают как растворяющие

вещества, некоторые как комплексоны, способствующие растворению. Поэтому кислотная мойка – это всегда сложный, многоступенчатый процесс с различными добавками: карбометилцеллюлоза, ПАВ, растворители органические, фториды аммония и натрия и др.

Обычно последовательность операций такая: раствор кислоты – чистая вода – раствор кислоты с комплексом – чистая вода – раствор кислоты с ПАВ – чистая вода – раствор щелочи – чистая вода. Часто промывку проводят с повышением температуры, увеличенной скоростью циркуляции, с барботированием воздуха, длительное время. Практикуют промывку под высоким давлением для очистки пор, тогда растворившиеся загрязнения проходят в дренажные каналы. Это надо учитывать при конструировании установок.

Сильнодействующие растворители.

Ограничения на их применение связаны с хим. стойкостью мембран. Поэтому хорошо отмываются керамические мембраны диоксаном, этилацетатом. Фенол, крезол, гидрохинон годятся для отмытки ацетатцеллюлозных мембран, но надо соотносить их с санитарными требованиями к получаемому продукту.

Спирты.

Метилловый, этиловый, изопропиловый спирты практически не взаимодействуют с полимерами, моют быстро и хорошо сами отмываются водой. Их моющая активность еще более усиливается, когда их смешивают с эфирами, алкиламинами, аминспиртами и ПАВ. Сами спирты – еще и гидрофилизующие вещества, в то время как почти все остальные средства уменьшают гидрофильность мембран, ее надо восстанавливать.

Поверхностно-активные вещества.

Выбор ПАВ сложен из-за их различной адсорбционной способности на поверхности мембран. В любом случае после мойки надо проводить их десорбцию, которая не всегда проходит до конца. Поэтому не рекомендуется использовать для промывки катионные ПАВ и амфолиты. Сложно работать с сильно пенящимися ПАВ. Выбор ПАВ опять же определяется требованиями к продукту.

Другие моющие средства.

Широко применяют растворы каустической соды, гипохлорид Na, щелочи, аммиачную воду, гексаметафосфат Na, суспензию активированного угля, полиэтиленгликоль и другие.

Стерилизация мембран.

Стерилизация необходима как очистка от микробного загрязнения при обработке медицинских и пищевых продуктов, а также при консервации аппаратов на срок более 5 суток.

Стерилизующих агентов много, лучший из них – водяной пар с температурой 120°C. Однако очень немногие мембраны и конструкционные элементы выдерживают эту температуру. Поэтому для химической стерилизации используют формалин (0,5-2%-ный раствор формальдегида), а также слабые растворы (pH 4,5-6) органических кислот – муравьиной, лимонной, фумаровой, уксусной, а также борной.

Эффективно действует раствор перекиси водорода (0,5-1,5%), аммиака. В зависимости от материала мембраны можно использовать различные окислители – озон, хлор и др.

Многие ПАВ обладают бактерицидным действием, поэтому от них можно получить двойной эффект. Надо только помнить, что стерилизующее действие растянуто во времени, однако имеется специальная методика расчета времени стерилизующего действия.

Примеры технологии химической регенерации мембран.

Перейдем к подробному рассмотрению химических методов очистки. Они сравнительно дороги, сопряжены с расходом химических реагентов и образованием сточных вод, могут приводить к сокращению срока службы мембран, особенно с невысокой химической стойкостью. Тем не менее, химические методы широко применяются, поскольку зачастую являются единственно эффективными. При химической очистке мембрана обрабатывается растворами веществ, которые или полностью растворяют отложения, или делают их рыхлыми, что позволяет удалять их гидродинамическими методами.

Для организации химической промывки установки обратного осмоса оснащаются промывной системой.

Промывная система включает в себя емкость, в которой готовится промывочный раствор, насос низкого давления для прокачивания промывочного раствора через мембранный аппарат. Патронный фильтр, служащий для очистки промывочного раствора от взвешенных частиц, и трубопроводы с вентилями.

Емкость обеспечивается мешалкой для быстрого растворения химреагентов, системой охлаждения (обычно змеевиком) для охлаждения циркулирующего раствора, если его температура может превысить уровень, допускаемый для обратноосмотической мембраны. Приготовление некоторых растворов сопряжено с выделением ядовитых газов. Тогда емкость обеспечивается выхлопной системой.

Промывочный раствор обычно готовится с использованием водопроводной воды или пермеата. В случае водопроводной воды следует обратить внимание, чтобы концентрация свободного хлора в ней не превышала допустимой для обратноосмотической мембраны.

Промывка выполняется в следующей последовательности. После остановки аппарата сначала рекомендуется промыть его гидродинамически сильной струей исходной воды, сбрасывая выходящий поток через линию концентрата в канализацию. Затем следует перекрыть вентили на линиях исходной воды, концентрата и пермеата. Эти линии показаны на схеме пунктиром. Далее открываются все вентили на линии циркулирующего раствора и включается насос низкого давления. С помощью вентиля перед фильтром и вентиля на байпасной линии устанавливается необходимый расход циркулирующего раствора. Как правило, это расход в 2-4 раза меньше, чем расход разделяемого раствора при нормальной работе мембранного аппарата.

Промывной раствор проходит обратноосмотический аппарат и возвращается в емкость. Сюда же направляется и пермеат, который обычно образуется на стадии промывки из-за перепада давления через мембрану, вызванного гидравлическим сопротивлением.

Циркуляция проводится от 30 минут до 1 часа, затем аппарат оставляется под заливом промывочным раствором на несколько часов, чтобы воздействовать на некоторые очень медленно растворяющиеся отложения. Затем снова проводится циркуляция, после которой аппарат вновь оставляется под заливом. Иногда, в тяжелых случаях, подобные процедуры приходится повторять и в третий, и в четвертый раз, хотя бывает и так, что аппарат вообще не требуется оставлять под заливом.

Промывку заканчивают, когда концентрация промывочного раствора перестает изменяться. Одновременно должны стать постоянными показания дифманометра, фиксирующего гидравлическое сопротивление мембранного аппарата. После этого закрывают вентили на линии промывки и открывают вентили на линиях подачи исходной воды, концентрата и пермеата, включают основной насос (на схеме не показан) и промывают аппарат сильным потоком питающей воды при низком давлении, т.е. гидродинамически. При этом выходящие из линии концентрата и пермеата растворы сливают в канализацию или линию сточных вод предприятия. Затем с помощью вентилей на линии концентрата создают нормальное рабочее давление, и когда концентрации пермеата и концентрата становятся стабильными, переводят установку в нормальный режим эксплуатации, направляя пермеат и концентрат по назначению.

Если промывка была выполнена качественно, удельная производительность и селективность восстанавливаются практически до первоначальной величины.

Очевидно, что для выбора промывочного раствора необходимо знать химический состав осадков на мембране. Наиболее правильный подход – это непосредственный анализ осадков, снятых с мембраны. Если такой возможности нет, то о природе загрязнений судят косвенно по содержанию компонентов, способных загрязнять мембрану, в растворе, подаваемом в аппарат обратного осмоса.

1. Карбонат кальция (CaCO_3). Он образует плотную, прочно скрепленную с мембраной пленку, которая может вообще изолировать предподготовку разделяемого раствора, чтобы исключить образование осадка CaCO_3 . Тем не менее, если такой осадок все таки образуется, для его растворения применяют следующие промывочные растворы:

а) HCl при $\text{pH} = 4$;

б) 2% лимонная кислота + NH_3 при $\text{pH} = 4$.

2. Сульфаты кальция, бария, стронция (CaSO_4 , BaSO_4 , SrSO_4).

Очень часто именно растворимость CaSO_4 лимитирует возможную степень концентрирования исходного раствора.

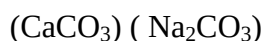
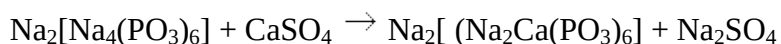
В качестве промывочных растворов применяют:

а) 2% лимонная кислота + NaOH при $\text{pH} = 7 - 8$;

б) 1% раствор гексаметафосфата натрия.

(полифосфаты, особенно часто гексаметафосфат натрия, используют обычно для умягчения воды и предотвращения образования осадков на мембране. Но иногда и в качестве промывочных растворов для растворения осадков CaSO_4 и даже CaCO_3).

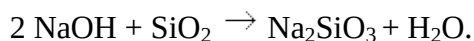
Здесь происходит следующая реакция:



3. Оксид кремния (SiO₂).

Осадок SiO₂ вызывает значительное снижение удельной производительности, особенно если в обрабатываемом растворе присутствуют многовалентные катионы.

В качестве промывочного раствора используют NaOH при pH=11. при этом происходит следующая реакция:



К сожалению многие мембраны не выдерживают щелочной раствор при pH=11, и тогда осадок SiO₂ становится серьезной проблемой.

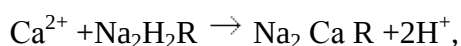
4. Оксиды металлов.

Для промывки используют следующие растворы:

- Фосфорная кислота при pH=2;
- Смесь, включающая 2% лимонной кислоты, 2% трилона Б и NH₃ при pH=4.

Трилон Б – это динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты. Он образует с различными двух- и трехвалентными катионами растворимые в воде комплексные соединения.

Реакция трилона Б, например с Ca²⁺:



где R – кислотный остаток этилендиаминтетрауксусной кислоты.

5. Смешанный осадок из CaSO₄, CaCO₃ и Fe(OH)₃.

Промывочный раствор включает в себя 0,4% трилона Б и 0,03% гидроксиламина солянокислого.

6. Неорганические коллоиды.

Промывочные растворы:

- а) 2% лимонная кислота + NH₃ при pH=4;
- б) NaOH при pH=11.

7. Осадки органических соединений.

Промывочные растворы:

- а) 1% раствор гексаметафосфата натрия;
- б) растворы детергентов (ПАВ).

3.2.4. Выбор типа мембранного аппарата.

При выполнении проекта нет необходимости конструировать мембранные аппараты, нужно обоснованно выбрать тип конструкции мембранного модуля, определить его габаритные и характеристические размеры, а также подобрать основные комплектующие детали для сборки мембранного аппарата: корпус, уплотнительные и соединительные элементы, элементы крепления и т.п.

Среди типовых конструкций мембранных модулей можно использовать следующие:

- рулонные мембранные модули;
- плоские мембранные модули;
- трубчатые мембранные модули;
- капиллярные (половолоконные) мембранные модули.

Каждый тип мембранного модуля характеризуется: плотностью упаковки в аппарате (м^2 мембраны/ м^3 аппарата), материалом дренажа, размерами напорного канала, наличием и типом турбулизатора.

Выбрав тип мембранного аппарата, необходимо из справочных материалов получить информацию об основных параметрах подходящего мембранного модуля:

- площадь мембран;
- габаритные размеры;
- рекомендуемое рабочее давление и др.

Основные типы мембранных модулей.

Дополнение 3.8.

Основные типы мембранных модулей.

Аппараты с рулонными (спиральными) мембранными модулями. Плотность упаковки мембран в таких аппаратах составляет 300—800 $\text{м}^2/\text{м}^3$ (рис. 1). Высокая удельная поверхность мембран достигается за счет спиральных мембранных элементов в виде рулонов, помещаемых в трубе или в цилиндрическом корпусе высокого давления. Спиральный мембранный элемент показан на рис. 2. Пакет из двух полупроницаемых мембран с расположенным между ними дренажным слоем в виде спирали накручивается на фильтратоотводящую трубу. Вместе с пакетом накручивается сетка-сепаратор, образующая спиральный канал, в который под давлением вводится исходный раствор. В процессе навивки спирального мембранного элемента кромки пакета для его герметизации проклеивают.

Исходный раствор течет в межмембранном канале с сеткой-сепаратором вдоль оси навивки и выходит с противоположного конца в виде концентрата. Проникший через мембраны пермеат движется по спиральному дренажному пористому слою к центральной оси и попадает в фильтратоотводящую трубу, по которой и выводится из аппарата.

Увеличение производительности аппаратов со спиральными мембранными элементами достигается максимальным развитием площади мембран за счет увеличения их ширины (до 900 мм) и длины (до 3 м), присоединения к фильтратоотводящей трубе нескольких пакетов и установки в аппарате нескольких спиральных мембранных элементов.

К достоинствам аппаратов со спиральными мембранными элементами относятся большая плотность упаковки мембран, малая металлоемкость, механизированная сборка спиральных мембранных элементов и, главное, - высокая производительность всего аппарата.

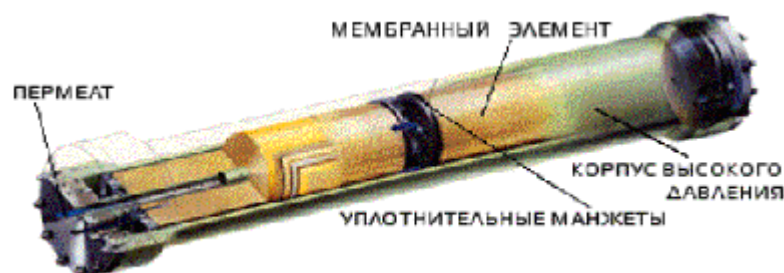


Рис.1. Конструкция аппарата со спиральным, мембранным элементом (модулем).

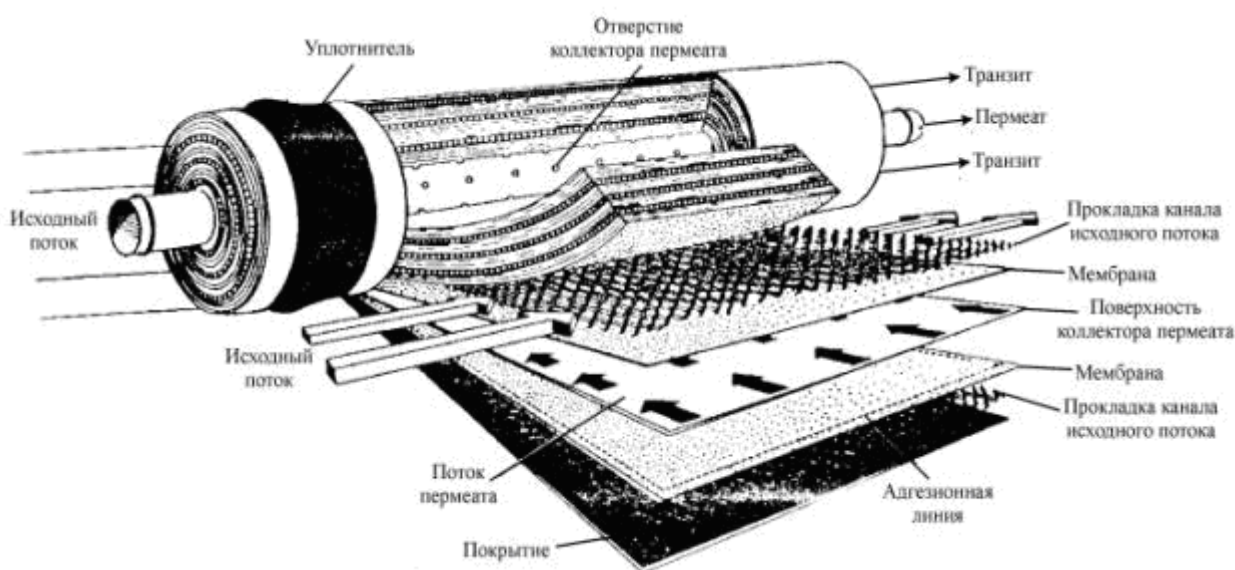


Рис.2. Схема спиральной укладки полупроницаемых мембран в спиральном мембранном элементе.

Аппараты с плоскокамерными мембранными элементами находят применение в установках небольшой производительности. Типичным является аппарат типа «фильтр-пресс», схема которого представлена на рисунке 3. Аппарат собран из мембранных элементов, каждый из которых состоит из двух мембран 1, уложенных по обе стороны плоской пористой дренажной пластины 2, предназначенной для сбора и вывода пермеата. Дренажные пластины расположены на небольшом расстоянии друг от друга (0,5—5 мм), образуя камеры 3 для протока разделяемого раствора. Пакет фильтрующих элементов зажимается между двумя крышками 4, 5 и стягивается болтами или шпильками 6. Исходный раствор последовательно перетекает через все камеры, концентрируется и в виде концентрата выводится из аппарата. Прошедший через мембраны пермеат поступает в пористые дренажные пластины и через коллектор 7 выводится из аппарата.

Эффективность работы аппарата зависит не только от мембран, но и в значительной степени от материала дренажных пластин, которые служат для восприятия высокого давления и отвода пермеата. В качестве дренажных пластин используют металлические и пластмассовые листы с фрезерованными и высверленными каналами для отвода пермеата; пористые (спрессованные из порошков) металлические, пластмассовые и керамические листовые материалы; тканые материалы из натуральных, искусственных, синтетических и металлических волокон; различные виды бумаги, фетра и войлока; всевозможные сочетания перечисленных материалов.

Аппараты типа «фильтр-пресс» просты в изготовлении, удобны в монтаже и эксплуатации, в них легко произвести замену мембран. К недостаткам следует отнести лишь относительно невысокую удельную площадь мембран ($60\text{--}300\text{ м}^2/\text{м}^3$) и ручную сборку и разборку аппарата.

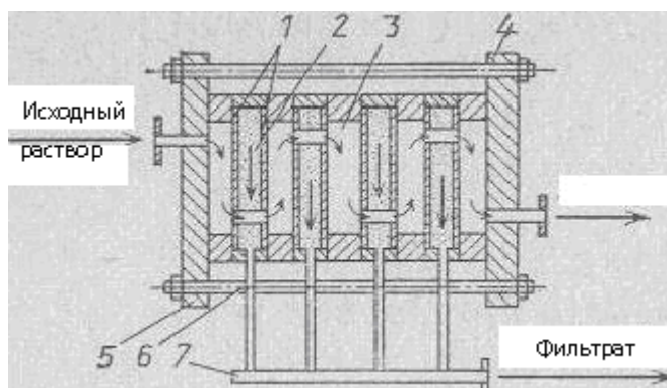


Рис. 3. Схема аппарата с плоскокамерными мембранными элементами типа «фильтр-пресс»:

1- мембраны; 2- пористые пластины; 4,5,- крышки; 6- шпильки; 7-коллектор

Разновидностью аппаратов этого типа являются аппараты с кассетными мембранными модулями (рис. 4).

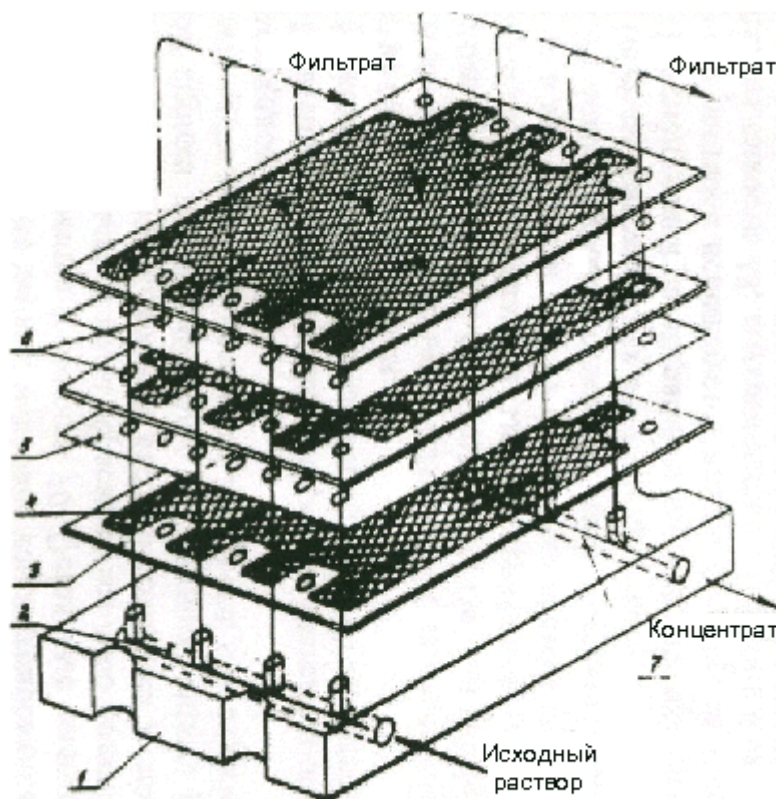


Рис. 4. Разрез кассетного мембранного аппарата.

Аппараты этого типа были разработаны с целью создания развитого гидродинамического режима потока разделяемой смеси в примембранном слое, за счет формирования каналов малой высоты.

Форма мембранных элементов – прямоугольная, что заметно сокращает количество отдыхов при раскраивании материалов. Вторым преимуществом этой формы и конструкции аппарата в целом является равномерное распределение потока по поверхности мембраны за счет коллекторов ввода и вывода раствора в мембранном элементе (рис. 5).

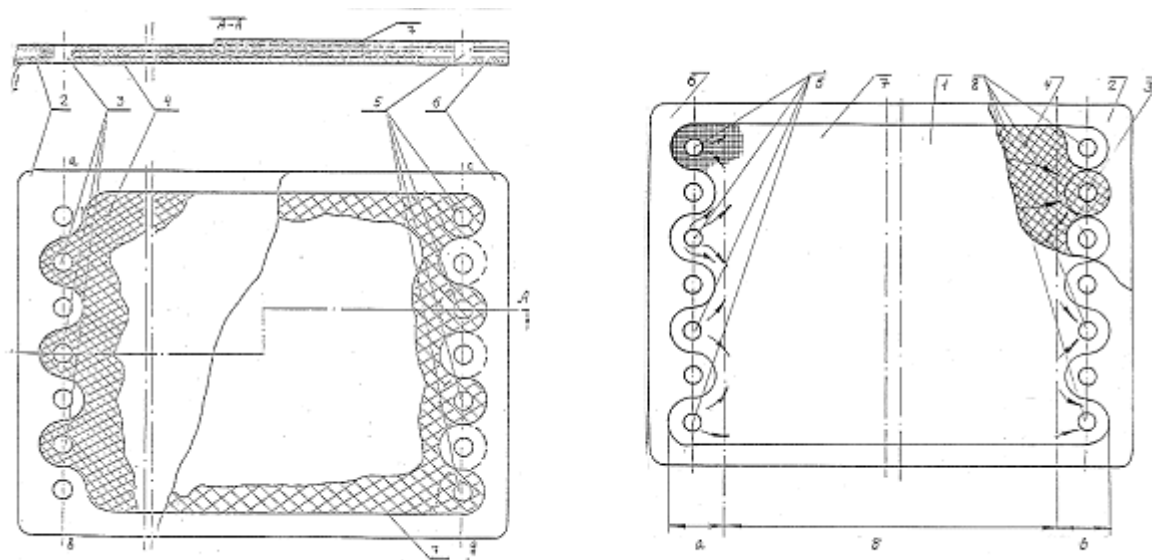


Рис. 5. Конструкция мембранных элементов и промежуточных пластин.

Мембранный модуль (кассета) состоит из собранных в стопку мембранных элементов 1 и промежуточных пластин 2. В мембранных элементах, состоящих из двух мембран и дренажной сетки, и промежуточных пластин по краям выполнены два ряда коллекторных отверстий. Отверстия через одно по синусоиде окружены герметизирующей пропиткой, внедренной в ячейки дренажных сетов и сеток промежуточных пластин. В собранном виде отверстия образуют коллекторы для ввода исходного раствора и отвода пермеата и концентрата.

Общая герметизация кассеты или аппарата, содержащего несколько кассет (модулей) осуществляется двумя фланцами и четырьмя стягивающими шпильками.

Применение распределительных коллекторов позволило организовать параллельную работу всех фильтрующих элементов, составляющих кассет, что обусловило низкое гидравлическое сопротивление аппарата. Количество фильтрующих элементов, составляющих кассету, определяется технологическими потребностями. Их может быть до 50 штук.

Аппараты с трубчатыми мембранными элементами. Схема такого аппарата представлена на рисунке 6. Основным узлом является изготовленная из керамики, металлокерамики, пластмассы или металлической ткани пористая труба 1, на внутренней поверхности которой расположена полупроницаемая мембрана. Внутри трубы под давлением подают исходный раствор, который, проходя по трубе, концентрируется и выводится из аппарата в виде концентрата. Фильтрат, проникая через мембрану и пористую каркасную трубу, вытекает из межтрубного пространства и собирается в сборник 2. Давление исходного раствора создается насосом 3, а сброс давления при выводе концентрата из аппарата осуществляется дросселем 4.

Трубчатый мембранный элемент (рисунок 7) состоит из полупроницаемой мембраны 1, дренажного каркаса, изготовленного из пористой трубы 2, и дренажной прокладки 3,

предотвращающей вдавливание мембраны в каналы пористой трубки и ее разрыв под действием давления рабочей смеси.

К недостаткам аппаратов с трубчатыми мембранными элементами следует отнести более сложный монтаж трубчатых элементов, чем у «фильтр-прессов», и сравнительно невысокую удельную площадь мембран, равную $60\text{--}200\text{ м}^2/\text{м}^3$.

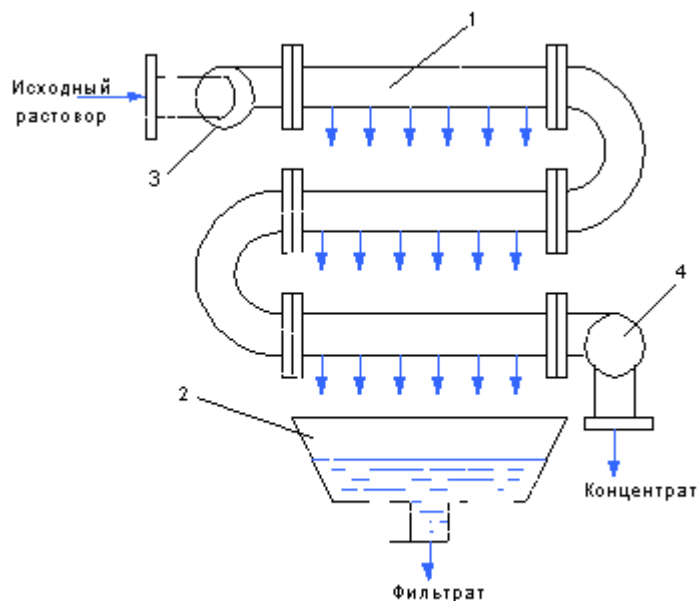


Рис. 6. Схема аппарата с трубчатыми мембранными элементами:

1 - пористая каркасная труба; 2 - сборник фильтрата; 3 - насос; 4 - турбина.

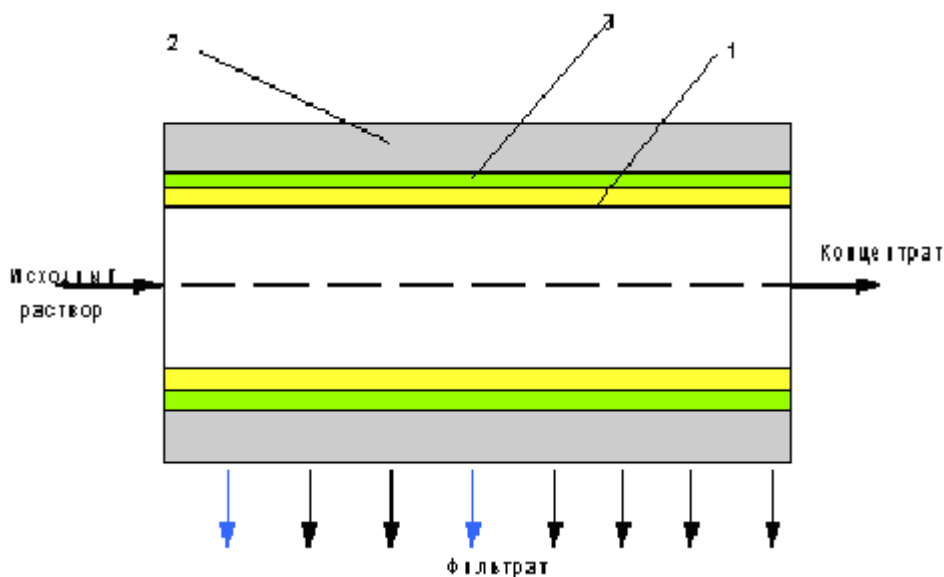


Рис. 7. Трубчатый элемент с мембраной внутри пористой трубки:

1 - полупроницаемая мембрана; 2 - пористая трубка; 3 - дренажная прокладка.

Аппараты с мембранами в виде полых волокон. Аппараты с мембранами в виде полых волокон или капилляров занимают особое место, так как имеют очень высокую плотность укладки полупроницаемых мембран, равную 20 000—30 000 м²/м³. Это достигается использованием мембран в виде полых волокон малого диаметра (45—200 мкм) с толщиной стенки 10—50 мкм. Полые волокна-мембраны способны выдержать рабочее давление, равное десяткам мегапаскалей, поэтому аппараты с такими мембранами не требуют дренажных и поддерживающих устройств, что значительно снижает капитальные затраты, упрощает их сборку и эксплуатацию.

В аппаратах с мембранами в виде полых волокон предусматривается подача исходного раствора с наружной поверхности волокон или внутрь капилляра полого волокна. Следовательно, фильтрат в данных аппаратах отводится по капилляру полого волокна или собирается с наружной поверхности волокон.

Разработано много конструкций аппаратов с мембранами в виде полых волокон. Рассмотрим устройство и принцип действия таких аппаратов на примере конструкции мембранного полуволоконного модуля с укладкой волокон на опорную трубу (рисунок 8) состоящего из корпуса, полуволоконной упаковки на опорной перфорированной трубе, штуцеров, уплотнителей, клеевых блоков, крышек и уплотнительных колец. Такая конструкция позволяет работать разделителю как в горизонтальном, так и в вертикальном положении, при подаче исходной смеси как внутрь, так и снаружи волокон. Для подачи снаружи волокон исходную смесь направляют в перфорированную трубу, откуда она подается в межволоконное пространство. Проникая внутрь волокон и обогащаясь легкопроницающим компонентом, смесь выходит через патрубок верхней и нижней крышек модуля. Непроницаемая смесь, обедненная легкопроницающим компонентом, отводится через боковой патрубок.

Аппараты с мембранами в виде полых волокон компактны и высокопроизводительны. Например, один аппарат диаметром 240 мм и длиной 1220 мм с U-образными мембранными элементами в виде полых волокон позволяет получать 50 м³ в сутки чистой воды, что недостижимо при таких габаритах в аппаратах других типов.

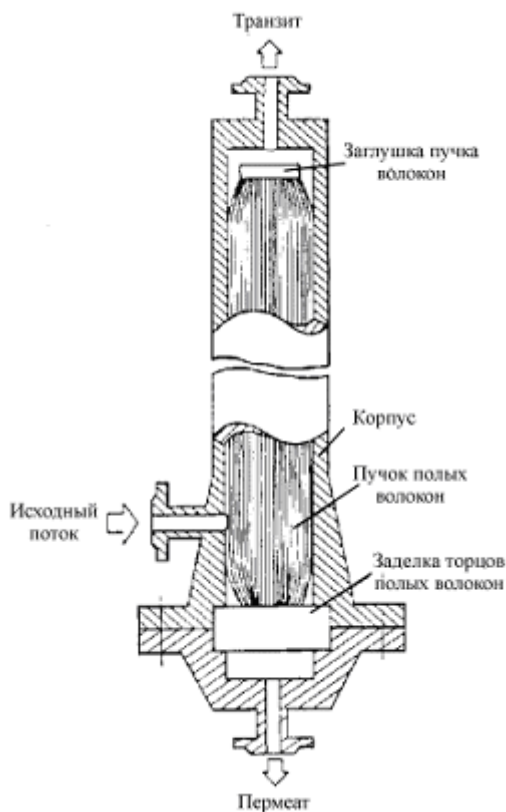


Рис. 8. Конструкционная схема аппарата с мембранами в виде полых волокон.

Каталог доступных мембранных модулей.

Дополнение 3.9.

Каталог доступных мембранных модулей.

Рулонные модули.

	2	3	4	5	6
	Марка	Производительность по чистой воде, м ³ /ч	Габариты, мм мм	Фирма	Площадь мембран в модуле, м ² , примечание
Ультрафильтрационные мембранные модули					
	ЭРУ-П(20000)	0,20	100x508	ЗАО НТЦ «Владипор»	Отсечка по молекулярной массе – 20000 и 50000 Дальтон, на основе мембран УПМ и УФМ
	ЭРУ-П(20000)	0,40	100x1016	-//-	-//-
	ЭРУ-П(50000)	0,40	100x508	-//-	-//-
	ЭРУ-П(50000)	0,80	100x1016	-//-	-//-
	РТ1 PS полисульфон (5000-10000)	0,2-3,16	51-211 x 660- 1016	GE Osmonics	0,84-33,4 м ²
	РТ1 САцетатцеллюлоза	0,11-2,5	51-211 660- 1016	-//-	-//-
	РТ1 VF фтороуглерод	0,45-6,04	51-211 x 660- 1016	-//-	-//-
	РТ2 PS полисульфон (10000-20000)	0,23-3,78	51-211 x 660- 1016	-//-	-//-
	РТ2 САцетатцеллюлоза	0,12-3,5	51-211 x 660- 1016	-//-	-//-
0	РТ2 VF фтороуглерод	0,37-4,54	51-211 x 660- 1016	-//-	-//-
1	РТ3 PS полисульфон (50000-100000)	0,21-4,0	51-211 x 660- 1016	-//-	-//-
2	РТ3 САцетатцеллюлоза	0,22-3,83	51-211 x 660- 1016	-//-	-//-
Нанофильтрационные мембранные модули					
3	ЭРН-Б	0,008	45x350	ЗАО НТЦ «Владипор»	На основе мембран типа ОФМН и АМНП
	ЭРН-КП	0,45	100x1016	-//-	-//-

4					
5	ЭРН-КП	2,00	200x1016	-//-	-//-
6	ЭРН-КП	0,40	96x950	-//-	-//-
7	NF70-4040	0,347	99x1016	«Filmtec»	
8	NF90-4040	0,268	99x1016	-//-	7,6
9	NF270-400	1,969	201x1016	-//-	40-60
0	NF90-400	1,622	201x1016	-//-	37
1	NF300 (PA) полиамид	0,036-1,52	51-211 x 660-1020	«GEOsmo nics»	0,93-34,7 м ²
2	NF100 (CA) ацетатцеллюлоза	0,036-1,45	51-211 x 660-1020	-//-	-//-
3	4040S	0,467	99x1016	Fluid Systems	
4	8921S-365	1,103	99x1016	-//-	
5	8921S-400	1,26	99x1016	-//-	
6	8040-TS80-TSA	1,26	200x1016	«Trisep»	
7	ESNA1-4040	0,331	99x1016	Hydranaut ics	
8	ESNA1	1,575	99x1016	-//-	

Обратноосмотические мембранные модули

9	ЭРО-Б	0,01	45x310	ЗАО НТЦ «Владипор»	-//-
0	ЭРО-КН	0,25	100x1016	-//-	-//-
1	ЭРО-КН	1,00	200x1016	-//-	-//-
2	ЭРО-КН	0,20	96x950	-//-	-//-
3	ЭРО-КНИ	0,40	100x1016	-//-	-//-
4	ЭРО-КНИ	1,70	200x1016	-//-	-//-
5	ЭРО-К	0,40	100x1016	-//-	-//-
6	ЭРО	0,15	100x1016	-//-	-//-
7	ЭРО	0,70	200x1016	-//-	-//-
	ЭРО-КМ	0,23	100x1016	-//-	-//-

8					
9	ЭРО-КМ	0,20	96x950	-//-	-//-
0	ЭРО-КМ-МО	0,08	100x1016	-//-	-//-
1	ЭРО	0,06	96x475	-//-	-//-
2	ЭРО	0,18	96x950	-//-	-//-
3	ЭРО	0,07	100x475	-//-	-//-
4	ЭРО	0,21	100x1016	-//-	-//-
5	Osmo ^R ацетатцеллюлоза	0,033-4,1	50,8-203,2 x660,4-1524	GE Osmonics	
6	Osmo ^R полиамид	0,035-1,8	50,8-203,2 x660,4-1524	-//-	
7	Fastek TM ацетатцеллюлоза	0,0025-0,06	38,1-63,5 x3355,6-1016	-//-	
8	Fastek TM полиамид	0,0099-0,32	45,72-101,6 x355,6-1016	-//-	
9	Desal TM ацетатцеллюлоза	0,0028-1,26	38,1-203,2 x304,8-1016	-//-	
0	30 Desal TM полиамид	0,0028-1,65	38,1-203,2 x304,8-1016	-//-	
1	TW30-2540	0,102	61x1016	Filmtec	2,6
2	TW30HP-4040	0,441	99x1016	-//-	
3	XLE-4021	0,173	99x533	-//-	3,3
4	BW30-2540	0,102	61x1016	-//-	2,6
5	BW30LE-4040	0,441	99x1016	-//-	7,6
6	SW30-2521	0,032	61x533	-//-	1,2
7	SW30HR-380	0,933	201x1016	-//-	35
8	SC-2540-ULP	0,118	61x1016	Fluid Systems	
9	SC-4040-HF	0,504	99x1016	-//-	
0	4820ULP	0,276	99x1016	-//-	
1	SC-4040-HF-FRP	0,504	99x1016	-//	
	SC-5540-HP-FRP	0,118	61x1016	-//-	

2					
3	SC-4040-HF-FRP	0,504	99x1016	-//-	
4	8822HR-365	1,50	201x1016	-//-	
5	8821ULP-400	1,339	201x1016	-//-	
6	SC-2540-SW-FRP	0,082	61x1016	-//-	
7	1820SS	0,173	99x1016	-//-	
8	4040-ACM2-TST	0,362	99x1016	Trisep	
9	4040ACM3-TST	0,41	99x1016	-//-	
0	4040-X201-TSA	0,268	99x1016	-//-	
1	8040-ACM2-TSA	1,418	201x1016	-//-	
2	8040-ACM3-TSA	1,516	201x1016	-//-	
3	8040-ACM4-TSA	2,205	201x1016	-//-	
4	8040-X201-TZA	1,181	201x1016	-//-	
5	ESPA1-2540	0,118	61x1016	Hydranautics	
6	ESPA1-4040	0,41	99x1016	-//-	
7	ESPA2-4040	0,3	99x1016	-//-	
8	ESPA3-4040	0,473	99x1016	-//-	
9	CPA2-4040	0,354	99x1016	-//-	
0	CPA2-365	1,575	201x1016	-//-	
1	CPA2-400	1,733	201x1016	-//-	
2	CPA3	1,733	201x1016	-//-	
3	CPA4	0,945	201x1016	-//-	
4	ESPA1	1,89	201x1016	-//-	
5	ESPA2	1,418	201x1016	-//-	
6	ESPA3	2,363	201x1016	-//-	

7	SWC1-2540	0,063	61x1016	-//-	
8	SWC2-2540	0,079	61x1016	-//-	
9	SWC1-4040	0,173	99x1016	-//-	
0	SWC2-4040	0,221	99x1016	-//-	
1	SWC1	0,788	201x1016	-//-	
2	SWC2	0,977	201x1016	-//-	
3	SWC3	0,929	201x1016	-//-	

Трубчатые модули.

2	3	4	5	6	7
Марка	Производительность по чистой воде, м ³ /ч	Габариты	Число трубок в модуле, шт.	Фирма	Примечание
Ультрафильтрационные мембранные модули					
БТУ-АЦ	0,15	60x2000	7	ЗАО НТЦ «Владипор»	
БТУ-ПС	0,30	60x2000	7	-//-	
БТУ-ПСА	0,60	60x2000	7	-//-	
БТУ-ПА 6,6	0,45	60x2000	7	-//-	
БТУ-ПВХ	0,30	60x2000	7	-//-	
БТУ-Ф	0,70	60x2000	7	-//-	
Микрофильтрационные мембранные модули					
БТМ-ПС	0,20	60x2000	7	ЗАО НТЦ «Владипор»	
БТМ-ПС	0,25	60x2000	7	-//-	
БТМ-ПСА	0,30	60x2000	7	-//-	
0 БТМ-ПСА	0,60	60x2000	7	-//-	
1 БТМ-Ф	0,25	60x2000	7	-//-	
2 БТМ-Ф	0,60	60x2000	7	-//-	

Половолоконные модули.

	2	3	4	5	6	7
	Марка	Производительность по фильтрату, мл/мин(м ³ /ч)	Габариты	Внутренний диаметр, мм	Фирма	Площадь поверхности мембран, м ²
	B1-1.3Н полиметилметакрилат	1000(0,06)		200	Toray	1,3
	B1-2.1Н полиметилметакрилат	1000(0,06)		200	-//-	2,1
	B3-0.8А полиметилметакрилат	1000(0,06)		200	-//-	0,8
	B3-1.3А полиметилметакрилат	1000(0,06)		200	-//-	
	TS-1.3S полисульфон	1000(0,06)		200	-//-	1,3
	TS-2.1SL полисульфон	1000(0,06)		200	-//-	2,1
	TS-1.3U полисульфон	1000(0,06)		200	-//-	1,3
	TS-2.1UL полисульфон	1000(0,06)		200	-//-	2,1
	FW50-RVC-FUC1582 Ацетатцеллюлоза	(4 - 5)		0,8	Rochem	50
0	bio 100	200 - 500		200	Фирма HELBIO	1,0
1	bio 120	200 – 500		200	-//-	1,2
2	bio 140	200 – 500		200	-//-	1,4
3	bio 160	200 – 500		200	-//-	1,6
4	bio 180	200 – 500		200	-//-	1,8
5	bio 200	200 - 500		200	-//-	2,0
6	Syn+ 100	200 - 500		200	-//-	1,0
7	Syn+ 100	200 – 500		200	-//-	1,2
8	Syn+ 100	200 – 500		200	-//-	1,4

9	Syn+ 100	200 – 500		200	-//-	1,6
0	Syn+ 100	200 – 500		200	-//-	1,8
1	Syn+ 100	200 - 500		200	-//-	2,0

3.2.5. Выбор технологической схемы блока мембранного разделения.

Установки мембранного разделения жидких смесей классифицируются по типу осуществляемого процесса, по назначению, по режиму работы, по кратности циркуляции, по числу ступеней и по организации потока разделяемой смеси.

По типу осуществляемого процесса различают установки обратного осмоса, ультрафильтрации, испарения через мембрану и т.д.

По назначению различают промышленные и опытные установки для опреснения, для концентрирования растворов, очистки сточных вод и т.д.

По режиму работы установки делятся на непрерывные и периодические. Большинство промышленных мембранных установок являются установками непрерывного действия.

По кратности циркуляции различают прямоточные и циркуляционные установки.

Принципиально существуют два способа проведения процессов мембранного разделения – тупиковый и проточный (рис. 3.2).

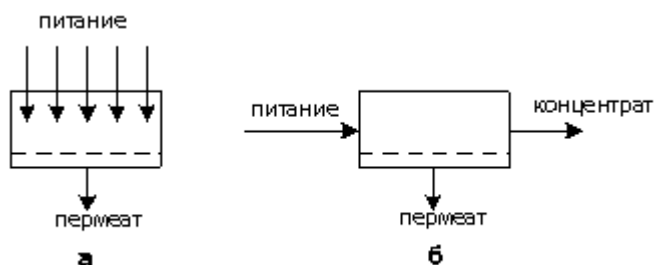


Рис. 3.2. Два способа мембранного разделения – тупиковый (а) и проточный (б)

Тупиковый используют редко, в основном на патронных мембранных элементах, хотя при введении регенерации мембран с помощью гидравлического удара обратным током пермеата со сбросом порции загрязнений из аппарата такой способ возможен и в других случаях.

При организации проточного процесса необходимо учитывать следующие обстоятельства:

1 – по длине аппарата объемный расход разделяемого потока уменьшается за счет оттока пермеата. Пропорционально уменьшается линейная скорость жидкости вдоль мембраны и усиливается влияние КП;

2 – по длине аппарата концентрация задерживаемых мембраной компонентов растет, пропорционально повышается и концентрация их в пермеате;

3 – по длине аппарата давление над мембраной падает из-за гидравлического сопротивления в напорном канале, соответственно снижается движущая сила процесса;

4 – глубокое концентрирование раствора требует каскадной схемы соединения аппаратов;

5 – глубокая очистка раствора требует многоступенчатой схемы соединения аппаратов.

В проточных схемах используют две конфигурации потоков – прямоточную и циркуляционную (рис. 3.3).

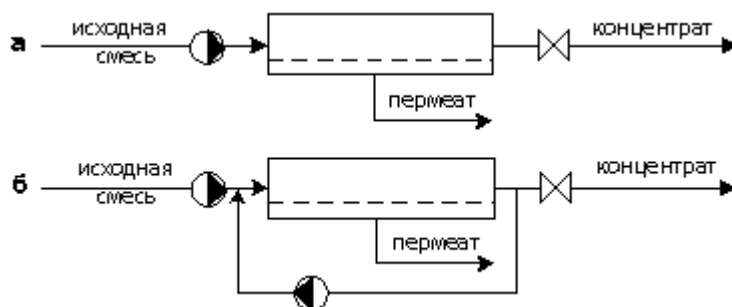


Рис. 3.3. Принципиальная схема прямоточной (а) и циркуляционной (б) установок.

В прямоточной установке разделяемая смесь однократно проходит через напорный канал мембранного аппарата (или аппаратов, если их несколько), в циркуляционном – многократно, для чего предусмотрен специальный циркуляционный контур с насосом. Циркуляционные установки применяются, когда крайне необходимо обеспечить высокую скорость потока в напорном канале (например, чтобы не происходило образование геля на мембране в процессе ультрафильтрации).

По числу ступеней установки подразделяются на одноступенчатые и многоступенчатые. При этом под ступенью понимается часть технологической схемы процесса мембранного разделения, в котором происходит однократное проникновение вещества через мембрану. Многоступенчатые установки используются, когда одноступенчатый процесс не обеспечивает выполнения требований к качеству разделения. На рис. 3.4. показан простейший вариант многоступенчатой установки на примере двухступенчатого процесса.

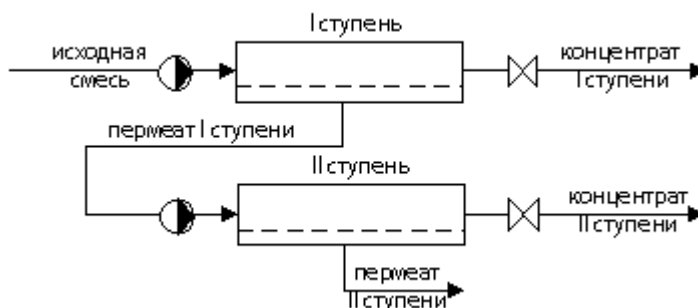


Рис. 3.4. Принципиальная схема двухступенчатой установки.

По организации потока разделяемой смеси различают секционированные и несекционированные установки. В секционированных установках все аппараты группируются по секциям, в каждой из которых аппараты соединены параллельно, но сами секции соединены последовательно. Секционирование позволяет поддерживать среднюю линейную скорость потока в напорном канале аппаратов на одном достаточно высоком уровне благодаря тому, что по мере

сокращения расхода разделяемой смеси из-за перехода части потока в пермеат соответственно уменьшается число аппаратов в секции (см. рис. 3.5).

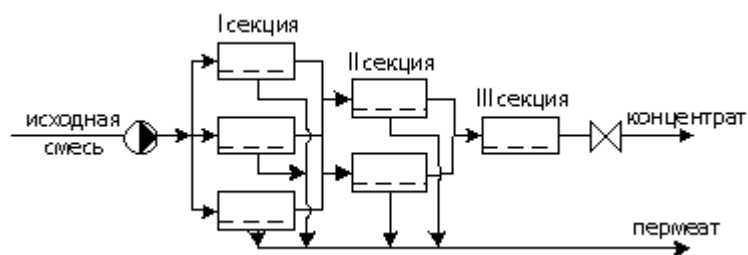


Рис. 3.5. Принципиальная схема трёхсекционной мембранной установки.

В циркуляционной схеме необходимая скорость потока достигается за счет циркуляционного насоса, установленного на обводной линии. Условно такая схема ближе к аппаратам идеального смешения. Основным для учета здесь является обстоятельство №2 – рост концентрации. Фактически во всем объеме циркуляционного контура находится концентрат, что понижает эффективность очистки пермеата. Решить эту проблему можно, если использовать циркуляционную схему из нескольких последовательных секций, снабдив каждую собственным циркуляционным контуром, как это показано на рисунке 3.6.

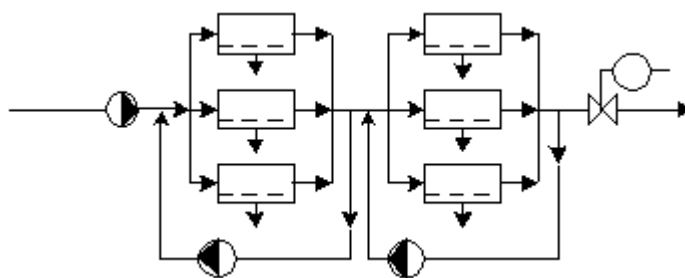


Рис. 3.6. Многосекционная циркуляционная схема

Каскадные транзитные схемы чаще используются в установках обратного осмоса при обессоливании воды, когда нет необходимости добиваться глубокого концентрирования исходного раствора. Циркуляционные схемы более гибки, поэтому им отдается предпочтение в установках микро- и ультрафильтрации, где обычно наблюдаются интенсивные отложения на мембранах.

В крупных промышленных установках, содержащих десятки и сотни мембранных аппаратов с модулями различных конструкций, когда концентрация раствора повышается иногда в десятки раз, проведение секционирования является совершенно необходимым.

Дело в том, что в прямоточных схемах при параллельном соединении всех аппаратов получаются низкие линейные скорости в напорном канале, что приводит к большой величине концентрационной поляризации, и, главное, будет происходить резкое снижение скорости по ходу потока из-за выхода пермеата, что помимо роста величины концентрационной поляризации вызовет образование на мембране осадков малорастворимых соединений и отложения на ней взвешенных микрочастиц. Все это приведет к значительному снижению удельной производительности и наблюдаемой селективности мембран, быстрому выходу их из строя.

При последовательном же соединении большого числа аппаратов будет чрезмерно большим гидравлическое сопротивление напорного канала, к тому же применяемые в аппаратах модули

обычно рассчитаны на перепад давления порядка 0,1 – 0,2 МПа и выходят из строя при превышении этих величин.

3.2.6. Расчет мембранных установок.

Расчет мембранной установки проводится, когда выбраны, установлены или приняты следующие исходные данные:

- тип мембран;
- влияние внешних воздействий на технологические параметры мембран, прежде всего – давления, температуры, концентрации и скорости раствора – на удельную производительность по целевому компоненту;
- тип мембранного аппарата;
- технологическая схема установки.

Цель расчета:

- определить требуемую площадь мембран и, соответственно, требуемое количество мембранных модулей и аппаратов для обеспечения заданной производительности;
- провести секционирование установки (при необходимости);
- определить гидравлические потери напора и, соответственно, расход энергии на проведение процесса разделения.

Расчет первого приближения проводим в следующем порядке.

Из уравнений материального баланса определяем общий расход пермеата:

$$W_{\Pi} = W_0 - W_K = W_0 \cdot \left[1 - \left(\frac{C_K}{C_0} \right)^{-\frac{1}{R}} \right] \quad (3.10)$$

где W_0 – расход раствора на разделение, C_0 – концентрация этого раствора, W_K – расход концентрата, C_K – концентрация концентрата, R – задерживающая способность мембраны по целевому компоненту.

Затем находим требуемую рабочую площадь мембран, считая в первом приближении удельную производительность как среднюю арифметическую величину между ее значениями при начальной и конечной концентрациях:

$$F_P = \frac{W_{\Pi}}{G_{\Phi}} \quad (3.11)$$

Далее определяем число выбранных мембранных модулей, зная площадь мембран в каждом, и число мембранных аппаратов, зная или задавшись количеством модулей в аппарате:

$$n_{mod} = \frac{F_P}{F_{mod}} \quad (3.12)$$

$$N_{app} = \frac{n_{mod}}{n_{app}} \quad (3.13)$$

где F_{mod} – площадь мембран в одном модуле; n_{app} – количество модулей в аппарате.

После этого проводится уточненный расчет установки в зависимости от выбранной ее технологической схемы:

- прямоточные каскадные установки с секционированием;
- установки с циркуляционным контуром;
- установки многоступенчатые;
- установки с диафильтрацией.

3.2.7. Расчет гидравлического сопротивления напорных и дренажных каналов.

Расчет гидравлического сопротивления прежде всего необходим для нахождения давления, которое должен развивать насос для подачи раствора в мембранный аппарат, и последующего выбора насоса. Кроме того, от гидравлического сопротивления зависит фактическая величина избыточного давления в аппарате, а ее нужно знать при механических расчетах (определение толщины стенок корпуса, фланцев и т.п.), при оценке возможного уплотнения мембран, в ряде случаев – для корректировки величины удельной производительности и селективности мембран.

Развиваемое насосом давление Δp_H расходуется в баромембранных процессах на создание перепада рабочего давления через мембрану Δp_M , во всех случаях – на преодоление гидравлического сопротивления потоку разделяемого раствора в аппарате Δp_α и потоку пермеата в дренаже Δp_D , а также на компенсацию потерь давления на трение и местные сопротивления в трубопроводах и арматуре Δp_L и подъем раствора на определенную геометрическую высоту Δp_T :

$$\Delta p_H = \Delta p_M + \Delta p_\alpha + \Delta p_D + \Delta p_L + \Delta p_T \quad (3.14)$$

Величина Δp_M выбирается на основании паспортных данных мембран, концентрации раствора и с учетом других обстоятельств, изложенных в литературе. Величина Δp_L рассчитывается по формулам, известным из общего курса «Процессы и аппараты химической технологии». Величина Δp_T определяется монтажными условиями в цеху. Расчет Δp_α и Δp_D определяется выбранным типом мембранных модулей и аппаратов.

3.3. Расчет и выбор вспомогательного оборудования.

Задача данного этапа проектирования – расчет основных потребных характеристик каждого вида вспомогательного оборудования, выбор их типа и определение их количества для оснащения проектируемого производства.

Исходными данными для расчета являются:

- результаты расчета материального баланса;
- результаты расчета теплового баланса;
- данные по кинетике химических, массообменных и теплообменных процессов, полученные из литературы или из предварительных НИР.

При выборе оборудования необходимо учитывать:

- единичную мощность;
- габариты и массу;
- стойкость конструкционных материалов к разрушительному действию среды;
- энергопотребление;
- стоимость;
- условия эксплуатации.

Выбор типа оборудования производится по каталогам, справочной литературе, рекламным материалам.

Вспомогательным оборудованием в нашем проектировании мы будем называть все немембранное оборудование, независимо от протекающих в нем процессов.

Основной потребной характеристикой вспомогательного оборудования назовем количественное выражение его функциональной способности.

Проектанту необходимо провести объективный расчет каждой единицы вспомогательного оборудования в том ограниченном объеме, который будет достаточен для выбора конкретного агрегата из имеющейся базы.

В последующем тексте и в дополнительных разделах Вы найдете подсказки – что такое ограниченный объем расчетов. Рассмотрим отдельно каждый вид оборудования.

3.3.1. Емкостное оборудование.

В технологических схемах необходимо предусмотреть емкости-хранилища для исходных и получаемых продуктов. При непрерывном процессе производства емкости делают небольшими из расчета 1,5-2-х часового хранения. Для жидкостей устанавливают цистерны (баки), для сыпучих продуктов – бункеры, для газов – газгольдеры. Назначение: усреднять составы материалов и иметь небольшой буферный запас на случай кратковременного ремонта, перерывов в подаче энергии. Без промежуточных емкостей невозможно обеспечить сочетания периодических и непрерывных стадий производства в технологической схеме.

[Рекомендации по подбору емкостей.](#)

Рекомендации по подбору емкостного оборудования.

Дополнение 3.16.

Рекомендации по подбору емкостного оборудования.

Прежде всего, выбирается тип емкости. Они могут быть различной формы:

- цилиндрические вертикальные с плоским днищем (используются для длительного хранения жидкостей без избыточного давления);
- цилиндрические вертикальные с коническим днищем (используются для хранения вязких жидкостей, суспензий, обеспечивают быстрое и полное опорожнение);
- цилиндрические вертикальные с эллиптическим днищем и крышкой (используются для хранения жидкостей под избыточным давлением);
- шаровые (используются для хранения газов под избыточным давлением);
- цилиндрические вертикальные с эллиптическими торцевыми крышками (используются для транспортировки жидкостей);
- прямоугольные (квадратные) вертикальные с плоским или трапециидальным днищем (используются для хранения чистых жидкостей при необходимости экономии производственных площадей).

Емкости снабжены: нижними сливами, штуцерами для заполнения, воздушниками, люками-лазами для осмотра и чистки, штуцерами для размещения приборов – уровнемеров, манометров, термометров и т.д., иногда встроенными теплообменниками.

Для установки емкостей в цехах используют:

- ровные площадки для плоскостонных емкостей;
- приваренные к емкости ноги-подставки или юбки – для агрегатов с коническим и эллиптическим днищем;
- специальные ложементы – для цилиндрических горизонтальных емкостей.

Для сыпучих продуктов используют цилиндрические или прямоугольные бункеры со скошенным днищем, с помощью которого продукт выгружается самотеком.

Расчет емкостей проводится по уравнению:

$$V_{\text{рас}} = W \cdot \tau \quad (1)$$

где W – объемный расход жидкости, τ – время пребывания жидкости в емкости.

Геометрический объем емкости больше рабочего на 10-15%, из чего и производят выбор подходящей емкости из имеющихся в распоряжении.

3.3.2. Насосы.

Перемещение жидкости по трубопроводам и аппаратам связано с преодолением сил трения, местных сопротивлений, с затратами энергии на подъем жидкости с низшего на высший уровень, а также с созданием избыточного давления в аппаратах. Для этой цели применяют насосы – гидравлические машины, преобразующие механическую энергию двигателя в энергию перемещаемой жидкости.

Конструкции насосов классифицируются в соответствии со способами передачи энергии жидкости:

- в центробежных и лопастных насосах кинетическая энергия сообщается жидкости с помощью вращающихся лопастей;
- в поршневых, плунжерных, перистальтических и шестеренчатых насосах энергия передается путем периодического изменения объема рабочих камер;
- в струйных насосах для передачи энергии используется кинетическая энергия струи.

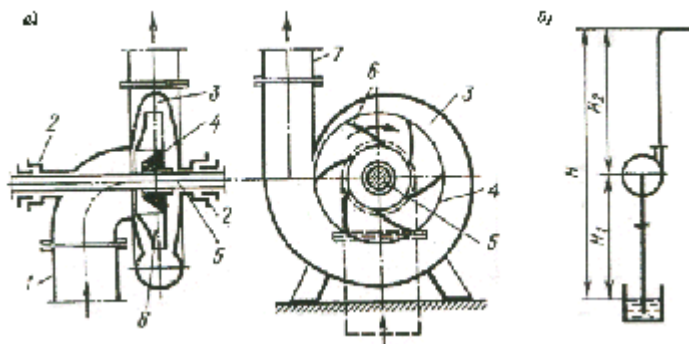


Рис.3.7. Центробежный насос:

а – схема насоса: 1 – всасывающий штуцер, 2 – сальник, 3 – корпус с каналом, 4 – рабочее колесо, 5 – вал, 6 – лопасти рабочего колеса, 7 – нагнетательный штуцер;

б – схема установки насоса: H – полная высота подачи, H_1 – высота всасывания, H_2 – высота нагнетания.

Исходя из функционального назначения насоса, определяющими параметрами считают подачу и напор (давление).

Подача – это объем жидкости, подаваемый насосом в единицу времени, выраженный в м³/час или л/мин.

Напор – это разность удельных энергий жидкости в сечениях после и до насоса, выраженная в метрах водяного столба. В насосах объемного типа используется понятие "давление", выраженное в атмосферах или мегапаскалях (1 МПа = 10 атм.).

Расчет насосов проводится для их правильного выбора.

Выбор насосов проводится по каталогам фирм-производителей.

Совет доброжелателя: не экономьте на насосах. Цена их невысока, а удобств они создают много.

3.3.3. Теплообменники.

Теплообменники – это самый распространенный вид оборудования в технологических схемах химических, нефтеперерабатывающих, пищевых и других производств. Их доля по стоимости иногда достигает 40%.

Требования к промышленным теплообменникам весьма широки: компактность, высокий коэффициент теплопередачи, малое гидравлическое сопротивление, возможность очистки и мойки теплообменной поверхности и др.

Интенсивностью процесса или удельной тепловой производительностью теплообменного аппарата называется количество тепла, передаваемого в единицу времени через единицу поверхности теплообмена при заданном температурном режиме.

Интенсивность процесса теплообмена характеризуется коэффициентом теплопередачи K . На интенсивность и эффективность влияют также форма поверхности теплообмена; эквивалентный диаметр и компоновка каналов, обеспечивающие оптимальные скорости движения сред; средний температурный напор; наличие турбулизирующих элементов в каналах; оребрение и т.д. Кроме конструктивных методов интенсификации процесса теплообмена существуют режимные методы, связанные с изменением гидродинамических параметров и режима течения жидкости у поверхности теплообмена. Режимные методы включают: подвод колебаний к поверхности теплообмена, создание пульсаций потоков, вдувание газа в поток либо отсос рабочей среды через пористую стенку, наложение электрических или магнитных полей на поток, предотвращение загрязнений поверхности теплообмена путем сильной турбулизации потока и т.д.

Процессы теплообмена осуществляются в теплообменных аппаратах различных типов и конструкций. По принципу действия эти аппараты делят на:

- рекуперативные (поверхностные);
- регенеративные;
- смешительные.

В рекуперативных аппаратах – рекуператорах - теплоносители разделены стенкой и тепло передается от одного теплоносителя к другому через эту разделяющую стенку.

В регенеративных аппаратах – регенераторах - одна и та же поверхность твердого тела омывается попеременно различными теплоносителями. При омывании твердого тела одним из теплоносителей оно нагревается за счет его тепла; при омывании твердого тела другим теплоносителем оно охлаждается, передавая тепло последнему. В регенераторах, кроме теплоносителей, обменивающихся теплом, необходимо наличие твердых тел, которые воспринимают тепло от одного теплоносителя и аккумулируют его, а затем отдают другому.

В смешительных аппаратах передача тепла происходит при непосредственном соприкосновении и смешении теплоносителей. Смешительные теплообменники проще по конструкции, чем поверхностные: тепло в них используется полнее. Но они пригодны лишь в тех случаях, когда по технологическим условиям производства допустимо смешение рабочих сред.

Проектанту предстоит выбрать [тип теплообменника](#), [рассчитать](#) потребную площадь теплообмена и расход теплоносителя, [подобрать подходящую модель из каталогов](#) и определить количество аппаратов.

Конструкции промышленных теплообменников.

Дополнение 3.19.

Конструкции промышленных теплообменников.

В зависимости от конструктивного выполнения поверхности теплообмена рекуператоры разделяют на несколько типов:

- [кожухотрубчатые](#).

Это наиболее распространенный в химической технике тип теплообменной аппаратуры. Они допускают создание больших поверхностей теплообмена в одном аппарате, просты в изготовлении и надежны в работе.

Основными элементами кожухотрубчатых теплообменников являются пучки труб, трубные решетки, корпус, крышки, патрубки. В кожухотрубчатом теплообменнике (рис.1) одна из обменивающихся теплом сред 1 движется внутри труб (в трубном пространстве), а другая 2 – в межтрубном пространстве.

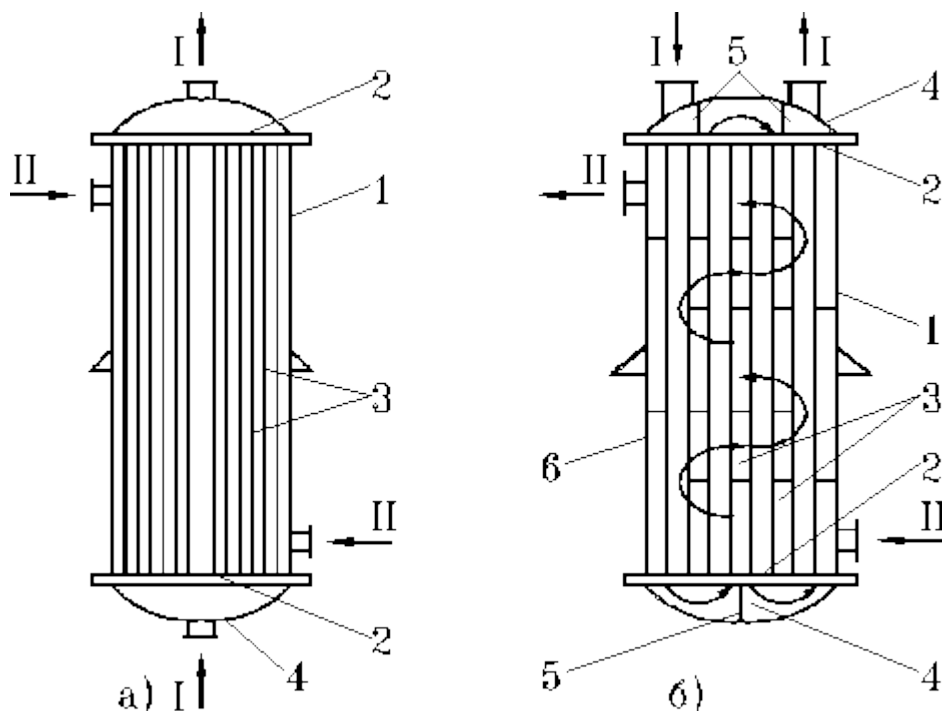


Рис. 1 - Кожухотрубчатые одноходовой а) и многоходовой б) теплообменники.

1 - корпус (обечайка); 2 - трубные решетки; 3 - трубы; 4 - крышки;

5 - перегородки в крышках; 6 - перегородки в межтрубном пространстве.

Трубы в решетках обычно равномерно размещают по периметрам правильных шестиугольников, т.е. по вершинам равносторонних треугольников (рис. 2а), реже применяют размещение труб по концентрическим окружностям (рис. 2б). В отдельных случаях, когда необходимо обеспечить удобную очистку наружной поверхности труб, их размещают по периметрам прямоугольников (рис. 2в). Все указанные способы размещения труб преследуют одну цель - обеспечить возможно более компактное размещение необходимой площади теплообмена внутри аппарата. В большинстве случаев наибольшая компактность достигается при размещении трубок по периметрам правильных шестиугольников.

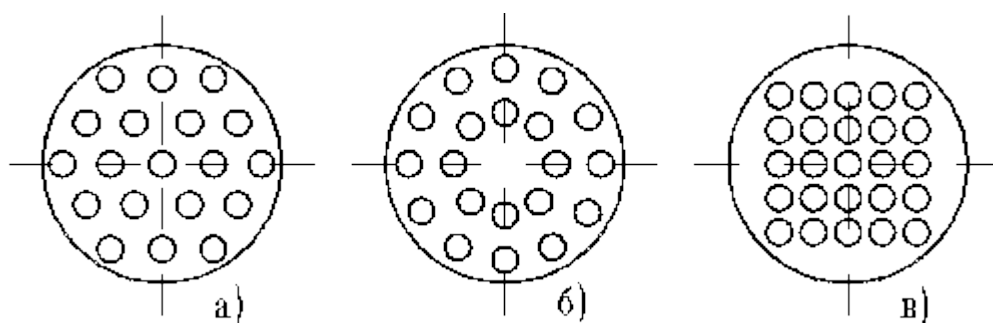


Рис. 2 - Способы размещения труб в теплообменниках.

а) по периметрам правильных шестиугольников; б) по концентрическим окружностям;

в) по периметрам прямоугольников (коридорное расположение).

- двухтрубчатые.

Теплообменники этого типа состоят из ряда последовательно соединенных звеньев (рис. 3). Каждое звено представляет собой две соосные трубы. Для удобства чистки и замены внутренние трубы обычно соединяют между собой "калачами" или коленами. Двухтрубные теплообменники, имеющие значительную площадь нагрева, состоят из ряда секций, параллельно соединенных. Пар, как правило, направляют в межтрубное (кольцевое) пространство. Такие теплообменники часто применяют как жидкостные или газо-жидкостные. Подбором диаметров внутренней и наружной труб можно обеспечить обеим рабочим средам, участвующим в теплообмене, необходимую скорость для достижения высокой интенсивности теплообмена.

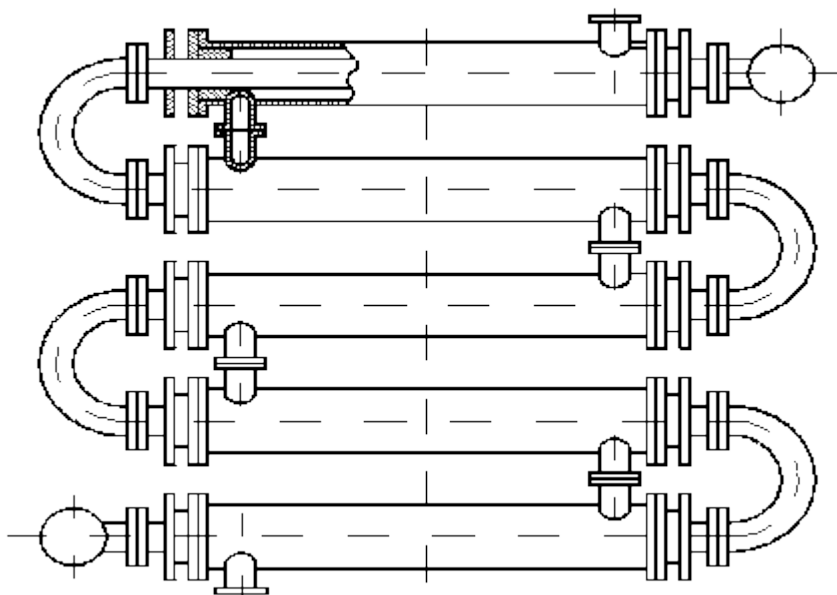


Рис. 3 - Теплообменник типа "труба в трубе".

Преимущества двухтрубного теплообменника: высокий коэффициент теплопередачи, пригодность для нагрева или охлаждения сред при высоком давлении, простота изготовления, монтажа и обслуживания.

Недостатки двухтрубного теплообменника: громоздкость, высокая стоимость вследствие большого расхода металла на наружные трубы, не участвующие в теплообмене, сложность очистки кольцевого пространства.

- погружные.

Теплообменники этого типа состоят из плоских или цилиндрических змеевиков, погруженных в сосуд с жидкой рабочей средой. Вследствие малой скорости омывания жидкостью и низкой теплоотдачи снаружи змеевика погружные теплообменники являются недостаточно эффективными устройствами. Их целесообразно использовать, когда жидкая рабочая среда находится в состоянии кипения или имеет механические включения.

- спиральные.

В спиральном теплообменнике (рис. 4) поверхность теплообмена образуется двумя металлическими листами 1 и 2, свернутыми по спирали. Внутренние концы листов приварены к глухой перегородке 3, а их наружные концы сварены друг с другом. С торцов спирали закрыты установленными на прокладках плоскими крышками 4 и 5. Таким образом внутри аппарата образуются два изолированных один от другого спиральных канала (шириной 2–8 мм), по которым, обычно противоток, движутся теплоносители.

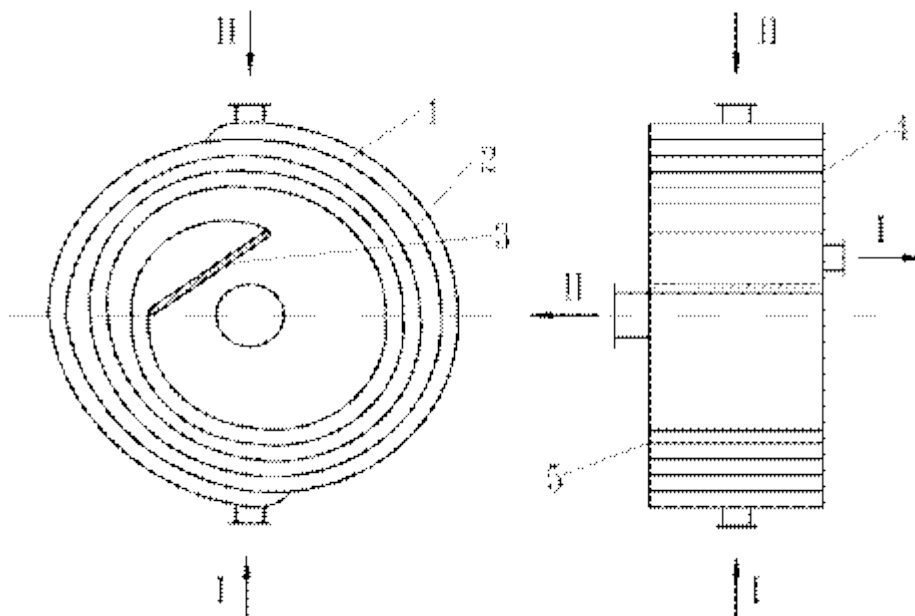


Рис. 4 - Спиральный теплообменник.

1, 2 - листы, свернутые в спирали; 3 - перегородка; 4, 5 - крышки.

Спиральные теплообменники весьма компактны, работают при высоких скоростях теплоносителей (для жидкостей 1–2 м/с) и обладают при равных скоростях сред меньшим гидравлическим сопротивлением, чем трубчатые теплообменники различных типов. Вместе с тем эти аппараты сложны в изготовлении и работают при ограниченных избыточных давлениях, не превышающих 10 ат, так как намотка спиралей затрудняется с увеличением толщины листов;

кроме того, возникают трудности при создании плотного соединения между спиралями и крышками.

- пластинчатые.

В последнее время распространены пластинчатые разборные теплообменники, отличающиеся интенсивным теплообменом, простотой изготовления, компактностью, малыми гидравлическими сопротивлениями, удобством монтажа и очистки от загрязнений.

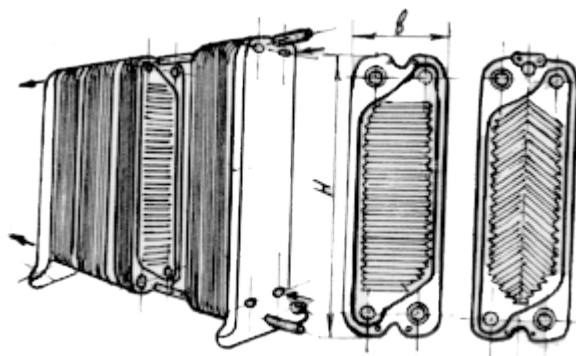


Рис. 5 - Пластинчатый теплообменник.

Эти теплообменники состоят из отдельных пластин, разделенных резиновыми прокладками, двух концевых камер, рамы и стяжных болтов (рис. 5). Пластину штампуют из тонколистовой стали (толщина 0,7 мм). Для увеличения поверхности теплообмена и турбулизации потока теплоносителя проточную часть пластин выполняют гофрированной или ребристой, причем гофры могут быть горизонтальными или расположены 'в елку' (шаг гофр 11,5; 22,5; 30 мм; высота 4 - 7 мм).

Методика расчета теплообменных аппаратов.

Дополнение 3.20.

Методика расчета теплообменных аппаратов.

Требуется определить: 1) физические параметры и скорости движения теплоносителей; 2) расход нагревающего или охлаждающего теплоносителя на основании теплового баланса; 3) движущую силу процесса, т.е. среднюю разность температур; 4) коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи; 5) площадь теплопередачи;

Теплопередача между теплоносителями существенно изменяется в зависимости от физических свойств и параметров теплообменивающихся сред, а также от гидродинамических условий движения теплоносителей.

В задании на проектирование заданы рабочие среды (теплоносители), начальные и конечные их температуры. Нужно определить среднюю температуру каждой среды и при этой температуре найти по справочным таблицам значения их физических параметров.

Среднюю температуру среды можно приближенно определить как среднее арифметическое из начальной t_n и конечной t_k температур.

Основными физическими параметрами рабочих сред являются: плотность, вязкость, удельная теплоемкость, коэффициент теплопроводности, температура кипения, скрытая теплота испарения или конденсации и др.

При выборе теплообменной аппаратуры надо стремиться к обеспечению таких скоростей потоков теплоносителей, при которых коэффициенты теплоотдачи и гидравлические сопротивления были бы экономически выгодными.

Выбор целесообразной скорости имеет большое значение для хорошей работы теплообменного аппарата, так как с увеличением скорости значительно возрастают коэффициенты теплоотдачи и уменьшается площадь теплообмена, т.е. аппарат имеет меньшие конструктивные размеры. Одновременно с повышением скорости увеличивается гидравлическое сопротивление аппарата, т.е. расход электроэнергии на привод насоса, а также опасность гидравлического удара и вибрации труб. Минимальное значение скорости определяется достижением турбулентного движения потока {для легко подвижных, маловязких жидкостей критерий Рейнольдса $Re > 10000$).

Средняя скорость движения среды определяется из уравнений объемного расхода:

$$w_{\text{ср}} = \frac{V}{S}, \text{ м/с}; \quad w_{\text{м}} = \frac{G}{S}, \text{ кг/(м}^2 \text{ с)}, \quad (1)$$

где $w_{\text{ср}}$ – средняя линейная скорость, м/с; V – объемный расход, м³/с; S – площадь сечения потока, м²; $w_{\text{м}}$ – средняя массовая скорость, кг/(м²/с); G – массовый расход, кг/с.

Для применяемых диаметров труб (57, 38 и 25 мм) рекомендуется принимать скорость жидкостей 1,5 - 2 м/с, не выше 3 м/с, нижний предел скорости для большинства жидкостей составляет 0,3 м/с. Для вязких жидкостей турбулентность потока достигается при значительно больших скоростях, поэтому при расчетах приходится допускать слаботурбулентный или даже ламинарный режим.

Для газов при атмосферном давлении допускаются массовые скорости 15 - 20 кг/(м² с), нижний предел 2 - 2,5 кг/(м²с), а линейные скорости до 25 м/с; для насыщенных паров при конденсации рекомендуется задаваться скоростью до 10 м/с.

Тепловые балансы теплообменных аппаратов.

Тепловой расчет начинается с определения тепловой нагрузки аппарата и расхода греющего или охлаждающего теплоносителя. Тепловой нагрузкой называется количество тепла, переданного от горячего теплоносителя к холодному. Очевидно, что

$$Q = Q_{\text{гор}} = Q_{\text{хол}} \quad (2)$$

В зависимости от заданного процесса тепловые балансы имеют различный вид.

Уравнение теплового баланса в общем виде можно записать в виде равенства

$$Q_{\text{прих}} = Q_{\text{расх}} \quad (3)$$

- для холодильников:

$$Q_{гор} = G_{гор} \cdot c \cdot (t_1 - t_2) \quad (4)$$

$$Q_{хол} = G_{хол} \cdot c_e \cdot (t'' - t') \quad (5)$$

где $G_{гор}$ – расход горячего теплоносителя, кг/с; c – средняя удельная теплоемкость горячего теплоносителя, Дж/(кг град); (для газа $c = c_p$); t_1 и t_2 – начальная и конечная температуры горячего теплоносителя, град; $G_{хол}$ – расход охлаждающей воды, кг/с; c_e – средняя удельная теплоемкость охлаждающей воды, Дж/(кг град); t'' и t' – температура охлаждающей воды на выходе из аппарата и на входе в аппарат, град.

Из уравнения теплового баланса определяется расход охлаждающей воды (кг/с):

$$G_{хол} = G_{гор} \cdot \frac{c \cdot (t_1 - t_2)}{c_e \cdot (t'' - t')} \quad (6)$$

- для подогревателей:

Нагрев одного из теплоносителей происходит за счет конденсации греющего водяного насыщенного пара:

$$Q_{прих} = D \cdot (i_1 - i_2); \quad Q_{раск} = G_c \cdot (t_2 - t_1) \quad (7)$$

где D – расход греющего пара, кг/с; i_1 – теплосодержание (или энтальпия) греющего пара (находится из таблиц насыщенного водяного пара), Дж/кг; i_2 – теплосодержание конденсата, Дж/кг; G_c – расход нагреваемого вещества, кг/с; c – удельная теплоемкость нагреваемого вещества, Дж/(кг град); t_1 и t_2 – начальная и конечная температуры вещества, град.

Уравнение теплового баланса

$$Q_{прих} = Q_{раск} + Q_{пот} \quad (8)$$

где $Q_{пот}$ – потери тепла от стенок аппаратов в окружающую среду, Вт.

Из практики известно, что потери тепла составляют 2 - 3 % от подведенного тепла $Q_{прих}$ и учитываются коэффициентом $\eta = 0,97 - 0,98$:

$$D \cdot (i_1 - i_2) \cdot \eta = G_c \cdot (t_2 - t_1) \quad (9)$$

Тогда расход греющего пара (кг/с)

$$D = \frac{G_c \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}{(i_1 - i_2) \cdot \eta} \quad (10)$$

- для испарителей:

Нагрев холодного теплоносителя производится с изменением его агрегатного состояния, т.е. жидкость переходит в пар, в то же время горячий теплоноситель (например, насыщенный пар), отдавая тепло, также изменяет агрегатное состояние – конденсируется:

$$Q_{\text{прих}} = D \cdot (i_1 - i_2); \quad Q_{\text{расх}} = Q_1 + Q_2 + Q_{\text{ном}} \quad (11)$$

где Q_1 – тепло, израсходованное для нагрева холодного теплоносителя до температуры кипения, Вт; Q_2 – тепло, затраченное для испарения кипящей жидкости, Вт.

$$Q_1 = G \cdot c \cdot (t_s - t_1); \quad Q_2 = G \cdot r \quad (12)$$

где G – расход холодного теплоносителя, кг/с; c – удельная теплоемкость теплоносителя, Дж/(кг град), t_s – температура кипения холодного теплоносителя, град; t_1 – начальная температура холодного теплоносителя, град; r – скрытая теплота парообразования теплоносителя, Дж/кг.

Уравнение теплового баланса

$$D \cdot (i_1 - i_2) \cdot \eta = G \cdot c \cdot (t_s - t_1) + G \cdot r \quad (13)$$

Расход греющего пара (кг/с)

$$D = \frac{[G \cdot c \cdot (t_s - t_1) + G \cdot r]}{(i_1 - i_2) \cdot \eta}$$

(14)

- для конденсаторов:

В этих аппаратах происходит процесс охлаждения горячего теплоносителя с изменением агрегатного состояния. Например, технологическое вещество - пары этилового спирта, охлаждаясь, конденсируются и жидкий этиловый спирт выходит с заданной температурой t_2 . Тепло от горячего теплоносителя чаще всего отводится холодной водой:

$$Q_{\text{расх}} = Q_1 + Q_2 + Q_3; \quad Q_{\text{расх}} = W \cdot c_w \cdot (t'' - t') \quad (15)$$

где Q_1 – тепло, выделяющееся при охлаждении перегретых паров от $t_{\text{п.п.}}$ до насыщенного состояния $t_{\text{н.п.}}=t_s$, Вт; Q_2 – тепло, выделяющееся при конденсации насыщенного пара, Вт; Q_3 – тепло, выделяющееся при охлаждении горячей жидкости от t_s до заданной температуры t_2 , Вт; W – расход охлаждающей воды, кг/с; c_w – удельная теплоемкость воды, Дж/(кг град).

$$Q_1 = G \cdot c_p \cdot (t_{\text{п.п.}} - t_s); \quad Q_2 = G \cdot r; \quad Q_3 = G \cdot c \cdot (t_s - t_2) \quad (16)$$

где G – расход горячего теплоносителя, кг/с; c_p – удельная теплоемкость при постоянном давлении для перегретого пара, Дж/(кг град); r – скрытая теплота конденсации горячего теплоносителя, Дж/кг; c – удельная теплоемкость горячего теплоносителя Дж/(кг град). Уравнение теплового баланса

$$G \cdot c_p \cdot (t_{н.л.} - t_{х.л.}) + G \cdot r + G \cdot c \cdot (t_1 - t_2) = W \cdot c_e \cdot (t'' - t') \quad (17)$$

Если охлаждающая вода попадает в межтрубное пространство и внешние стенки аппарата имеют температуру, мало отличающуюся от температуры окружающей среды, то тепловые потери ничтожно малы и их не учитывают.

Из уравнения (17) определяем расход охлаждающей воды (кг/с):

$$W = \frac{G \cdot c_p \cdot (t_{н.л.} - t_{х.л.}) + G \cdot r + G \cdot c \cdot (t_1 - t_2)}{c_e \cdot (t'' - t')} \quad (18)$$

Если в процессе теплообмена есть дополнительные условия, осложняющие процесс, например, дополнительный приход или расход тепла за счет химической реакции или превращения вещества, то их нужно учесть в тепловом балансе.

Движущая сила теплообмена.

Расчет температурного режима теплообменного аппарата состоит из определения средней разности температур, вычисления средних температур теплоносителей (рабочих сред), а также определения температуры стенок аппарата.

При расчете температурного режима теплообменника необходимо сначала установить характер изменения температуры теплоносителей, выбрать схему их движения так, чтобы получить большую среднюю разность температур. Это обеспечивает самые благоприятные условия теплопередачи и минимальную температуру стенок аппарата.

Направления движения теплоносителей могут быть прямоточными, противоточными, с перекрестным и смешанным токами. Лучшие результаты дает противоточное движение, поэтому во всех теплообменных аппаратах, где это возможно, создают противоток движения теплоносителей.

Прямоток – параллельное движение теплоносителей в одном направлении (рис. 1). Для определения движущей силы находим разность температур на концах теплообменника:

$$\Delta t_H = t_1' - t_2'; \quad \Delta t_K = t_1'' - t_2'' \quad (19)$$

где t_1' и t_1'' начальная и конечная температуры первой среды, град; t_2' и t_2'' второй среды, град.

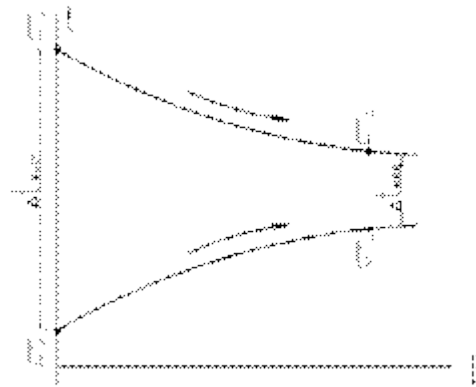
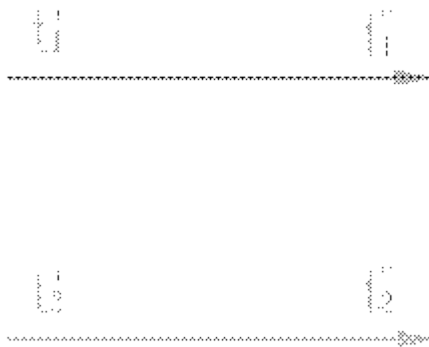


Рис. 1 - Прямоточное движение теплоносителей. Рис. 2 - График изменения температуры среды при проточном режиме.

Затем находим отношение большей разности температур к меньшей. Если температура рабочих сред вдоль поверхности теплообмена F изменяется незначительно, т.е. отношение

$\frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}} < 2$, то среднюю разность температур определяют как среднее арифметическое из температурных разностей:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\text{н}} - \Delta t_{\text{к}}}{2} \quad (20)$$

Противоток – параллельное движение теплоносителей в противоположных направлениях. Среднюю разность температур противотока можно определить в той же последовательности, что и для проточного, используя формулу 20.

Коэффициент теплопередачи.

Коэффициент теплопередачи зависят от коэффициентов теплоотдачи, т.е. от свойств теплоносителей и режимов их движения в теплообменнике, а также от термического сопротивления стенки и загрязнений. Все эти параметры рассчитываются по известным методикам из курса процессов и аппаратов. Для целей проектирования нам достаточно задаться величиной коэффициента теплопередачи, пользуясь некоторыми рекомендациями и эвристическим методом (см. табл. 1).

Таблица 1

Ориентировочные значения коэффициентов теплопередачи [в Вт/(м²К)]

Вид теплообмена	Принудительное движение	Свободное движение
От газа к газу (при невысоких давлениях)	10-40	4-12
От газа к жидкости (газовые холодильники)	10-60	6-20
От конденсирующегося пара к газу (воздухоподогреватели)	10-60	6-12
От жидкости к жидкости (вода)	800-1700	140-340

От жидкости к жидкости (углеводороды, масла)	120-270	30-60
От конденсирующегося пара к воде (конденсаторы, подогреватели)	800-3500	300-1200
От конденсирующегося пара к органическим жидкостям (подогреватели)	120-340	60-170
От конденсирующегося пара органических веществ к воде (конденсаторы)	300-800	230-460
От конденсирующегося пара к кипящей жидкости (испарители)	-	300-2500

Площадь теплопередачи.

Величина площади теплообмена F , м^2 определяется из основного уравнения теплопередачи $Q = K \cdot \Delta t_{cp} \cdot F$. Если аппарат работает непрерывно и весь расчет сделан на время $t = 1$ ч, то

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} \quad (21)$$

где Q – тепловая нагрузка аппарата, Вт.

По величине площади теплообмена выбирают теплообменный аппарат.

Гидравлический расчет теплообменного аппарата.

Целью расчета является определение величины гидравлического сопротивления, вносимого теплообменником в систему трубопроводов, и определение мощности, необходимой для перемещения теплоносителя.

Для прохода через теплообменный аппарат теплоносители должны подаваться под некоторым избыточным давлением, чтобы преодолеть гидравлическое сопротивление аппарата. При расчете потребного напора насоса теплообменник можно приравнять к местному сопротивлению с коэффициентом $\xi = 40 - 60$.

Каталог теплообменников.

Дополнение 3.21.

Каталог теплообменников.

Кожухотрубчатые теплообменники.

Марка	Материал	Диаметр кожуха мм	Давление МПа	Поверхность теплообмена м^2	Производитель
ТН	Углеродистая, жаростойкая, низколегирующая и нержавеющая	159-1800	6,3	1,5-1300	АО «Петропавловский завод тяжелого машиностроения»

	сталь, латунь				
ТП	-//-	325-1400	6,3	9,4-2000	-//-
ТП	Сталь углеродистая и нержавеющая	325	2,5; 4,0	10-915	ОктябрьскХимМ аш
ХП	-//	325	4,0; 6,3	10-915	-//-
КП	-//-			84-610	-//-
ТУ	-//-	325	2,5; 4,0	12-1370	-//-
TDW, BCF, CCF, CFA, SSCF	Углеродистые, нерж. Стали, титан, латунь, алюминевые сплавы	2000x10000	1,6		FUNKE MANUFACTORY
ТПК	Углеродистая, жаростойкая, низколегированная и нержавеющая сталь, латунь	800	5,0; 6,3	221 / 179	Уралпром оборудованиеТПК
				331 / 268	
			8,0	221 / 179	
				331 / 268	
		1000	6,3	355 / 295	
				532 / 442	
			8,0	355 / 295	
				532 / 442	
		1100	6,3	438 / 353	
				657 / 530	
			8,0;	438 / 353	
				657 / 530	
		1200	5,0; 6,3	530 / 432	
				796 / 648	
			8,0	530 / 432	
				796 / 648	
		1300	8,0	627 / 509	
				949 / 764	
ТН, ТК	-//-	159	1,6; 2,5	1,0/1,0	-//-
				1,5/1,5	
				2,5/2,0	
		273	1,6	3,5/3,0	
				4,0/3,0	
				6,0/5,0	
			2,5	8,5/6,5	
				12,5/10,0	
				4,0/3,0	
		325	1,6; 2,5	6,0/5,0	
				8,5/6,5	
				12,5/10,0	
				8,5/6,5	

		426	1,6	11,0/9,0	
				17,0/13,0	
				22,5/17,5	
			2,5	21/16 31/24	
				42/31 63/47	
				21/16 31/24	
КП	-//-	325	2,5	15,0	-//-
				29,5	
		426	2,5	31,0	
				64,0	
		530	2,5	49,5	
				95,0	
		630	1,6; 2,5	144,0	
				274,0	
		800	1,6	411,0	
				274,0	
			2,5	411,0	
				274,0	
			4,0	411,0	
				411,0	
		1000	1,6	447,0	
				672,0	
			2,5	447,0	
				672,0	
		1200	1,6	651,0	
				961,0	
			2,5	651,0	
				961,0	

Теплообменники «труба в трубе»

Марка	Материал	Диаметр т/о труб/диаметр кожуха мм	Давление в трубах/в кожухе МПа	Поверхно сть теплообмена м ²	Производитель
ТТОН	Углеродист ая, нержавеющая сталь	25; 38; 48; 57; 89; 108; 133; 159 / 57; 76; 89; 108; 133; 159; 219	1,6; 4,0; 6,3; 10,0; 16,0 / 1,6; 4,0; 6,3; 10,0	0,11-4,45	ЗАО «ТамбовХимМаш»
ТТОР	-//-	89; 108; 133; 159 / 133; 159; 219	1,6; 4,0 / 1,6; 4,0	5,0-18,0	-//-
ТТМ	-//-	38; 48; 57 / 89; 108	1,6; 4,0 / 1,6; 4,0	3,9-93,0	-//-
ТТРМ	-//-	25; 38; 48; 57 /57; 76; 89; 108	6,3; 10,0; 16,0 / 1,6;	0,55-4,6	-//-

			4,0; 6,3; 10,0		
АКТ 24.202.06-90	Углеродистая, нержавеющая сталь	38; 48; 57 / 89; 108	1,6/1,6; 1,6/4,0; 4,0/1,6; 4,0/4,0	3,9 -93	ГазХимКомплек т
АКТ 24.202.07-90	-//-	25; 38; 48; 57 / 57; 76; 89; 108	6,3/1,6; 6,3/4,0; 10,0/1,6; 10,0/4,0; 10,0/6,3; 16,0/10,0	0,55-4,6	-//-
ТТ 89/133-40/16	Углеродистая, нержавеющая сталь	4,5; 6,0; 9,0	1,6; 4,0	5,0-10,	ЗАО «НефтьСпец- конструкция»
ТТ 89/133-40/16	-//-	4,5; 6,0; 9,0	1,6; 4,0		-//-
ТТ 89/133-40/40	-//-	4,5; 6,0; 9,0	1,6; 4,0		-//-
ТТ 89/159-16/16	-//-	4,5; 6,0; 9,0	1,6; 4,0		-//-
ТТ 89/159-16/40	-//-	4,5; 6,0; 9,0	1,6; 4,0		-//-
ТТ 89/159-40/40	-//-	4,5; 6,0; 9,0	1,6; 4,0		-//-
ТТ 108/159-16/16	-//-	4,5; 6,0; 9,0	1,6; 4,0	6,1-12,2	-//-
ТТ 108/159-40/16	-//-	4,5; 6,0; 9,0	1,6; 4,0		-//-
ТТ 108/159-40/40	-//-	4,5; 6,0; 9,0	1,6; 4,0		-//-
ТТ 133/219-16/16	-//-	4,5; 6,0; 9,0	1,6; 4,0	10,0-15,0	-//-
ТТ 133/219-40/16	-//	4,5; 6,0; 9,0	1,6; 4,0		-//
ТТ 133/219-40/40	-//-	4,5; 6,0; 9,0	1,6; 4,0		-//-
ТТ 159/219-	-//-	4,5; 6,0; 9,0	1,6; 4,0	12,0-15,0	-//-

16/16					
ТТ 159/219- 40/16	-//-	4,5; 6,0; 9,0	1,6; 4,0		-//-
ТТ 159/219- 40/40	-//-	4,5; 6,0; 9,0	1,6; 4,0		-//-
ТУ, ТТ	Углеродистая и нерж. сталь		0,45	5,9-9,86	«Газпромкомплект»

Пластинчатые теплообменники.

Марка	Материал	Габариты мм	Количество пластин	Давление МПа	Площадь пластин м ²	Производитель
ВГ-1-0	Нерж. сталь	400x200x680	22	0,2		Экомаш
A1-ООЛ-3	-//-	900x400x900	38	0,25		-//-
A1-ОООЛ-5	-//-	970x400x900	62	0,25		-//-
ВГ-25	-//-	1000x400x400	98	0,31		-//-
S4 IS	Нерж. сталь	621x200x250-750	134	1,6	0,04	ОАО «Сатекс»
S8 IS	-//-	896x200x250-750	134	1,6	0,008	-//-
S14 IS	-//-	994x300x400-2000	335	1,6	0,14	-//-
S14 IG	-//-	994x300x400-600	87	1,6	0,14	-//-
S21 IS	-//-	1110x480x600-2000	329	1,6	0,21	-//-
S21 IS-L	-//-	1240x480x2500-4000	698	1,6	0,21	-//-
S14 ST	-//-	896x283x400-600	76	1,6	0,14	-//-
S47 IS	-//-	1755x480x600-2000	329	1,6	0,47	-//-
S47 IS-L	-//-	1885x480	698	1,6	0,47	-//-

		x 2500-4000				
S62 IS	-//-	1852x608 x 600-3000	485	1,6	0,62	-//-
TPL 00-K	Плати на	274x111	60	3,0	0,035	Тепло- комплект- монтаж
TPL 00-L	-//-	439x111		3,0	0,07	-//-
TPL 01-K	-//-	383x168	90	3,0	0,08	-//-
TPL 01-L	-//-	631x168		3,0	0,16	-//-
TPL 02-K	-//-	488x225	120	3,0	0,143	-//-
TPL 02-L	-//-	818x225		3,0	0,286	-//-
GPL 1	Плати на	203/73	30	3,0		-//-
GPL 2	-//-	230/89	50	3,0		-//-
GPL 3	-//-	325/89	30	3,0		-//-
GPL 4	-//-	171/124	50	3,0		-//-
GPL 5	-//-	332/124	100	3,0		-//-
GPL 6	-//-	529/124	100	3,0		-//-
GPL 7	-//-	529/269	150	3,0		-//-
ТПР/ FP 04	Нерж. сталь	160x460	125		0.04	FUNKE MANUFACTORY
ТПР/ FP 08	-//-	160x799	150		0.08	-//-
ТПР/ FP 14	-//-	310x837	200		0.14	-//-
ТПР/ FP 20	-//-	310x1066	200		0.2	-//-
ТПР/ FP 10	-//-	310x735	200		0.1	-//-
ТПР/ FP 16	-//-	310x940	200		0.15	-//-
ТПР/ FP 16	-//-	3101135	200		0.22	-//-

FP 22						
ТПР/ FP 19	-/-	440x1080	500		0.20	-/-
ТПР/ FP 205	-/-	470x1160	500		0.21	-/-
ТПР/ FP 31	-/-	480x1332	500		0.3	-/-
ТПР/ FP 40	-/-	480x1579	500		0.4	-/-
ТПР/ FP 50	-/-	480x1826	500		0.5	-/-
ТПР/ FP 41	-/-	610x1470	700		0.4	-/-
ТПР/ FP 60	-/-	610x1835	700		0.6	-/-
ТПР/ FP 80	-/-	610x2200	700		0.8	-/-
ТПР/ FP 405	-/-	760x1380	700		0.41	-/-
ТПР/ FP 70	-/-	760x1740	700		0.68	-/-
ТПР/ FP 100	-/-	760x2100	700		1	-/-
ТПР/ FP 130	-/-	760x2460	700		1.3	-/-
ТПР/ FP 81	-/-	980x1930	700		0.8	-/-
ТПР/ FP 120	-/-	980x2320	700		1.12	-/-
ТПР/ FP 160	-/-	980x2710	700		1.16	-/-
ТПР/ FP 190	-/-	980x3100	700		1.19	-/-
ТПР/ FP 200	-/-	1370x385 5	700		2	-/-
ТПР/ FP 250	-/-	1370x321 1	700		2.5	-/-
ТПР/ FP 300	-/-	1370x356 7	700		3	-/-

3.3.4. Отстойники.

Отстаивание – наиболее дешевый процесс разделения неоднородных систем. Оно не обеспечивает извлечения самых мелких частиц из жидкости и характеризуется небольшой скоростью осаждения, поэтому используются в основном для частичного разделения неоднородных систем. Преимуществом процесса отстаивания являются простое аппаратное оформление и малые энергетические затраты.

В условиях промышленного применения происходит так называемое стесненное осаждение частиц с постепенным образованием слоя осветленной жидкости, промежуточного слоя и слоя

осадка. При достаточном выдерживании слой осадка уплотняется, а осветленная жидкость может быть направлена на дальнейшую переработку.

Для ускорения отстаивания частицы дисперсной фазы укрупняют, искусственно вызывая их ассоциирование под действием вводимых в раствор вспомогательных веществ – [коагулянтов - флокулянтов](#).

Механизм их действия основан на разрушении гидратных оболочек взвешенных частиц и возникновении сил сцепления между самими частицами, или с частицами вводимых реагентов.

Коагулянты – флокулянты относятся к классу элементов минерального или органического происхождения и часто используются не только при отстаивании, но и при центрифугировании и фильтровании суспензий. Выбор коагулянтов – флокулянтов производится с учетом природы частиц дисперсной фазы.

При [расчете отстойников](#) необходимо, выбрав тип аппарата, определить требуемую площадь отстаивания.

Ассортимент промышленных коагулянтов и флокулянтов.

Дополнение 3.22.

Ассортимент промышленных коагулянтов и флокулянтов.

Для интенсификации процессов осаждения и флотации применяют коагулянты и флокулянты. В качестве коагулянтов используют соли алюминия (табл.1.), соли железа (табл.2.), а так же смеси солей $Al_2(SO_4)_3$ и $FeCl_3$ в соотношении от 1:1 до 1:2. Доза коагулянта в зависимости от содержания твердых примесей указана в таблице 3.

Таблица 1

Алюминийсодержащие коагулянты

Коагулянт	Формула	Содержание, %(масс.)	
		Al_2O_3	Нераств – хпримесей
Сульфат алюминия:			
- неочищенный	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	9	23
- очищенный	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	13,5	1
Алюминат натрия	$NaAlO_2$	45 – 55	6 – 8
Оксихлорид алюминия	$Al_2(OH)_5Cl$	40 – 44	–
Квасцы:	$KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	10,2 – 10,7	0,04 – 0,2
- алюмокалиевые	$NH_4Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	11,0 – 11,2	
- аммиачные			

Таблица 2.

Железосодержащие коагулянты

Коагулянт	Формула	Содержание, %(масс.)	
		FeCl ₃ или Fe ₂ O ₃	Нераств – хпримесей
Хлорид железа	FeCl ₃ 6H ₂ O	>95	–
Железный купорос	FeSO ₄ 7H ₂ O	>47	<1
Сульфат железа	Fe(SO ₄) ₃ 2H ₂ O	68 – 76	<40

Таблица 3.

Доза коагулянта в зависимости от концентрации примесей.

Концентрация примесей в воде, мг/л	Доза безводного коагулянта, мг/л	Концентрация примесей в воде, мг/л	Доза безводного коагулянта, мг/л
До 100	25 – 35	801 – 1000	60 – 90
101 – 200	30 – 45	1001 – 1400	65 – 105
201 – 400	40 – 60	1401 – 1800	75 – 115
401 – 600	45 – 70	1801 – 2200	80 – 125
601 – 800	55 – 80	2201 – 2500	90 – 130

Для интенсификации образования хлопьев гидрооксидов алюминия и железа используют флокулянты: активную кремниевую кислоту ($x\text{SiO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$) и полиакриламид. Дозу полиакриламида при вводе перед отстойниками или осветлителями со взвешенным осадком принимают равной от 0,4 до 1,5 мг/л; дозу кремниевой кислоты – 2-3 мг/л.

Приготовление и дозирование коагулянтов производят в виде растворов или суспензий. Растворение коагулянта осуществляют в баках (не менее двух). Однако на сегодняшний день коагулянты можно приобретать в жидком виде, что значительно упрощает приготовления растворов.

Расчет и выбор отстойников.

Дополнение 3.23.

Расчет и выбор отстойников.

Аппараты, в которых проводится отстаивание, называются отстойниками. Различают отстойники периодического и непрерывного действия, причем аппараты непрерывного действия могут быть одноярусные и многоярусные.

Отстойники периодического действия (рис. 1) представляют собой неглубокие бассейны без перемешивающих устройств. Отстойник заполняется суспензией, которая остается в состоянии покоя в течение времени, необходимого для оседания твердых частиц на дно аппарата. После этого слой осветленной жидкости сливают через сифонную трубку или шланг. Осадок представляет собой шлам, содержащий значительное количество жидкости. Шлам выгружают из аппарата вручную, что представляет значительное неудобство.

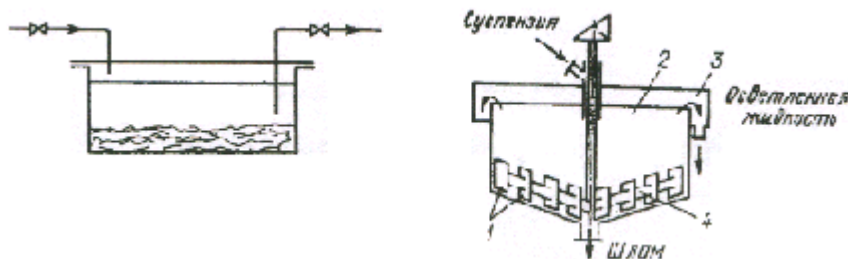


Рис. 1. Схема отстойников периодического и непрерывного действия.

Размеры аппарата периодического действия зависят от концентрации диспергированной фазы и размеров частиц. Чем крупнее частицы и чем больше их плотность, тем быстрее происходит отстаивание и тем меньшие размеры может иметь аппарат. Скорость отстаивания зависит также от температуры. С увеличением температуры вязкость жидкости уменьшается, вследствие чего увеличивается скорость осаждения.

В отстойниках непрерывного действия осветленная жидкость и образующийся осадок удаляются непрерывно. Одной из характеристик отстойника непрерывного действия является время пребывания суспензии в аппарате, которое рассчитывается как результат деления рабочего объема камеры отстойника V_p (м^3) на объемный расход исходной смеси $Q_{исх}$ ($\text{м}^3/\text{с}$):

$$\tau = \frac{V_p}{Q_{исх}} \quad (1)$$

При отстаивании суспензии в отстойнике непрерывного действия необходимо выполнение основного требования — время пребывания исходной смеси в аппарате должно быть больше или равно времени осаждения частиц. Несоблюдение этого условия приводит к тому, что частицы не успевают оседать на дно аппарата.

Отстойник непрерывного действия с гребковой мешалкой (рис.1) представляет собой цилиндрический резервуар 2 с коническим днищем и кольцевым желобом 3, расположенным в верхней части аппарата. В аппарате имеется мешалка 4 с гребками 1, расположенными таким образом, что при вращении мешалки по часовой стрелке скапливающийся осадок перемещается к центральному штуцеру в дне сосуда. Мешалка вращается очень медленно, совершая 0,015—0,5 об/мин и не нарушая процесса осаждения. Исходная суспензия подается в верхнюю центральную часть аппарата, осветленная жидкость удаляется из верхнего кольцевого желоба, а осадок, содержащий большое количество жидкости и достаточно подвижный шлам, откачивается шламовым насосом через нижний штуцер днища.

Отстойники непрерывного действия с мешалками не требуют труда для выгрузки осадка, обладают большой производительностью, могут быть легко автоматизированы, но не допускают значительного обезвоживания осадка. Размеры отстойников (диаметры аппаратов) колеблются в широких пределах - от 1,8 до 120 м. При таких больших размерах мешалка изготавливается в виде мостовой фермы (пролет $l=60$ м), один конец которой опирается на кольцевой рельсовый путь, уложенный на внутренней стенке аппарата, а второй - на центральную опору, вокруг которой мешалка вращается.

Отстойники рассчитываются при ориентации на осаждение самых мелких частиц. Поэтому время пребывания смеси в аппарате должно быть больше наибольшего времени осаждения частицы наименьшего размера на дно аппарата с заданной высоты.

Производительность отстойника по осветленной жидкости определяется по уравнению:

$$Q_{осм} = \omega_{ос} \cdot F \quad (2)$$

где $\omega_{ос}$ – скорость осаждения самой мелкой частицы, F – площадь отстаивания.

Скорость осаждения определяют экспериментально или принимают по аналогии с известными значениями. Обычно для плотных частиц минерального происхождения $\omega_{ос} = 0,1 - 0,3$ м/с, для рыхлых набухших частиц $\omega_{ос} = 0,01 - 0,05$ м/с.

3.3.5. Фильтры.

Процесс разделения суспензий с использованием пористых перегородок, которые задерживают твердую фазу суспензии и пропускают ее жидкую фазу, называется фильтрованием. Этот процесс в простейшем случае осуществляется на фильтре (рис. 3.8), состоящем из сосуда 1, в котором имеется ложное (перфорированное) днище. На ложное днище уложена фильтровальная перегородка 2. Под действием разности давлений по обе стороны фильтрующей перегородки жидкости, называемая фильтратом, проходит через ее поры, а твердые частицы суспензии задерживаются на ней, образуя слой осадка 5.

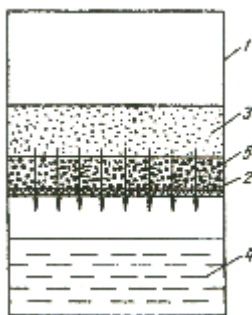


Рис.3.8. Схема процесса фильтрации:

1 – фильтр; 2 – фильтровальная перегородка; 3 – суспензия; 4 – фильтрат; 5 – осадок.

Необходимую разность давлений по обе стороны фильтровальной перегородки создают с помощью вакуума под перегородкой или избыточного давления над перегородкой.

По мере накопления осадка на фильтровальной перегородке возникает дополнительное сопротивление прохождению жидкости. Если перепад давления по обе стороны перегородки поддерживается постоянным, то количество фильтрата уменьшается и скорость фильтрования падает. Скорость фильтрования можно поддерживать постоянной, если по мере накопления слоя осадка увеличивать перепад давления. Практически, во избежание излишнего уплотнения осадка и увеличения его сопротивления, предпочитают работать при постоянном перепаде давления, создавая для этой цели под фильтровальной перегородкой вакуум.

Фильтровальные перегородки – основной элемент фильтра. От выбора фильтровальной перегородки зависят производительность фильтра и чистота фильтрата. Правильно выбранная фильтровальная перегородка должна иметь поры по возможности большего размера для уменьшения его гидравлического сопротивления. В то же время размер пор должен обеспечивать высокую чистоту фильтрата. Фильтровальные перегородки изготавливаются из различных материалов в зависимости от свойств суспензии.

Размеры взвешенных веществ варьируются от коллоидных до грубодисперсных частиц (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Классификация механических загрязнений.

Взвешенные	Размер	Скорость	Время осаждения
------------	--------	----------	-----------------

вещества		осаждения, мм/с	частиц на глубину 1м
Коллоидные частицы	$2 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-6}$	7×10^{-6}	4 года
Тонкая глина	$1 \times 10^{-3} - 5 \times 10^{-4}$	$7 \times 10^{-5} - 17 \times 10^{-5}$	0,5 – 2 мес.
Глина	27×10^{-4}	5×10^{-3}	2 сут.
Ил	$5 \times 10^{-2} - 27 \times 10^{-3}$	1,7 – 0,5	10-30 мин.
Песок:			
мелкий	0,1	7	2,5 мин.
средний	0,5	50	20 с
крупный	1,0	100	10 с

СНиП 2.04.02–84 дает следующую классификацию вод по количеству взвешенных веществ: маломутные – до 50 мг/л; средней мутности – 50-250 мг/л; мутные – 250-1500 мг/л; высокомутные – свыше 1500 мг/л. Предельное содержание взвесей в воде питьевой -1,5 мг/л.

При пропуске суспензии через слой фильтрующего материала в зависимости от заряда и соотношения размеров примесей воды и пор фильтрующей загрузки могут происходить два вида фильтрования: 1) задержание примесей на поверхности фильтрующего слоя (пленочное фильтрование); 2) задержание примесей в порах фильтрующего слоя (объемное фильтрование).

Фильтры пленочного (поверхностного) действия представлены аппаратами периодического и непрерывного действия. Фильтры объемного действия работают в основном в периодическом режиме и выполнены в виде колонных аппаратов.

При выполнении проекта необходимо выбрать тип фильтра и провести расчет его основных параметров.

Фильтры поверхностного действия.

Дополнение 3.24.

Фильтры поверхностного действия.

Фильтрующие материалы, предназначенные для очистки различных жидкостей, должны иметь следующие свойства: малое гидравлическое сопротивление при достаточно высокой удельной пропускной способности; способность обеспечивать необходимую тонкость и полноту фильтрования, не снижающиеся в процессе эксплуатации; возможно больший ресурс работы, на всем протяжении которого сохраняются эксплуатационные свойства; высокую механическую прочность, в том числе при воздействии знакопеременных и вибрационных нагрузок, а также при нагревании и охлаждении во всем рабочем диапазоне температур; химическую стабильность по отношению к очищаемой жидкости, исключаящую разрушающее воздействие жидкости на материал и ухудшение свойств жидкости при контактировании с ним; технологичность, позволяющую достаточно легко подвергаться обработке, герметизации, соединению с другими элементами; экономичность, включающую невысокую стоимость, простоту производства, возможность изготовления из недефицитного сырья и т. д.; многократную регенерируемость после выработки ресурса работы, а в случае однократного использования - полную утилизацию; минимальную склонность к электризации при очистке диэлектрических жидкостей.

Гидравлические характеристики фильтрующего материала представляет собой зависимость его удельной пропускной способности, т. е. количества жидкости, проходящей через единицу поверхности материала в единицу времени, от перепада давления на фильтрующем материале.

Поскольку гидравлическая характеристика фильтрующего материала зависит не только от его свойств, но и от свойств фильтруемой жидкости, этот показатель определяют, как правило, на реальной жидкости, для очистки которой предназначен материал. Так как некоторые жидкости сильно изменяют свою вязкость с изменением температуры, что отражается на величине удельной пропускной способности, гидравлические характеристики следует определять при температуре, соответствующей условиям эксплуатации фильтрующего устройства.

Полнота фильтрования является количественным показателем процесса очистки, по которому оценивают, какая доля загрязнений, содержащихся в жидкости, задержана фильтрующим материалом. Коэффициент полноты фильтрования определяется по формуле:

$$\varphi = \frac{(G_1 - G_2)}{G_1} \quad (1)$$

где G_1 и G_2 – содержание загрязнений в жидкости соответственно до и после фильтрования, г/м³

Содержание загрязнений в жидкости определяют весовым методом.

Тонкость фильтрования характеризует качественный эффект процесса очистки жидкости от загрязнений при ее прохождении через фильтрующий материал. В общем случае тонкость фильтрования определяется тремя взаимосвязанными показателями: абсолютной тонкостью фильтрования, величина которой численно равна минимальному размеру частиц, прошедших через фильтрующий материал; номинальной тонкостью фильтрования, величина которой численно равна минимальному размеру частиц, прошедших через фильтрующий материал с заранее установленным коэффициентом отсева.

В табл. 1 приведены данные по тонкости фильтрования, которую обеспечивают некоторые наиболее распространенные фильтрующие материалы.

Таблица 1

Тонкость фильтрования фильтрующих материалов.

Материал	ГОСТ или ТУ	Толщина ,мм	Тонкость фильтрования,мм	
			абсо- лютно ая	номи- нальна я
Металлические сетки:	ЧМТУ 4-330 – 70	200	20	15
№ 685	ТУ 16-5380-82 – 70	200	15	10
№ 80/720	ТУ 14-4-507 – 74	100	40	35
№ 004	ТУ 14-4-507 - 75	200	75	70
№ 0071				

Ткани:	ГОСТ 504 – 68			
фильтродиагональ арт. 2074	ГОСТ 13029 – 77	1400	35	30
филтросванбой арт. 2080	ГОСТ 332 – 69	1100	35	30
фильтробельтинг арт. 2030	ГОСТ 487 – 68	2000	30	25
фильтромиткаль арт. 2078	ТУ 17РСФСР	1000	30	30
капрон арт. 56237	62-6405 – 77	240	30	20
Нетканые материалы:				
хлопковый с пропиткой ПВАЭ	ТУ 17-1149 – 67	800	25	20
то же, с пропиткой латексом	ТУ 17-14-07 – 76	600	25	20
Бумаги:				
АФБ-5	ТУ 81-04-144 – 72	450	10	5
АФБ-1К	ГОСТ 20806 – 75	350	20	15
БФМ-10	ГОСТ 20806 – 75	400	30	25
БФМ-12	ГОСТ 20806 – 75	400	25	20
Пористый металлопрокат:				
ФНС-2	ТУ 14-1-1400 – 75	160-180	4	2
ФНС-5	ТУ 14-1-1400 – 75	140-200	6	5
ФНС-10	ТУ 14-1-1400 – 75	200-310	10	8
ПНС-20	ТУ 14-1-2173 – 77	300-500	25	20
ПНС-30	ТУ 14-1-2173 – 77	400-600	35	30
ПНС-40	ТУ 14-1-2173 – 77	400-700	45	40
ПТ	ТУ 14-1-1895 – 76	350-800	6	4

Пористость - отношение объема внешних (сквозных и тупиковых) пор (рисунок 1) к объему всего фильтрующего материала:

$$П = \left(\frac{V_{II}}{V} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

где V_{II} – объем внешних пор, м³; V – объем фильтрующего материала, м³; $П$ – пористость, %.

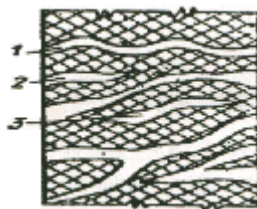


Рис. 1. Поровая структура фильтрующего материала:

1 — сквозная пора; 2 — тупиковая пора; 3 — внутренняя пора.

В качестве пористых фильтрующих перегородок в современных фильтрах применяют самые разнообразные материалы, которые различаются по физико-механическим свойствам и химическому составу самого материала и исходного сырья, способам и технологии изготовления, основным фильтрационным показателям и т. д.

подавляющее большинство гибких фильтрующих материалов изготавливают из разнообразных волокон, применяемых как в чистом виде, так и в различных сочетаниях. Для изготовления фильтрующих материалов используют волокна органического и неорганического происхождения, как встречающиеся в натуральном виде, так и изготавливаемые химическим способом. К натуральным органическим волокнам относятся хлопок, древесина, шелк, шерсть, к неорганическим - асбест. Химические органические волокна могут быть искусственными (вискозные, ацетатные, казеиновые и т.п.) или синтетическими (капроновые, нейлоновые, амидные, лавсановые, фторлоновые, полиэтиленовые и т.л.). К неорганическим волокнам, изготавливаемым из химического сырья, относятся металлические, стеклянные и т. п.

Волокна широко применяют для изготовления тканей, нетканых текстильных материалов, бумаги и картона, войлока и фетра, различных волокнистых матов, которые используют в качестве фильтрующих материалов. Кроме того, волокна используются в несвязанном виде для устройства набивных и навивных фильтров.

Для изготовления фильтрующих материалов применяют также различные порошки органического и неорганического происхождения. Неорганические порошки могут быть изготовлены из минерального сырья (кварца, шамота, хромита, фаянса, стекла) или из металлов и их сплавов (стали, никеля, меди, титана, хрома, бронзы, монеля, пермалоя). К органическим натуральным порошкам относится кокс, а к синтетическим относятся полиэтилен, полипропилен, фторопласт и т. п. Порошки могут состоять из сферических зерен или включать частицы неправильной формы. Они используются при изготовлении фильтрующих материалов из керамики, металлокерамики, пористых пластмасс, а также применяются в несвязанном виде для устройства насыпных и намывных фильтров. Находят применение также щелевые фильтры (проволочно-навивные, ленточные и пластинчатые).

Металлические сетки для очистки жидкостей от загрязнений применяют тканые из круглого сечения с квадратными ячейками, а также тканые фильтровые сетки с нулевыми ячейками (рис.2). В зависимости от расположения проволок утка и основы различают сетки с простым (полотняным) и саржевым переплетениями.

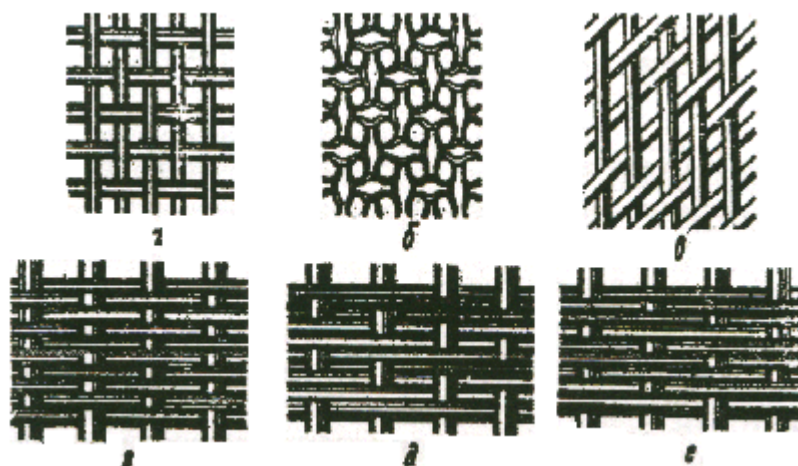


Рис. 2. Проволочные сетки:

а — с квадратными ячейками простого переплетения;

б — то же, плющенная;

в — с квадратными ячейками саржевого переплетения;

г — фильтровая простого переплетения;

д — фильтровая саржевого переплетения односторонняя;

е — фильтровая саржевого переплетения двусторонняя.

Неметаллические сетки вырабатывают, главным образом, из различных синтетических полимерных материалов - капрона, лавсана, полипропилена, фторлона и т. п. Их можно изготавливать из моноволокон ткаными. В этом случае они имеют структуру, аналогичную структуре металлических проволочных сеток такого типа. Сетки можно изготавливать также сварными, тогда моноволокна, составляющие уток и основу, соединяют в местах пересечения термопластичной сваркой (горячее штампование). Обычно тонкость фильтрования пластмассовых сеток составляет около 10 мкм, но можно изготовить сетку с ячейками размером в десятые доли микрометра. Достоинством таких сеток является их высокая коррозионная стойкость.

Фильтровальные ткани, широко применяемые для очистки жидкостей, имеют разнообразные свойства, которые зависят от строения ткани, определяемого, в свою очередь, структурой и диаметром нитей, характером их переплетения, плотностью и толщиной ткани. Нити, идущие на изготовление фильтровальных тканей, могут состоять из штапельных волокон, т. е. коротких волокон, скручиваемых в нити непрерывной длины, и из моноволокон - единичных нитей непрерывной длины, имеющих сравнительно большой диаметр. Штапельные волокна могут быть натуральными и синтетическими, а моноволокна в подавляющем большинстве являются экструдированными нитями искусственного происхождения - полиэфирными, вискозными, стеклянными и т. п. Из натуральных волокон моноструктурой обладает только шелк.

Бумагу и картон широко применяют для очистки различных жидкостей, не обладающих ярко выраженными агрессивными свойствами, например, нефтепродуктов.

Фильтровальную бумагу производят из немерсеризованных хлопковых волокон или из древесной целлюлозы. Она обладает хорошими фильтрационными показателями вследствие высокопористой структуры, которая имеет многоступенчатый характер: первый уровень образован целлюлозными волокнами, второй уровень — составляющими их фибриллами, размеры которых на один - два порядка меньше размеров волокон, и третий уровень — микрофибриллами, размеры которых меньше еще на порядок. Такая структура, несмотря на очень высокую пористость бумаги, обеспечивает весьма малый диаметр поровых отверстий и соответственно высокую задерживающую способность бумаги.

Керамические материалы изготавливают спеканием зернистых минеральных частиц (так называемого наполнителя) с добавлением связующего вещества или без него. Иногда в состав смеси вводят специальные добавки, увеличивающие пористость вещества. Свойства керамического фильтрующего материала, в первую очередь, его стойкость к фильтруемой жидкости, зависят от свойств наполнителя и связующего вещества. Тонкость фильтрования этих материалов зависит, главным образом, от размера частиц наполнителя.

Полимерные фильтрующие материалы представляют собой пористые пластмассы, получаемые включением в исходную композицию газообразующих или водорастворимых компонентов, после разложения или удаления (вымывания) которых материал приобретает пористую структуру. Пенопластовые материалы, получаемые с использованием газообразующих веществ, изготавливают на основе поливинилхлорида, полиуретана, полиэтилена, полипропилена и других полимеров. Эти фильтрующие материалы довольно экономичны, так как исходное сырье для их производства имеет сравнительно невысокую стоимость, а способ изготовления не требует больших трудозатрат и сложного оборудования. Недостатком пенопластовых материалов является неравномерность их поровой структуры, так как в процессе вспенивания затруднительно обеспечить стабильный размер пор.

Материалы, получаемые с использованием водорастворимых компонентов (главным образом, солей различных металлов), имеют более равномерную структуру, так как их пористость и размер пор зависят от количества и гранулометрического состава вспомогательного вещества. Существуют два основных способа получения полимерных пористых материалов с вымыванием солей, различающиеся методом введения этих солей в полимеры. Довольно тонкие пленки получают отливанием из раствора, содержащего одновременно полимер и соль. В результате обработки этих пленок водой в материале возникают разнообразные пористые структуры, строение которых зависит от размеров кристаллов соли, образующихся при их выпадении из раствора. Такие вещества, как хлориды аммония, натрия, калия, магния и стронция, образуют в полимерном материале поры размерами 10 - 20 мкм. Хлориды кальция после растворения в воде образуют сильно развитую систему пор, размер большинства которых составляет около 1 мкм.

При другом способе изготовления пористых полимеров, позволяющем получать фильтрующий материал любой толщины, в качестве исходной композиции применяют смесь порошкообразного полимера с измельченной солью. Этот порошок прессуется и подвергается термической обработке, после чего кристаллы соли удаляют кипячением в дистиллированной воде. Таким способом можно получать фильтрующие элементы в виде плит, дисков, цилиндров; стаканов и т. д.

Отечественной промышленностью выпускается фильтрующий материал из пористого фторопласта, получаемый смешением хлорида натрия определенного помола с порошкообразным политетрафторэтиленом. Выпускается несколько типов пористого фторопласта с различным размером пор, зависящим от фракционного состава хлорида натрия; тонкость фильтрования составляет 5 - 35 мкм. Указанные фильтрующие материалы обладают очень высокой химической стойкостью и вследствие этого находят широкое применение при очистке различных жидкостей, с

которыми взаимодействуют другие фильтрующие материалы. Технология изготовления пористого фторопласта позволяет получать объемный фильтрующий материал переменной пористости, что существенно увеличивает ресурс его работы. Однако распространение материалов этого типа для очистки сравнительно мало химически активных жидкостей сдерживается относительной дороговизной материала и тем, что при его утилизации образуются токсичные вещества.

За рубежом развито производство полимерных фильтрующих материалов из тефлона, поливинилхлорида, полиамида и т.п.

Классификация фильтров.

Промышленные фильтры разделяются по режиму работы на фильтры периодического и непрерывного действия, а по способу создания рабочего давления на вакуум-фильтры и фильтры, работающие под давлением.

Фильтры непрерывного действия. В фильтрах непрерывного действия одновременно проводятся операции: фильтрация, сушка, промывка, разгрузка и регенерация фильтровальной ткани. Эти операции проходят непрерывно и независимо одна от другой в каждой зоне фильтра, поэтому процесс работы фильтра протекает непрерывно.

Фильтры непрерывного действия различают по форме фильтрующей перегородки и подразделяют на барабанные, дисковые и ленточные, а по рабочему давлению на аппараты, работающие под разрежением и под давлением.

К недостаткам этих фильтров относятся их относительная сложность, высокая стоимость, необходимость установки вспомогательного оборудования и большой расход энергии главным образом на вакуум-насосы и воздуходувки.

На рис.3 представлена схема ленточного вакуум-фильтра. Такие конструкции успешно используются для удаления из воды осадков органической природы.

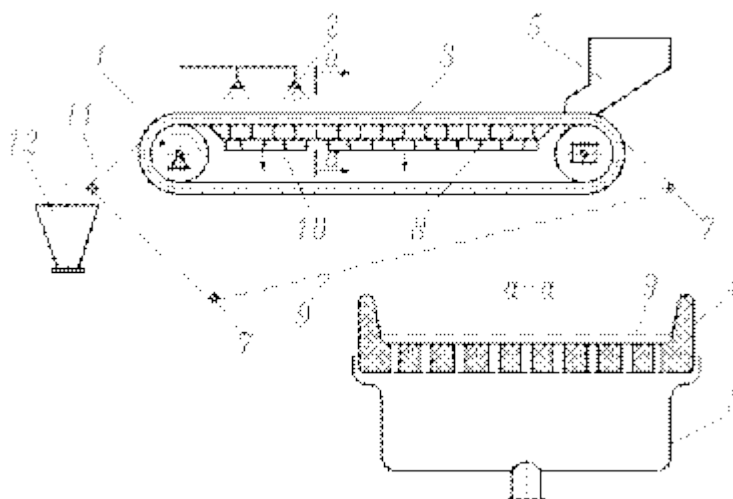


Рис. 3. - Схема ленточного вакуум-фильтра:

1 - приводной барабан; 2 - форсунки; 3 - вакуум-камеры; 4 - бесконечная резиновая лента;

5 - лоток для подачи суспензии; 6 - натяжной барабан; 7 - натяжные ролики;

8 - коллектор фильтрата; 9 - фильтрующая ткань; 10 - коллектор промывающей жидкости;

11 - валик для съема осадка; 12-бункер для осадка.

На длинном столе закреплены открытые сверху вакуум-камеры 3, имеющие в нижней части патрубки для соединения с коллекторами фильтрата 8 или промывающей жидкости 10. К верхней части вакуум-камер прижимается бесконечная резиновая лента 4 с бортами, натянутая на приводной барабан 1 и натяжной барабан 6. Фильтрующая ткань 9 в виде бесконечного полотна прижимается к резиновой ленте при натяжении ее роликами 7. Суспензия подается на ленту из лотка 5. При прохождении ленты с суспензией над вакуум-камерами происходит фильтрование и отложение на ткани осадка. Промывающая жидкость подается через форсунки 2. На приводном барабане фильтрующая ткань отделяется от резиновой ленты и огибает валик 11, при этом осадок отделяется от ткани и падает в бункер 12. При прохождении между роликами 7 ткань просушивается и очищается.

Ленточные фильтры изготавливают с шириной ленты 0,5 - 1,0 м и площадью фильтрации 3,2 - 4,3 м².

Преимущества ленточных фильтров: отсутствие распределительной головки, возможность осаждения крупных частиц под действием силы тяжести (благодаря чему фильтрация ускоряется), удобство промывки, возможность работы с тонким слоем осадка. Однако, ленточные фильтры обладают малой поверхностью фильтрации, малым коэффициентом использования фильтрующей ткани, требуют равномерной подачи суспензии.

Фильтры периодического действия. К ним относятся нутч-фильтры, листовые фильтры, фильтрпрессы и патронные фильтры.

На рис.4 представлена схема типичного патронного фильтра, в котором на крышке могут быть закреплены от 1 до 16 фильтрующих патронов.

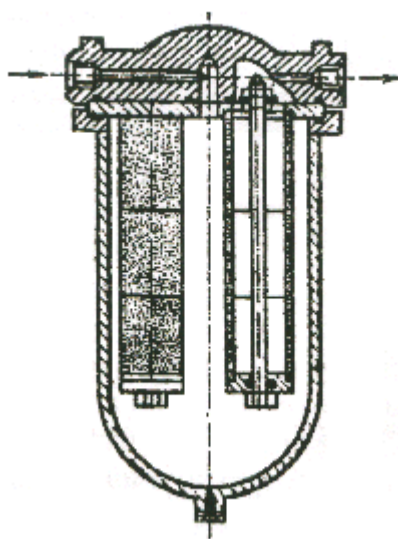


Рис. 4. Общий вид патронного фильтра.

В табл. 2 приведен ассортимент фильтрующих элементов (картриджей) для оснащения фильтров.

Таблица 2.

Ассортимент фильтрующих элементов (картриджей).

Марка / материал	Габаритные размеры, мм	Тонкость фильтрации, мкм	Номинальная производительность, л/мин	Перепад давления, бар	Диапазон температур, °C	Производитель
МП-5 Полипропиленовая нить	60x251	5	27	0,1	4,4 - 37,8	ATOLL
МП-1В (Г) Полипропилен	60x248	1	19		4-52 (4-95)	-//-
МП-5В (Г)	60x248	5	19		4-52 (4-95)	-//-
МП-10В (Г)	60x248	10	38		4-52 (4-95)	-//-
МП-20В (Г)	60x248	20	76		4-52 (4-95)	-//-
МП-1В(Г)-20	60x508	1	19		4-52 (4-95)	-//-
МП-5В(Г)-20	60x508	5	19		4-52 (4-95)	-//-
МП-10В(Г)-20	60x508	10	38		4-52 (4-95)	-//-
МП-20В(Г)-20	60x508	20	76		4-52 (4-95)	-//-
R30-478 Поли-эфир	67x124	30	38	0,1	4,4 - 51,7	US FILTER - PENTEK
R30	67x248	30	38	0,1	4,4 - 51,7	-//-
R50	67x248	50	38	0,1	4,4 - 51,7	-//-

R30-20	67x508	30	38	0,1	4,4 - 51,7	-//-
R30-BB	114x248	30	38	0,1	4,4 - 51,7	-//-
R50-BB	114x248	50	38	0,1	4,4 - 51,7	-//-
R30-20BB	114x508	30	76	0,1	4,4 - 51,7	-//-
S1 Целю-лоза	67x248	20	38	0,3	4,4-63	-//-
S1-20	67x508	20	38	0,3	4,4-63	-//-
S1-BB	114x248	20	38	0,3	4,4-63	-//-
S1-20BB	114x508	20	38	0,3	4,4-63	-//-
CP-1 Целю-лоза с полиэс-тером	67x248	1	38	0,1	4,4 - 52	-//-
CP-5	67x248	5	38	0,1	4,4 - 52	-//-
CP-10	67x248	10	38	0,1	4,4 - 52	-//-
CP5-20	67x508	5	38	0,1	4,4 - 52	-//-
CP5-BB	114x248	5	76	0,1	4,4 - 52	-//-
CP5-20BB	114x508	5	76	0,1	4,4 - 52	-//-
P5-478 Полипропилен	60x124	5	7,6	0,02	4,4 - 62,8	-//-
P1	60x248	1	19	0,04	4,4 - 62,8	-//-
P5	60x248	5	19	0,01	4,4 - 62,8	-//-
P25	60x248	25	19	0,01	4,4 - 62,8	-//-
P1-20	60x508	1	38	0,04	4,4 - 62,8	-//-
P5-20	60x508	5	38	0,04	4,4 - 62,8	-//-
P25-20	60x508	25	38	0,01	4,4 - 62,8	-//-
DGD-2501 Двойной полипро-пилен	114x254	25/1	38	0,1	4,4 - 62,8	-//-
DGD-2501-20	114x508	25/1	76	0,1	4,4 - 62,8	-//-
DGD-5005	114x254	50/5	38	0,1	4,4 - 62,8	-//-
DGD-5005-20	114x508	50/5	76	0,1	4,4 - 62,8	-//-
DGD-7525	114x254	75/25	38	0,1	4,4 -	-//-

					62,8	
DGD-7525-20	114x508	75/25	76	0,1	4,4 - 62,8	-//-
PD-1-934 Термо-устой- чивый полипро- пилет	64x251	1	19	0,003	4,4 - 79,4	-//-
PD-1-20	64x510	1	38	0,003	4,4 - 79,4	-//-
PD-5-934	64x251	5	30	0,003	4,4 - 79,4	-//-
PD-5-20	64x510	5	60	0,003	4,4 - 79,4	-//-
PD-10-934	64x251	10	30	0,003	4,4 - 79,4	-//-
PD-10-20	64x510	10	60	0,003	4,4 - 79,4	-//-
PD-25-934	64x251	25	38	0,003	4,4 - 79,4	-//-
PD-25-20	64x510	25	38	0,003	4,4 - 79,4	-//-
PD-50-934	64x251	50	38	0,003	4,4 - 79,4	-//-
PD-50-20	64x510	50	38	0,003	4,4 - 79,4	-//-
WP0,5BB97P Полипропилен о-вая нить	114x251	0,5	38	0,3	4,4 - 73,9	-//-
WP1BB97P	114x251	1	57	0,3	4,4 - 73,9	-//-
WP5BB97P	114x251	5	76	0,2	4,4 - 73,9	-//-
WP10BB97P	114x251	10	76	0,1	4,4 - 73,9	-//-
WP25BB97P	114x251	25	76	0,1	4,4 - 73,9	-//-
WP1BB20P	114x508	1	114	0,4	4,4 - 73,9	-//-
WP5BB20P	114x508	5	151	0,4	4,4 - 73,9	-//-
WP25BB20P	114x508	25	151	0,3	4,4 - 73,9	-//-
CRE-10 Керами-ка	46x248	1	3,8	1,3	4,4-52	-//-
ЭПНС.П-5		5	7,5	0,6	80 - 200	НПП "Техно-

Металлическая сетка						фильтр"
ЭПНС.П-10		10	11,7	0,6	80 – 200	-//-
ЭПНС.П-20		20	23,3	0,6	80 – 200	-//-
ЭПНС.П-40		40	41,7	0,6	80 – 200	-//-
ЭПНС.П-70		70	56,7	0,6	80 – 200	-//-
ЭПВ.СЦ- 300/100			4,20-5	0,35	70	-//-

Для расчета патронных фильтров надо определить из паспортных данных: W_H , м³/ч - расход воды на очистку на один картридж; Γ_P , г/шт – грязеемкость одного картриджа.

Потребное количество картриджей:

$$N_K = \frac{W_0}{W_H} \quad (3)$$

Общее количество удерживаемых загрязнений:

$$M_{\text{зп}} = \Gamma_P \cdot N_K \quad (4)$$

Продолжительность фильтрующего действия всего фильтра:

$$\tau_{\text{ф}} = \frac{M_{\text{зп}}}{W_0 \cdot C_0^{\text{ГВ}}} \quad (5)$$

Фильтры объемного действия.

Дополнение 3.25.

Фильтры объемного действия.

Механический засыпной напорный фильтр представляет собой (рис. 1) вертикальный корпус из металла или пластика 3 с дренажнораспределительными системами 2, 5, 7, заполненный гранулированной загрузкой 4; как правило, это кварцевый песок, гидроантрацит и т. п. Для улучшения распределения раствора по сечению и уменьшения забивания отверстий нижнего дренажного устройства оно помещается в слой гравия 6.

Фильтрация загрязненной воды производится сверху вниз (рис. 1 а). При этом крупные частицы задерживаются в порах между гранулами загрузки, а мелкие загрязнения - за счет различных эффектов, прежде всего электростатического, прилипают к частицам загрузки. Чем больше загрязнений задержано слоем загрузки, тем уже остаются проходы для жидкости и тем выше глубина очистки воды. Основная масса загрязнений собирается в верхней части слоя загрузки.

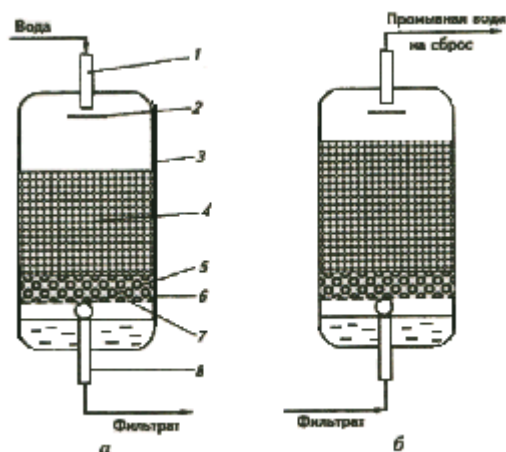


Рис. 1 . Фильтр механической очистки с гранулированной загрузкой периодического действия в рабочем режиме (а) и при регенерации (б):

1, 8 — патрубок; 2 — распределитель жидкости; 3 — корпус; 4 — загрузка; 5 - центральный коллектор; 6 — гравий; 7 — перфорированные лучи.

Правильно сконструированный фильтр при верно подобранных гранулометрическом составе загрузки и скорости подачи жидкости работает практически всем объемом загрузки. Фронт загрязнений постепенно опускается вниз по слою загрузки. При слишком высокой скорости воды резко снижается эффективность фильтрации, а при слишком малой загрязнения собираются только в верхнем слое загрузки.

Наиболее эффективны и экономичны многослойные фильтры, которые для увеличения грязеемкости слоя и эффективности фильтрации составляют из материалов с различной плотностью и крупностью частиц так, чтобы сверху слоя были крупные легкие, а внизу мелкие тяжелые частицы. В этом случае крупные загрязнения задерживаются, в верхнем слое, а оставшиеся мелкие — в нижнем слое, т. е. работает весь объем загрузки. Размеры и плотность частиц подбираются так, чтобы их скорости псевдоожижения были близки. Тогда при регенерации обратной промывкой (взрыхлении) «кипит» весь слой (рис.1, б).

Следует отметить, что скорость фильтрации в механических фильтрах незначительно зависит от применяемого материала. Эта скорость для разных материалов с оптимальным гранулометрическим составом составляет 2-5 м/ч для безнапорных и 8—12 м/ч для напорных.

Регенерация зернистой загрузки (взрыхление) заключается в ее отмывке водой снизу вверх с такой скоростью, при которой происходит псевдоожижение загрузки и ее расширение на 30—50%. В таком режиме частицы как бы кипят; из межпорового пространства удаляются задержанные взвеси, а при соударении частиц с их поверхности удаляются налипшие загрязнения.

После окончания взрыхления слою загрузки дают осесть, и затем начинается фильтрация. Первые объемы отфильтрованной воды, содержащие некоторое количество загрязнений, сбрасывают в канализацию, это называют «санитарной промывкой».

В современном варианте фильтр имеет корпус из оцинкованной, гуммированной или нержавеющей стали, или же из пластика. Последний представляет собой внутренний корпус (лейнер) из пищевого полиэтилена, укрепленный сверху стеклопластиковой оболочкой либо отлитый из специального пищевого стеклопластика. Внутри корпуса располагаются нижняя и верхняя дренажно-распределительные системы низкого сопротивления, выполненные из

пластмассы (АБС, полипропилен, ПВХ) (рис. 2). Для улучшения распределения раствора по сечению и уменьшения забивания отверстий дренажа, нижнее дренажное устройство засыпается слоем специально подобранного окатанного гравия с заданным гранулометрическим составом.

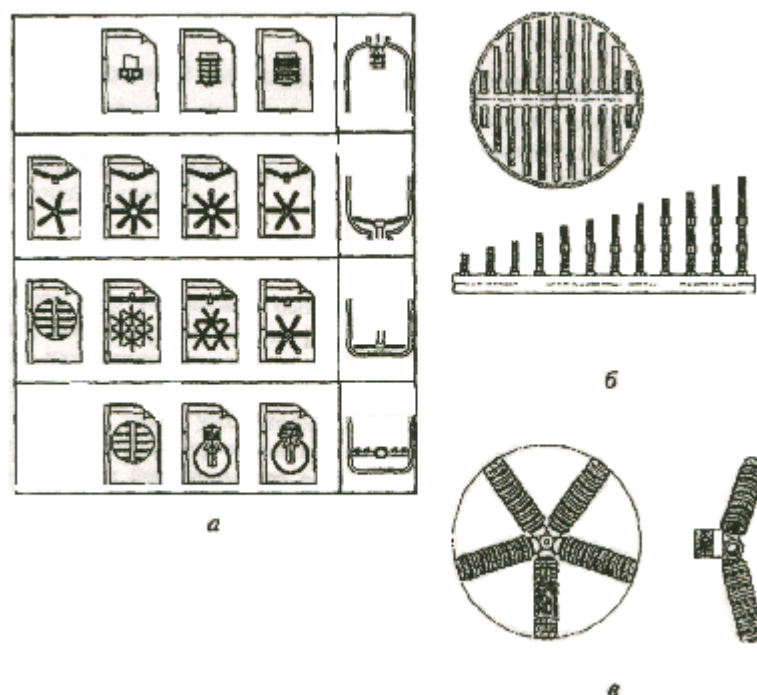


Рис.2. Дренажно-распределительные системы:

а — варианты исполнения и расположения;

б — с горизонтальным коллектором;

в — наклонный с центральным коллектором.

Современные фильтры снабжаются блоком автоматического управления, который представляет собой электронный или механический таймер, включающий через определенное время (1 раз в сутки или реже) программу регенерации. Как правило, регенерация производится в ночное время, когда потребление воды минимально. Программа регенерации включает в себя выполнение операций взрыхления, осаждения загрузки и санитарную промывку. Промывные воды сбрасываются в канализацию. Продолжительность всех операций устанавливается при наладке фильтра, а потребитель имеет возможность корректировать их при изменении качества воды и износе загрузки. Сигнал от задатчика программы регенерации поступает либо на двигатель многоходового гидроклапана, производящего переключения всех потоков в фильтре (рис. 3), либо на отдельные гидро- или пневмоклапаны, установленные на трубопроводах обвязки фильтра.

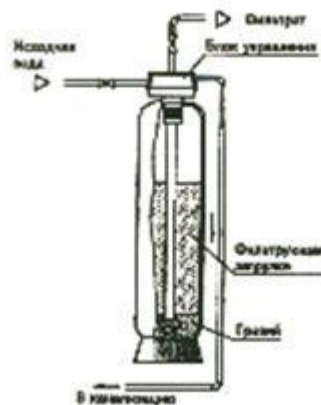


Рис. 3. Конструкция фильтра зернистого слоя с блоком управления.

Фильтрующая загрузка для механических фильтров должна удовлетворять многим требованиям. Наиболее важны ее гидравлические характеристики. Они определяются плотностью частиц, их размерами и формой, фракционным составом.

Кроме того, загрузки должны быть прочными, не измельчающимися при фильтрации и взрыхлении, не растворяющимися в воде и не выделяющими в нее загрязнения и т. п., а также дешевыми. Если загрузка имеет широкий гранулометрический состав, то при регенерации верхние мелкие частицы могут уже уноситься из фильтра, в то время как нижние крупные частицы еще не начнут псевдоожижаться. Поэтому выбор загрузок и их фракционного состава является компромиссным решением.

Традиционными нагрузками механических фильтров и фильтров обезжелезивания являлись кварцевый песок и дробленый антрацит. В последние годы отечественная промышленность обеспечила выпуск таких традиционных загрузок, но значительно более высокого качества, например, кварцевый песок (Гора Хрустальная), керамзитовый гравий различных фракций, и новых видов — гидроантрацит, фильтрантрацит, стеклощебень, горелые породы, цеолиты, со значительно лучшими характеристиками, чем ранее применявшиеся загрузки. Например, гидроантрацит типа Пуrolat имеет более высокую пористость по сравнению с обычными антрацитами, минимальное количество мелких фракций, выпускается с различным гранулометрическим составом (0,5-1,2; 0,6-1,2; 0,6-1,6; 0,6-1,8; 0,8—2,0; 1—3 мм), что позволяет создавать многослойные фильтры. В результате повышается эффективность — выше грязеемкость, более продолжительный фильтроцикл, меньший расход воды на регенерацию. Аналогичные материалы предлагают и многие зарубежные фирмы. Кроме того, в их ассортименте имеются и другие материалы, такие как Filter-Ag (FAG), представляющий безводный оксид кремния с большой поверхностью, цеолиты клиноптилолитного типа, гранитная крошка, гарнет и т. п. Их основное преимущество — высокая стабильность показателей, возможность выбора заданного достаточно узкого фракционного состава и удобная упаковка. Отсортированного окатанного гравия, необходимого для малогабаритных фильтров, наши предприятия пока не производят. Поставка загрузок производится в мешках по 25, 28, 50 кг или в контейнерах по 1 м³.

В табл. 1 дается перечень распространенных фильтрующих загрузок и их параметров.

Таблица 1.

Свойства фильтрующих загрузок.

№ п/п	Материал, торговая марка	Диаметр зерен, мм	Грязеемкость, кг/м ³	Рекомендуемая скорость жидкости при фильтровании, м/ч	Рекомендуемая скорость жидкости при промывке, м/ч	Фирма-изготовитель
1	Кварцевый песок	0,6-1,8		7-10	40-60	«Гора Хрустальная»
2	Гидроантрацит, Пуrolат	0,6-1,6		7-15	30-50	Фирма «Пуrolат»»
3	Цеолит Cristal-Right	0,8-1,8		10-20	20-24	
4	Цеолит, BJRM	0,6-0,8		8-12	24-30	
5	Цеолит, MTM	0,6-0,7		7-12	24-30	
6	Цеолит, Green Sand	0,3-0,4		7-12	24-30	Фирма Crack Corp
7	Пиролюзит Pyrolox	0,5-0,6		7-12	60-73	

Расчет объемных фильтров.

Предварительно надо выбрать загрузку фильтра, получив соответствующее значение грязеемкости. Далее определяем потребный объем загрузки, задавшись продолжительностью межрегенерационного периода, которая для удобства эксплуатации не должна быть меньше 6 часов:

$$V_{\text{заг}} = \frac{W_0 \cdot c_0 \cdot t_{\phi}}{\Gamma_P} \quad (1)$$

где W_0 – объемный расход очищаемого раствора, м³/ч; c_0 – концентрация взвесей в растворе, кг/м³; t_{ϕ} – продолжительность межрегенерационного периода, час; Γ_P – грязеемкость загрузки, кг/м³.

Ориентируясь на рекомендуемую в табл.1 скорость фильтрования, определяем общую потребную площадь сечения загрузки:

$$F_{\text{общ}} = \frac{W_0}{\omega_{\phi}} \quad (2)$$

где ω_{ϕ} – выбранная скорость фильтрования, м/ч.

Определяем потребное количество фильтров для обеспечения заданного расхода жидкости W_0 :

$$N_{\Phi} = \frac{F_{\text{обш}}}{F_{\Phi}} \quad (3)$$

где F_{Φ} – площадь сечения корпуса фильтра, выбранного из каталога (табл. 2).

Проверяем объем загрузки, размещаемый в выбранных фильтрах, имея ввиду, что загрузка занимает 75-80% геометрического объема корпуса:

$$V_{\text{заг.}} = 0,75 \cdot V_{\Phi} \cdot N_{\Phi} \quad (4)$$

При расхождении этой величины с объемом загрузки, определенных по уравнению 1, выбирают в табл. 2 другой фильтр и расчет повторяют.

На последнем этапе необходимо определить, какой расход промывной воды образуется при регенерации фильтров обратным током. Для этого задаются продолжительностью регенерации, которая обычно составляет 5-10 мин, и рассчитывают расход промывной воды, ориентируясь на скорость промывки из табл.1:

$$W_{\text{пр}} = F_{\Phi} \cdot \omega_{\text{пр}} \cdot t_{\text{пр}} \cdot n_{\text{пр}} \quad (5)$$

где $\omega_{\text{пр}}$ - скорость жидкости при промывке, м/ч; $t_{\text{пр}}$ - продолжительность промывки, час; $n_{\text{пр}}$ - количество промывок в час, час⁻¹.

Расход промывной воды должен быть учтен в материальном балансе и должны быть приняты технологические решения по обращению с этим потоком.

Таблица 3.

Ассортимент фильтров объемного действия колонного типа.

№ п/п	Габаритные размеры		Материал корпуса	Масса, кг	Объем, л	Изготовитель
	Высота	Диаметр				
1.1.	2675	1000	сталь	666	1600	Бийский котельный завод
1.2.	2475	1400	-//-	1000	2100	-//-

1.3.	3430	2000	-//-	2140	3600	-//-
1.4.	4080	3000	-//-	4558	9400	-//-
2.1.	478	213	пластик	1,5	18	Фирма Structurol
2.2.	1028	213	-//-	3,4	38	-//-
2.3.	1387	333	-//-	10	104	-//-
2.4.	1641	409	-//-	20	185	-//-
2.5.	1630	548	-//-	32	310	-//-
2.6.	1880	625	-//-	41	450	-//-
2.7.	2040	485	-//-	84	710	-//-
2.8.	2110	942	-//-	99	1020	-//-
2.9.	2430	1054	-//-	133	1360	-//-
2.10.	2465	1219	-//-	178	1840	-//-
3.1.	1700	400	сталь оцинкованная	39	200	Фирма LoriSan
3.2.	1800	500	-//-	58	320	-//-
3.3.	1800	650	-//-	90	520	-//-
3.4.	2100	750	-//-	138	760	-//-
3.5.	2685	1000	-//-	298	1650	-//-
3.6.	2970	1250	-//-	422	2800	-//-
3.7.	3060	1500	-//-	780	3950	-//-

3.3.6. Центрифуги.

Под центрифугированием понимают процесс разделения неоднородных систем (эмульсий и суспензий) в поле центробежных сил с использованием сплошных или проницаемых для жидкости перегородок. Процессы центрифугирования проводятся в машинах, называемых центрифугами.

Под действием центробежных сил суспензия разделяется на осадок и жидкую фазы, называемую фугатом.

В отстойных центрифугах со сплошными стенками производят разделение эмульсий и суспензий по принципу отстаивания, причем действие силы тяжести заменяется действием центробежной силы.

В фильтрующих центрифугах с проницаемыми стенками осуществляют процесс разделения суспензий по принципу фильтрования, причем вместо разности давлений используется действие центробежной силы.

Таким образом, общие закономерности центрифугирования имеют сходство с закономерностями отстаивания и фильтрования. Однако процессы в отстойных и фильтрующих центрифугах сложнее соответствующих процессов в отстойниках фильтрах. Это обусловлено тем, что в центрифугах вместо силы тяжести и разности давлений действует центробежная сила, достигающая больших значений, а вместо плоских слоев жидкости и осадка образуются слои с цилиндрическими граничными поверхностями, усложняющими зависимость процесса от геометрических факторов.

Разделение эмульсий в отстойных центрифугах обычно называют сепарацией, а устройства, в которых осуществляется этот процесс, - сепараторами. Примером такого процесса является выделение сливок из молока.

При разделении суспензий в отстойных центрифугах различают процессы центробежного осветления и центробежного отстаивания. В первом случае из жидкости удаляются твердые примеси, содержащиеся в ней в незначительном количестве, например при осветлении лаков и смазочных масел. Во втором случае разделяется суспензия, в большом количестве содержащая твердую фазу, например, суспензия угля в воде.

В связи со сложностью закономерностей центрифугирования и разнообразия конструкций применяемых на практике центрифуг разработка теории процесса и точных методов расчета его затруднительна. Следует считать, что наиболее надежных данных для расчета процесса центрифугирования можно получить на основании опытов по разделению данной эмульсии или суспензии на небольшой центрифуге, конструктивно по возможности воспроизводящей рассчитываемую.

Главными факторами, определяющими выбор центрифуги, являются: для суспензий степень дисперсности твердой фазы, эффективная плотность (разность плотностей твердой и жидкой фаз) твердых частиц и их концентрация; для эмульсий стойкость эмульсии, обусловленная степенью раздробленности капель одной жидкости в другой, вязкость дисперсионной среды и соотношение плотностей фаз.

По сравнению с фильтрами центрифуги имеют следующие преимущества, обуславливающие их большое распространение: а) высокая интенсивность процесса за счет больших значений фактора разделения; б) компактность (в отличие от фильтров, не требуется вспомогательное оборудование для поддержания движущей силы процесса вакуум-насосов, насосов); в) большие возможности механизации, автоматизации процесса; г) меньшие требования к суспензии и осадку.

Крупным недостатком центрифуг является их сложность, высокие требования к точности изготовления, большая стоимость.

[Проектанту необходимо провести выбор и расчет центрифуг.](#)

Выбор и расчет центрифуг.

3.26.

Выбор и расчет центрифуг.

Классификация центрифуг. Центрифуги классифицируют: 1) по величине фактора разделения; 2) по физической сущности процесса; 3) по характеру работы; 4) по расположению ротора; 5) по способу выгрузки осадка.

1. По фактору разделения промышленные центрифуги условно делят на: нормальные центрифуги с фактором разделения $\Phi_p < 3500$; скоростные или сверхцентрифуги с фактором разделения $\Phi_p > 3500$.

2. По физической сущности процесса - осадительные и фильтрующие.

3. По характеру работы - периодически и непрерывно действующие центрифуги.

4. По расположению ротора:

5. По способу выгрузки осадка из барабана различают центрифуги с выгрузкой ручной, гравитационной, шнековой, ножами и скребками, пульсирующими поршнями и др.

Номенклатура базовых моделей центрифуг включает следующие типы:

ФГП - фильтрующая, с горизонтальным ротором и пульсирующей выгрузкой осадка;

ФВИ - фильтрующая, с вертикальным ротором и инерционной выгрузкой осадка;

ФВВ - фильтрующая, с вертикальным ротором и вибрационной выгрузкой осадка;

ФГШ - фильтрующая, с горизонтальным ротором и шнековой выгрузкой осадка;

ФВШ - фильтрующая с вертикальным ротором и шнековой выгрузкой осадка;

ОГШ - осадительная, с горизонтальным ротором и шнековой выгрузкой осадка;

ФГН - фильтрующая, с горизонтальным ротором и ножевым съемом осадка;

ФПН - фильтрующая, подвесная, с ножевой выгрузкой осадка;

ФПС - фильтрующая, подвесная, саморазгружающаяся;

ФМН - фильтрующая, маятниковая с ножевой выгрузкой осадка;

ФМБ - фильтрующая, маятниковая, с ручной выгрузкой осадка через верхний борт;

ФМД - фильтрующая, маятниковая, с ручной выгрузкой осадка через днище;

ФВБ - фильтрующая, вертикальная, с ручной выгрузкой осадка через верхний борт;

ОТР осветляющая, трубчатая, с ручной выгрузкой осадка.

Как видно из приведенной классификации, подавляющее большинство выпускаемых типов центрифуг - фильтрующие. Это объясняется тем, что в фильтрующих центрифугах, как правило, обеспечивается большая четкость разделения, получается менее влажный осадок.

Среди отстойных центрифуг внимания заслуживают декантеры – центрифуги типа ОГШ.

На рис.1 и 2 показано принципиальное устройство центрифуги.

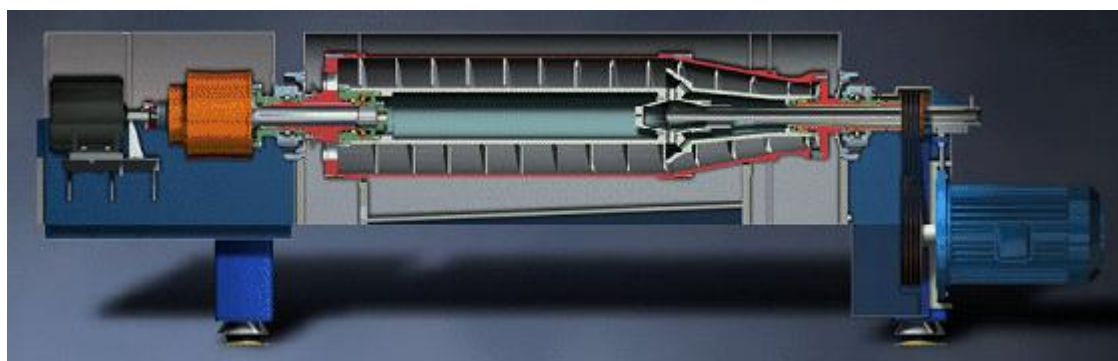


Рис.1. Продольный разрез декантерной центрифуги.

Работа декантера протекает следующим образом. Исходный продукт поступает в цилиндроконический барабан системы через центральную трубу, входящую в полый вал шнека (рис. 1). После выхода из трубы исходный продукт распределяется по барабану, вовлекается во вращение и плавно ускоряется до максимальной частоты вращения. Под действием высокой центробежной силы, достигающей значений 3000 G и более, частицы твердой фазы оседают на внутренней стенке и непрерывно продвигаются шнеком в коническую часть барабана. Транспортирующая способность шнека определяется разностью частот вращения между шнеком и барабаном.

Разделение исходного продукта происходит по всей длине цилиндрической части барабана, при этом осветленная жидкая фаза выходит из цилиндрического торца через регулировочные кольца.

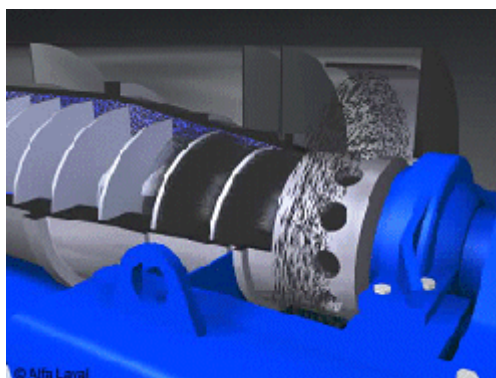


Рис.2. Выгрузка твердой фазы из конической части барабана.

Декантерные центрифуги предназначены для отделения из жидкой фазы твердых частиц с диаметром от 5 мм до нескольких микрон. Они также могут обрабатывать суспензии с массовым содержанием твердой фазы от 0,1 % до 65%.

На сегодняшний день рынок может предложить широкий спектр декантеров различной производительности для решения задач по сепарации в различных отраслях промышленности, в том числе и для разделения прогидролизованной массы растительного сырья в технологии производства пектина, спирта, лекарственных препаратов и т.п.

Декантерные центрифуги являются наилучшим оборудованием для сепарации твердых частиц благодаря их высокой надежности, низкому отношению капитальных затрат к производительности и низким расходам на техническое обслуживание. Кроме того, эти декантеры могут работать при колебаниях подачи сырья более эффективно, чем центрифуги или сепарационное оборудование других видов. Благодаря высокому качеству изготовления и уровню автоматизации, декантерные центрифуги не требуют постоянного внимания оператора, ручного труда при обслуживании.

Второй тип широко распространенных отстойных центрифуг – это тарельчатые сепараторы, имеющие ротор диаметром 150-300 мм, вращающиеся со скоростью 5000-10000 об/мин. Они предназначены для разделения эмульсий, а также для осветления жидкостей.

В жидкостном сепараторе тарельчатого типа (рис. 3) обрабатываемая смесь в зоне отстаивания разделена на несколько слоев, как это делается в отстойниках для уменьшения пути, проходимого частицей при оседании. Эмульсия подается по центральной трубе 1 в нижнюю часть ротора, откуда через отверстия в тарелках 2 распределяется тонкими слоями между ними. Более тяжелая жидкость, перемещаясь вдоль поверхности тарелок, отбрасывается центробежной силой к

периферии ротора и отводится через отверстие 3. Более легкая жидкость перемещается к центру ротора и удаляется через кольцевой канал 4.

Отверстия в тарелках располагаются ориентировочно по поверхности раздела между более тяжелой и более легкой жидкостями. Для того чтобы жидкость не отставала от вращающегося ротора, он снабжен ребрами 5. Для той же цели тарелки имеют выступы, которые одновременно фиксируют расстояние между ними.

Примером сепараторов тарельчатого типа могут служить широко распространенные молочные сепараторы.

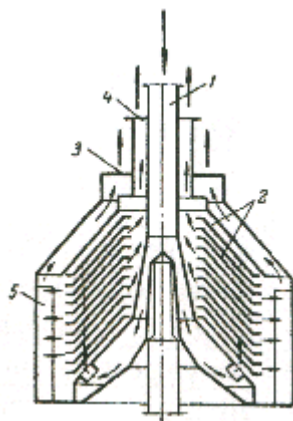


Рис. 3. Жидкостный сепаратор тарельчатого типа:

1 - труба для подачи эмульсии; 2 – тарелки; 3 - отверстие для отвода более тяжелой жидкости;

4 – кольцевой канал для отвода более легкой жидкости; 5 – ребра.

Поверочный расчет отстойных центрифуг проводится после выбора конкретного агрегата по рекомендациям производителя, когда станут известны такие параметры центрифуги, как K_p – фактор разделения, R – радиус ротора, n – скорость вращения ротора.

Из уравнений материального баланса можно определить производительность центрифуги по сухому твердому веществу:

$$M_T = W_0 \cdot \frac{c_0^{me}}{100}, \text{ кг/час (1)}$$

где W_0 – объемный расход подаваемой на разделение суспензии, м³/час; c_0^{me} – начальная концентрация суспензии по твердому веществу, кг/м³.

Производительность центрифуги по фугату:

$$W_{фуг} = W_0 \cdot \frac{100 - \varepsilon - x_0^{me}}{100 - \varepsilon - x_{фуг}^{me}}, \text{ м}^3/\text{час (2)}$$

где ϵ – влажность осадка в масс.%; $\lambda_0^{м\epsilon}$ и $\lambda_{фуг}^{м\epsilon}$ – концентрации твердого вещества в исходной суспензии и в фугате, %масс.

Расходы обоих потоков необходимо включить в расчет материального баланса технологической схемы и принять решение по методам обращения со сбросным потоком.

Выбор центрифуг можно провести из табл. 1.

Таблица 1.

Ассортимент центрифуг.

Фильтрующие центрифуги					
Марка	Производительность т/ч	Фактор разделе- ния	Габариты мм	Мощность электро- двигателя кВт	Производитель
ФВВ-1,50.С-1А	300		3653х2400х1880	60,75	Гидромашуг- леобогощение
ФВВ-1,50.С-2	400		3653х2400х1935	80,75	-//-
ФВШ-1320	180-200		3500х2300х1800	55	-//-
ЦфШнВ-1.00С-1	80		2350х1950х1400	37	-//-
ЦфВВ-1,00-МПт	100		3000х2200х1800	22	-//-
ЦфИГ-1,00-МПт	60-80		2005х2300х1840	22	-//-
ЦфШнГ-1,00- ВМ	100-120		2400х2300х1850	37	-//-
1/2ФГП-401К-04		570	2100х1860х2630	11	Терра
1/2ФГП-401К-05		570	2100х1860х2630	11	-//-
1/2ФГП-401Т-06		570	2100х1860х2630	11	-//-
1/2ФГП-631К-01		595	2230х1735х2850	11	-//-
1/2ФГП-631К-02		595	2230х1735х2850	11	-//-
1/2ФГП-651У-03		523	3224х1813х1994	30	-//-
1/2ФГП-809К-05		644	3240х2260х2820	30	-//-
1/2ФГП-801К-06		644	3240х2235х2700	30	-//-
1/2ФГП-801К-07		644	3240х2235х2700	30	-//-
1/2ФГП-801К-10		644	2960х2225х2690	30	-//-
1/2ФГП-1201Т- 01		377	3600х2990х3630	37	-//-
1/2ФГП-1201К- 03		377	3600х2990х3630	37	-//-
1/2ФГП-1201К- 04		377	3600х2990х3630	37	-//-
1/2ФГП-1451К- 01		343	4400х3100х4000	75	-//-
ФГШ-401К-02		1500	1650х1400х1285	15	-//-
ФГШ-401К-05		2010	1520х1440х1220	18,5	-//-
Глиноотделитель		1887	2575х1850х1200	30	-//-

ГЦ-2У					
ФГН-633Т-03		2200	2270x1700x1880	22	-//-
ФГН-633К-03		2200	2270x1700x1880	22	-//-
ФГН-903Т-01		1505	2400x2920x2700	30	-//-
ФГН-903К-05		1505	2400x2920x2700	30	-//-
ФГН-903К-06		1505	2400x2920x3520	30	-//-
ФГН-1253Т-03		1060	4500x3150x3980	40	-//-
ФГН-1253К-03		1060	4500x3150x3350	40	-//-
ФГН-1253Г-01		710	4500x3150x3980	40	-//-
ФГН-1801К-05		550	4240x5160x4200	75	-//-
ФГН-2001К-01		610	4240x4660x4550	75	-//-
ФГН-2001К-02		610	4950x4660x4550	75	-//-
ФГН-2003Т-01		715	4960x4800x4415	75	-//-
ФВШ-1.00С-1	80-100		2950x2300x1400	37	ООО «ЮгПром-Альянс»
ФВШ-1320	120-200		3030x2170x1750	55	-//-
ЦфШнГ-1,00-ВМ-02П	100-120		2400x2400x2050	37	-//-
Осадительные центрифуги					
Марка	Производительность л/ч	Фактор разделе- ния	Габариты мм	Мощность электро- двигателя кВт	Производитель
ЦоШнГ-0,63	3000-40000	250-500	3000x2000x1300	30	Гидромашуг-леобогощение
ЦоШнГ-0,80	70000-80000		3000x2440x2440	55	-//-
ЦоШнГ-1,32	220000-250000	265	4250x3700x1850	132	-//-
ОГШ-202К-03		4000	1490x860x590	5,5	Терра
ОГШ-202К-05		4000	1490x860x590	5,5	-//-
ОГШ-202К-07		4000	1490x860x590	5,5	-//-
ОГШ-207К-04		3760	1710x1170x708	7,5	-//-
ОГШ-207К-08		3760	1710x1170x708	7,5	-//-
ОГШ-321У-01		3231	1640x1110x660	11	-//-
ОГШ-321К-01		3231	164x1110x600	11	-//-
ОГШ-352К-01		3533	1745x1180x725	7,5	-//-
ОГШ-352К-09		3533	1745x1180x725	7,5	-//-
ОГШ-352К-04		3285	2175x1484x810	22	-//-
ОГШ-352К-07		3533	1880x1550x845	15	-//-
ОГШ-352К-14		3127	2700x1600x1000	37	-//-
ОГШ-353К-09		3209	2630x1860x1135	22	-//-
ОГШ-501У-01		2515	2505x1965x1020	30	-//-
ОГШ-501У-02		2020	3580x2120x1220	55	-//-
ОГШ-501К-06		2190	2585x2100x1080	30	-//-
ОГШ-501К-10		2020	3580x2120x1220	55	-//-
ОГШ-501К-11		2515	2505x1965x1020	30	-//-

ОГШ-502К-12		2515	2505x1965x1020	30	-//-
ОГШ-502К-15		1477	2440x1810x1090	30/18,5	-//-
ОГШ-501К-13		2190	2345x1965x976	30	-//-
ОГШ-631К-06		2500	4685x2400x1300	75	-//-
ОГШ-631У-06		2500	4685x2400x1300	75	-//-
ОГШ-802К-07		1530	4370x2770x1395	90	-//-
ОГШ-1001У-01		616	6730x3460x1885	110	-//-
ОГН-903К-02		1508	2250x2300x2700	30	-//-
ОГН-903Т-02		1450	3180x2370x2350	30	-//-
ОГН-2003К-01		640	4950x4600x4550	75	-//-
ОСЦП-3	3000		930x685x1230	55	Махачкалинский машиностроительный завод Сепаратор
ОСЦП-5	5000		930x685x1230	7,5	-//-
А1-ОЦР5	5000		1238x783x1400	11	-//-
ОСЦП-10-М	10000		1270x910x1870	15	-//-
ОСЦП-15	15000		2010x1680x2000	18,5	-//-
А1-ОЦМ-5	5000			5,5	-//-
А1-ОЦМ-10	10000		1025x705x1210	7,5	-//-
Г9-ОЦМ-15	15000		1010x792x1230	11	-//-
А1-ОХО	10000		1140x780x1460	11	-//-
А1-ОХЦП-10	10000		1270x910x1870	11	-//-
ОКНП-5	5000-5500		1050x1050x1440	11	-//-
Г9-РТОМ-4,6	15000		1090x880x1520	7,5	-//-
ВСБМ	18000		1070x825x1356	11	-//-
ВВЦГ	5000		1010x792x1230	7,5	-//-
А1-АОЖ	4000		1450x1100x1700	15	-//-
ТМЦО	5000		935x705x1380	7,5	-//-
Ж5-ОСБ	1020-1260			1,5	Экомаш
ОСЦП-3	3000			7,5	-//-
Ж5-ОС2Т-3	5000		860x590x1445	5,5	-//-
Ж5-ОС2-НС	10000		1200x850x1780	15	-//-

3.3.7. Обезжелезиватели.

Железо в воде может находиться в виде ионов двух- и трехвалентного железа, а также в виде коллоидных частиц тонкодисперсной взвеси $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и FeS . Вместе с тем нормы содержания железа в питьевой воде по СанПиН 2.1.4.1074-01 составляют всего 0,3 мг/л. Требования многих производств значительно жестче.

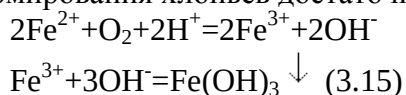
В подземных водах присутствует, в основном, растворенное двухвалентное железо в виде ионов Fe^{2+} . Трехвалентное железо появляется после контакта такой воды с кислородом воздуха и в изношенных системах водораспределения при контакте воды с поверхностью труб.

В поверхностных водах железо уже окислено до трехвалентного состояния и, кроме того, входит в состав органических комплексов и железобактерий.

Подход к очистке таких вод различен.

Если в воде присутствует только трехвалентное железо в виде взвеси, что бывает в системах питающихся подземной водой через водонапорные башни, достаточно простого отстаивания или механической фильтрации на фильтрах с размерами пор менее 5 мкм.

Для извлечения растворенных двухвалентного железа и марганца сначала необходимо их окислить и перевести в нерастворенную форму. Для окисления используют кислород воздуха, хлор, озон, перманганат калия. Частицы окисленных железа и марганца в виде гидроокисей отфильтровываются на гранулированной загрузке. Эта операция обычно сопряжена с механической фильтрацией и может производиться на традиционных песчаной, антрацитовой или гравийной загрузках. Однако их эффективность низка, поскольку процесс окисления и формирования хлопьев достаточно длителен.



Такие материалы начинают эффективно работать только после наращивания на их частицах слоев гидроокиси железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$, работающей как катализатор дальнейшего окисления.

Принципиально новыми продуктами, появившимися в последнее десятилетие, являются специальные каталитические загрузки, позволяющие с высокой эффективностью проводить обезжелезивание и деманганацию. Это природные материалы, содержащие диоксид марганца, типа пиролюзита, либо цеолита, в которые при соответствующей обработке вводится диоксид марганца. При пропускании воды, содержащей двухвалентное железо и поливалентный марганец, через слой таких наполнителей происходит окисление железа и марганца и их перевод в нерастворимую гидроокись, осаждающуюся на загрузке. К таким катализаторам относится и сульфоуголь.

Проектирование и расчет установок обезжелезивания ведется по специальной методике.

Проектирование установок обезжелезивания.

Дополнение 3.27.

Проектирование установок обезжелезивания.

Исходными данными для проектирования являются следующие: 1 – производительность установки W_0 , м³/ч; 2 – содержание железа в начальной воде c_0^{Fe} , г/л; 3 – требования к качеству обезжелезивания, $c_{\text{II}}^{\text{Fe}}$, г/л.

Установки для обезжелезивания состоят из следующих элементов: а – устройства для ввода воздуха или другого окислителя; б – контактного устройства для завершения процесса окисления и хлопьеобразования; в – осветлительного фильтра для удаления осадка гидроокиси железа.

В случае, когда содержание железа незначительно (единицы мг в 1 литре), при пропускании воды через каталитическую загрузку содержащегося в воде кислорода оказывается достаточно для окисления железа. Образующаяся гидроокись отфильтровывается на слое загрузки. При большем содержании железа (до 10 мг/л) или недостатке растворенного кислорода (например, в подземных водах) для окисления всего железа в воду необходимо ввести кислород воздуха. Он может быть подан прямо в трубопровод с помощью эжектора или компрессора (рис. 1.а) или методом объемной аэрации (рис. 1.б). Сам фильтр и блок автоматического управления аналогичны механическому, но установка обязательно снабжена автоматическим воздухоотделителем. При дополнительном введении воздуха желательно иметь до фильтра деаэрационную колонну. Объемная аэрация позволяет, кроме того, отдувать из воды присутствующий сероводород и создать буферный запас воды.

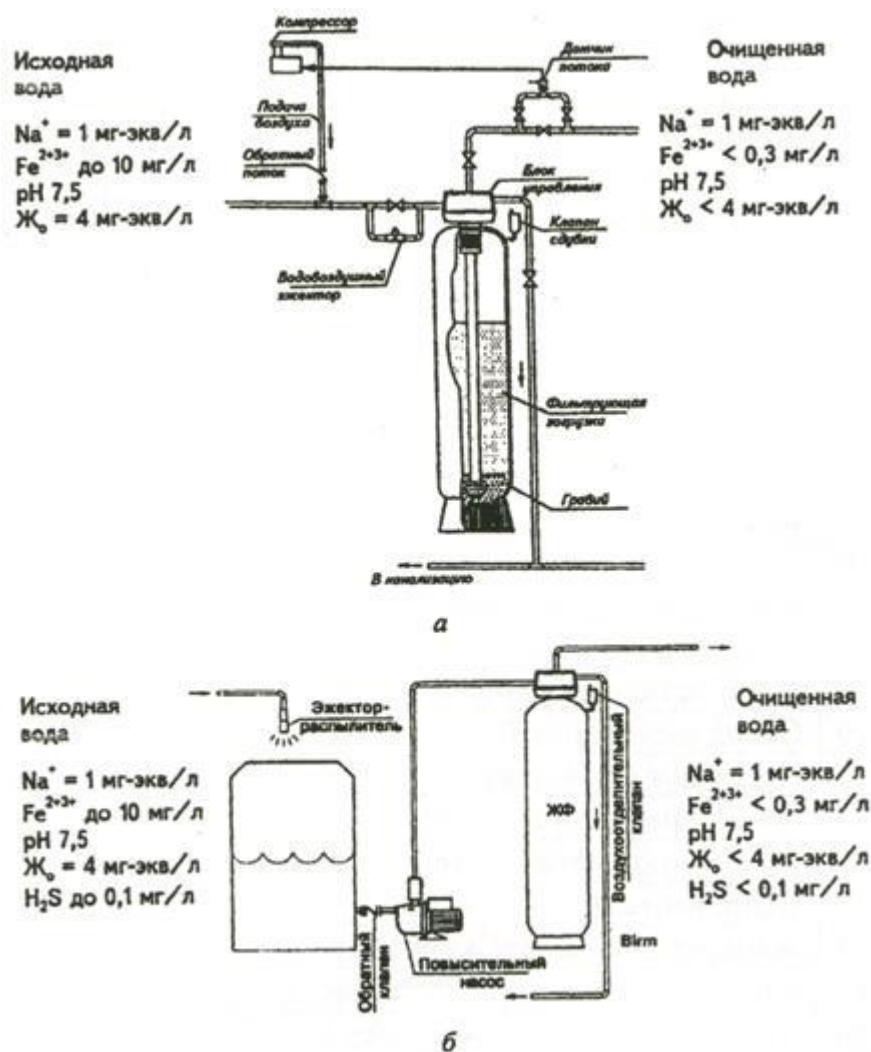


Рис.1. Способы обезжелезивания воды:

а – ввод воздуха компрессором или эжектором; б – захват воздуха распылением воды.

При больших расходах воды в качестве контактного устройства используют градирни.

При наличии контактного устройства расчет осветлительного фильтра проводится по методике расчета фильтров объемного действия.

Если применяется каталитическое окисление, то функции контактного устройства выполняет осветлительный фильтр, загрузка которого обладает каталитическим действием.

Требуемый объем загрузки определяется по формуле:

$$V_3 = \frac{W_0 \cdot (c_0 - c_{II}) \cdot \tau}{n \cdot \text{ПОЕ}}, \text{ м}^3 \quad (1)$$

где τ - продолжительность работы фильтра в сутки; n - количество регенераций фильтра в сутки; ПОЕ - полная обменная емкость катализатора, г-экв/м³. Для сульфогля $\text{ПОЕ} = 570 \text{ г-экв/м}^3$.

Принимаем: высоту слоя загрузки H_3 – и определяем общую площадь фильтрации:

$$F_3 = \frac{V_3}{H_3}, \text{ м}^2 \quad (2)$$

Выбираем фильтр по каталогу фильтров объемного действия и определяем потребное количество фильтров:

$$N_{\Phi} = \frac{4 \cdot F_3}{\pi \cdot d^2} \quad (3)$$

Рассчитываем общее количество осадка, накапливающегося в одном фильтре за один цикл его работы:

$$M_{\text{ос}} = \frac{W_0 \cdot (c_0 - c_{II}) \cdot \tau}{n \cdot N_{\Phi}} \quad (4)$$

Полученная величина не должна превышать рекомендуемое значение для фильтров.

Расход воды на регенерацию фильтров:

$$W_{\text{пр}} = F_3 \cdot \omega_{\text{пр}} \cdot t_{\text{пр}} \cdot n, \text{ м}^3/\text{час} \quad (5)$$

где $\omega_{\text{пр}}$ – рекомендуемая скорость жидкости при промывке, м/ч; $t_{\text{пр}}$ – продолжительность промывки, час; n – количество регенераций в час.

Проектанту необходимо принять решения по обращению с промывной водой.

3.3.8. Флотаторы.

Флотация – метод выделения из воды диспергированных и эмульгированных примесей за счет их способности прилипать к воздушным пузырькам и вместе с ними подниматься в пенный слой. Прилипание основано на гидрофобном взаимодействии частицы с газовым пузырьком, поэтому полезно перед разделением провести гидрофобизацию поверхности частиц добавками соответствующих реагентов, обычно поверхностно-активных веществ.

Для ввода воздуха в жидкость используют несколько способов: 1 – барботаж через перфорированные и пористые распределители; 2 – эжекция, т.е. захват воздуха при создании разрежения в струе жидкости; 3 – выделение растворенного воздуха при его предварительном растворении в воде под давлением (напорная флотация); 4 – выделение H_2 и O_2 в виде пузырьков за счет электролиза воды (электрофлотация); 5 – сатурирование через пористую мембрану при прокачивании жидкости через трубчатый элемент (мембранная флотация).

Обработку воды флотацией рекомендуется использовать при содержании загрязнений до 150 мг/л. Оптимальная крупность извлекаемых частиц находится в пределах 10^{-3} - 10^{-1} см, чего можно добиться введением флокулянтов. Оптимальный размер пузырька – 15-30 мкм.

Для целей проектирования необходимо выбрать [конструкцию флотатора и провести расчет его основных параметров](#).

Конструкции флотаторов и их расчет.

Конструкции флотаторов и их расчет.

Рассмотрим подробнее все стадии процесса флотации. Принципиально все происходит следующим образом: пузырек воздуха при своем движении вверх сталкивается с частицей твердого вещества, прилипает к ее поверхности и, в случае превышения его подъемной силы над весом частички, поднимает ее вверх.

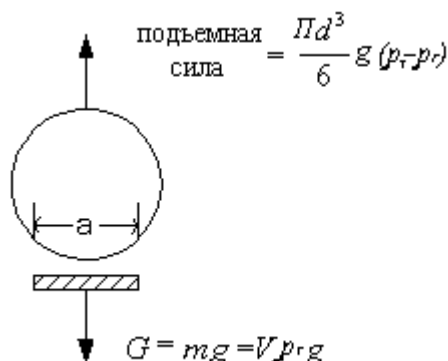


Рис.1. Схема взаимодействия пузырька с частицей.

При сближении пузырька и частицы между ними находится все уменьшающаяся по толщине прослойка воды. Она состоит из двух частей, обладающих различными свойствами: относительно толстый слой, несколько удаленный от поверхности и пузырька, и частицы, не отличается от обычной воды; и два гидратных слоя на поверхности частицы и пузырька, обладающих специфическими свойствами.

Прослойка неизменной воды удаляется из щели между частицей и пузырьком относительно легко и в соответствии с общими законами гидродинамики тем скорее, чем скорее снижается частица с пузырьком и чем меньше площадь щели между ними.

Наиболее важный этап прилипания наступает тогда, когда соприкасаются гидратные оболочки частицы и пузырька. Молекулы воды в оболочках находятся в силовом поле поверхностей и связаны друг с другом, образуя своеобразный каркас. Для разрушения гидратных оболочек надо произвести определенную работу. На рис. 2 показано изменение свободной энергии гидратной прослойки по мере ее утончения при сближении пузырька и частицы.

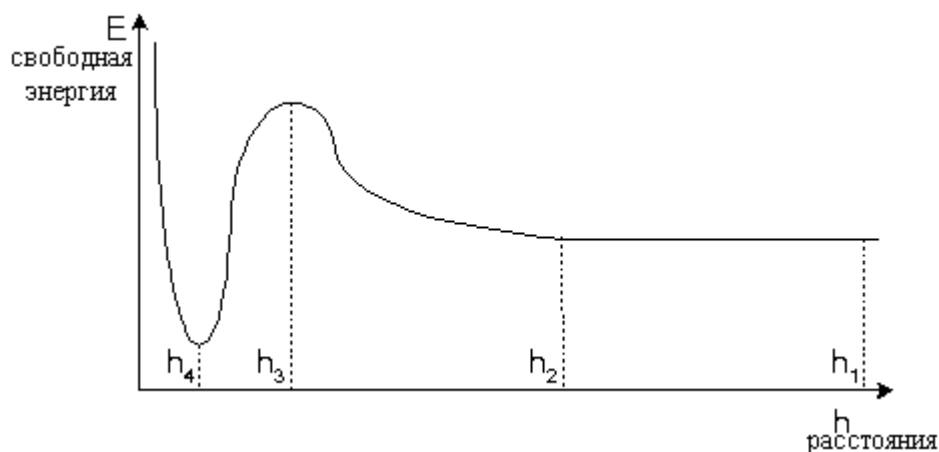


Рис. 2. Изменение свободной энергии системы в процессе флотации.

Вначале, до соприкосновения гидратных оболочек, утончение прослойки воды происходит без возрастания свободной энергии этой прослойки, поскольку удаляется вода, молекулы которой легко подвижны. Затем с точки h_2 свободная энергия начинает возрастать. По достижении некоторого критического значения h_3 прослойка воды становится неустойчивой, и начиная с этого момента свободная энергия ее начинает резко снижаться. Пузырек как бы скачкообразно слипается с частицей, контактируя с ней по площадке a . На ней обычно остается тончайшая (h_4) пленка воды, которая очень прочно связана с твердой поверхностью и является как бы ее продолжением. Удаление этой пленки крайне затруднительно и связано с увеличением свободной энергии системы.

В случае гидрофильной поверхности частицы сближение ее с пузырьком происходит с постоянным возрастанием свободной энергии и прилипания не происходит.

Не менее важную роль при флотации играет также вспениваемость системы. Флотационная пена должна обладать следующими свойствами:

- удерживать всплывшие с пузырьками частицы;
- быть достаточно устойчивой во флотационной машине;
- легко разрушаться после удаления из флотационной камеры.

Иногда для улучшения свойств пены в суспензию добавляют пенообразующие вещества. При флотации полнота извлечения частиц из суспензии в пену зависит от ее структуры и способа образования. Чем мельче ячейки пены, тем больше поверхность раздела фаз, и, следовательно, количество сорбированных частиц.

Конструкция флотаторов. В состав флотационных установок входят флотационные камеры, совмещенные с камерами хлопьеобразования, узлы подготовки и распределения водовоздушного раствора, устройства для удаления и отвода пены. Флотационные камеры-флотаторы могут быть разнообразных форм (круглые или прямоугольные в плане) и конструкций с горизонтальным и радиальным направлением движения воды.

Наиболее широко используют флотаторы с горизонтальным движением воды. Они могут иметь в плане квадратную и прямоугольную формы. Длина камеры может быть в пределах 3 - 9 м, ширина до 6 м, отношение ширины к длине — в пределах $2/3$ - $1/3$. Глубина слоя воды во флотаторе должна быть 1,5 - 2,5 м. Прямоугольные флотаторы чаще всего бывают вытянуты в плане по ходу движения воды (рис.3), однако на некоторых установках для очистки природных и сточных вод флотаторы вытянуты в плане в направлении, перпендикулярном движению воды.

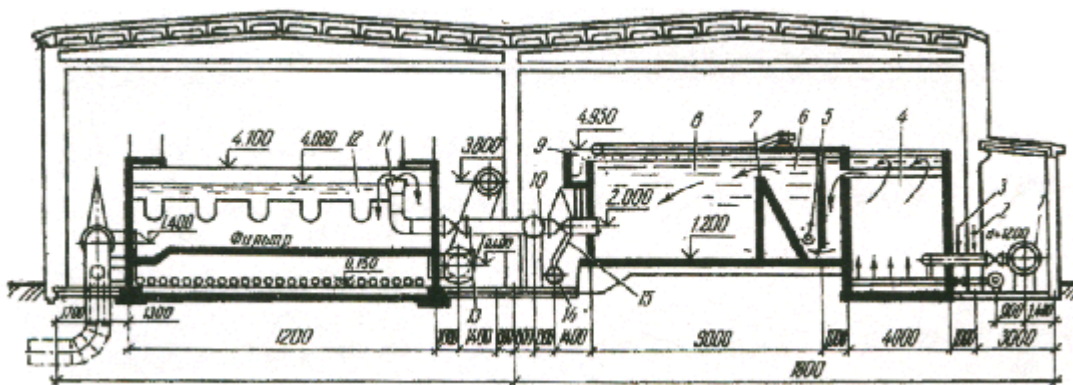


Рис. 3. Флотатор с горизонтальным движением воды, состыкованный

с камерой хлопьеобразования зашламленного типа:

1, 10 - подача исходной и отвод осветленной воды; 2, 3 - ввод реагентов;

4 - камера хлопьеобразования; 5 - распределительная система; 6 - зона смешения;

7 - распределительная перегородка; 8 - флотационная камера; 9 - желоб для сбора пены;

11 - передача воды на фильтр; 12 - скорый фильтр; 13 - подача промывной воды; 14 - водосток;

15 - сброс пены.

Во входной части прямоугольной флотационной камеры устанавливают под углом $60 - 70^\circ$ к горизонтали в сторону движения воды струенаправляющую перегородку. Днище флотационной камеры устраивают с уклоном $0,01$ к трубопроводу для опорожнения.

Скорость ввода обрабатываемой воды во флотатор не должна превышать скорости ее выхода из камеры хлопьеобразования, поэтому скорость движения обрабатываемой воды над струенаправляющей перегородкой назначают $0,016 - 0,02$ м/с.

Отвод осветленной воды из флотатора должен производиться равномерно из нижней части камеры с помощью подвесной стенки, направляющей поток к отводу воды из аппарата, либо с помощью отводящей системы из перфорированных труб. Скорость движения воды под подвесной стенкой или в отверстиях водосборной системы принимают $0,9 - 1,2$ м/с.

Удаление пены из флотатора производят либо кратковременным подъемом уровня воды с отводом ее через подвесные лотки, расположенные равномерно по площади камеры, либо с помощью специальных механизмов, перемещающих пену к сборным лоткам. Потери воды при сбросе пены принимают $1 - 1,5\%$ от расхода обрабатываемой воды.

Расчет флотаторов.

При проектной, промышленной и исследовательской работе возникает необходимость определения:

- числа потребных флотаторов данного размера (по времени флотации и производительности общей);
- возможной производительности (по количеству флотаторов и их размерам);
- времени флотации (по количеству и размеру флотаторов и общей производительности).

Основным показателем, необходимым для расчета, является оптимальное время флотации (для каждой ее операции). В каждом конкретном случае это время определяется путем проведения специальных опытов в лабораторных и полупромышленных условиях.

Все определяемые параметры связаны общей формулой:

$$n = \frac{W_F \cdot \tau}{V_K \cdot K_{зан}} \quad (1)$$

где W_F – объемный расход суспензии, поступающей на разделение, м³/ч; τ – время данной флотации, определенное заранее, с; V_K – геометрический объем камеры; $K_{зан}$ – коэффициент заполнения камеры суспензией, $K_{зан} \approx 0,65 - 0,75$.

3.3.9. Кристаллизаторы.

3.3.9. Кристаллизаторы.

Кристаллизацией называют выделение твердой фазы в виде кристалла из растворов или расплавов. В химической технологии процесс кристаллизации используют для получения веществ в чистом виде. Кристаллизацию проводят обычно из водных растворов, понижая растворимость кристаллизующего вещества за счет изменения температуры или удаления части растворителя. Кристаллизацию ведут также из расплавов путем их охлаждения.

В условиях производства процесс кристаллизации складывается из отдельных операций: собственно кристаллизации, отделения кристаллов от раствора (называемого в этом случае маточным), промывки кристаллов и их последующей сушки. В качестве предварительной операции, предшествующей кристаллизации и обеспечивающей необходимую концентрацию раствора, как правило, проводят выпаривание.

Растворимость большинства веществ при повышении температуры увеличивается, и, следовательно, для выделения кристаллов из раствора (насыщенного) необходимо охлаждение вещества. В тех случаях, когда растворимость мало зависит от температуры, для проведения процесса кристаллизации следует удалить часть имеющегося растворителя.

Скорость кристаллизации зависит от ряда факторов: степени пересыщения раствора, интенсивности перемешивания, наличие примесей и других причин. Кристаллизация начинается с возникновения зародышей, или центров кристаллизации, вокруг которых происходит рост кристаллов. Скорость образования зародышей зависит от температуры, механических воздействий (перемешивание, встряхивание), степени шероховатости стенок и др. Скорость кристаллизации не является постоянной величиной: вначале она увеличивается, а затем падает. С повышением температуры скорость роста кристаллов увеличивается, поскольку при этом ускоряется диффузия, облегчается подход из раствора новых молекул вещества, из которых складывается структура кристалла. На свойства получаемых кристаллов влияют условия, при которых происходит процесс кристаллизации (скорость охлаждения, перемешивание и др.).

Для целей проектирования необходимо выбрать условия кристаллизации, конструкцию кристаллизатора и провести его поверочный расчет.

Выбор условий кристаллизации, выбор и расчет кристаллизаторов.

Дополнение 3.29.

Выбор условий кристаллизации, выбор и расчет кристаллизаторов.

Влияние условий кристаллизации на свойства кристаллов. Рассмотрим основные факторы, влияющие на свойства кристаллов:

1. Форма кристаллов определяется природой кристаллизующего вещества и зависит также от наличия примесей в растворе. Например, хлористый калий из чистого водного раствора кристаллизуется в виде кубов, в присутствии мочевины – в виде кубооктаэдров. Более правильной формы, с хорошо развитыми гранями получают кристаллы при свободном их обтекании раствором (например, при кристаллизации во взвешенном слое). Слишком большая скорость движения суспензии приводит к сглаживанию ребер кристалла и их истиранию за счет энергичных соударений и трения о стенки аппарата и насоса.

2. Размер кристаллов. Более крупные кристаллы получают при медленном их росте и наибольших степенях пересыщения раствора. Существенное влияние на размер кристаллов оказывает перемешивание раствора. С одной стороны, интенсивное движение раствора облегчает диффузионный перенос вещества к граням кристаллов, способствуя их росту, с другой стороны, вызывает образование зародышей, т. е. накопление мелких кристаллов. Таким образом, перемешивание раствора порождает два противоположных явления. Нахождение оптимальной скорости движения раствора, определяющей желаемое соотношение между производительностью кристаллизатора и требуемыми размерами кристаллов, является одной из важнейших задач рациональной организации процесса массовой кристаллизации. Для ряда кристаллизующих веществ эти соотношения найдены экспериментально.

На размерах кристаллов сказывается наличие примесей. Присутствие поверхностно-активных веществ в растворе даже в очень небольших количествах может резко влиять как на форму, так и на размеры кристаллов. Некоторые из этих веществ при известных условиях, даже при больших степенях пересыщения, могут приостановить рост крупных кристаллов или, наоборот, способствовать ему.

Один из основных практических способов снижения скорости процесса и получения крупных кристаллов - введение в раствор затравочных кристаллов и вывод из зоны кристаллизации наиболее мелких фракций. При массовой кристаллизации размер товарных кристаллов различных веществ колеблется от сотых долей миллиметра до 10-12 мм.

3. Фракционный состав. Изменение гранулометрического состава, главным образом за счет уменьшения мелких фракций, достигается сужением пределов температур и концентраций раствора, а также последующей классификацией кристаллов.

4. Степень чистоты продукта. Кристаллизация - один из распространенных и наиболее эффективных методов получения веществ в чистом виде. Допустимая величина примесей определяется назначением продукта. Степень его чистоты зависит как от условий самой кристаллизации, так и от дальнейших технологических операций (фильтрация, промывка и др.). Основные загрязнения кристаллов обусловлены наличием в исходном растворе нежелательных примесей. Они могут попасть внутрь кристалла с маточным раствором в виде включений (в трещинах, дефектных полостях и др.) или адсорбироваться гранями кристалла. Изоморфные примеси могут образовывать смешанные кристаллы. Борьбу с загрязнениями кристаллов ведут

механической (отстаивание, фильтрование) и химической обработкой исходного раствора, например, осаждают растворенные соли железа, сернистые соединения, хлориды и пр.

Пересыщение раствора иногда приводит к снижению растворимости примесей и их выпадению из раствора. Чем меньше размеры кристалла, тем относительно больше на его поверхности остается маточного раствора, менее чистого, чем сам кристалл. Степень чистоты кристаллов повышается при промывке. Для получения особо чистых кристаллов их подвергают перекристаллизации. Остатки влаги обычно удаляют из кристаллов путем сушки, доводя их влажность до состояния, близкого к равновесному.

Устройство кристаллизаторов. По принципу действия различают следующие типы промышленных кристаллизаторов:

- 1) кристаллизаторы с удалением части растворителя;
- 2) кристаллизаторы с охлаждением раствора;
- 3) вакуум-кристаллизаторы;
- 4) кристаллизаторы с псевдоожиженным слоем.

Кристаллизаторы с удалением части растворителя. Как было указано, наиболее распространенным способом удаления части растворителя является выпаривание. Появление в растворе кристаллов и создание условий для их роста требуют внесения некоторых изменений в конструкцию обычных выпарных аппаратов.

На рис. 1 изображен выпарной аппарат-кристаллизатор с подвесной нагревательной камерой и двумя работающими поочередно нутч-фильтрами для отделения кристаллов от маточного раствора.

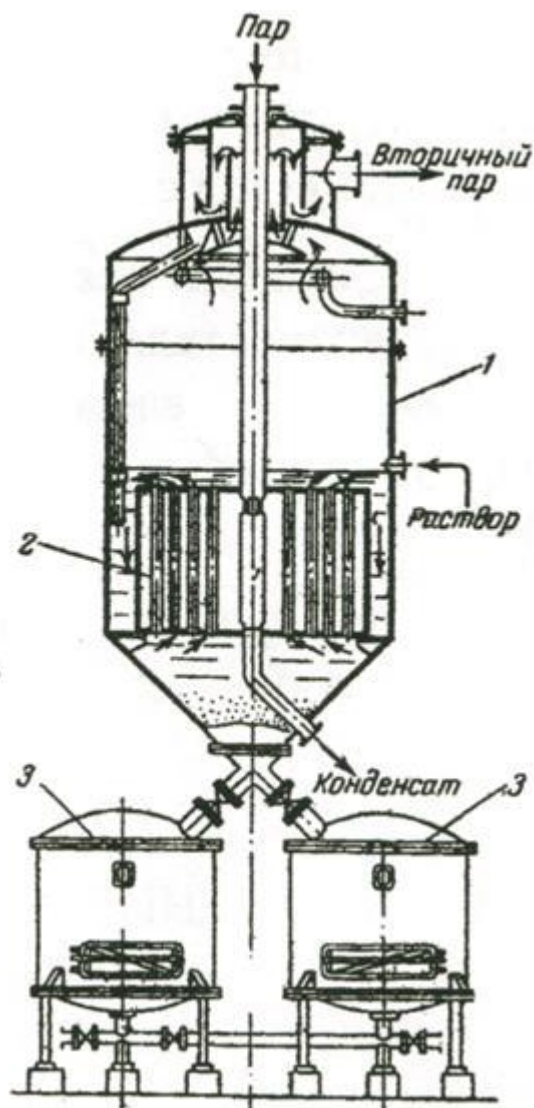


Рис.1. Выпарной аппарат-кристаллизатор с подвижной греющей камерой и нутч-фильтрами:

1 – корпус аппарата; 2 - нагревательная камера; 3 – нутч-фильтр.

Кристаллизаторы с охлаждением раствора. Простейшие кристаллизаторы периодического действия с охлаждением раствора представляют собой цилиндрические вертикальные аппараты с охлаждающими змеевиками (или рубашками) и механическими мешалками для перемешивания раствора. С целью увеличения времени пребывания раствора в установке эти аппараты часто соединяют последовательно, располагая каскадом.

Расчет кристаллизаторов.

Материальный баланс кристаллизатора:

$$G_0 = G_m + G_{кр} + G_w \quad (1)$$

где G_0 – масса исходного раствора; G_m – масса оставшегося маточного раствора после отделения кристаллов; $G_{кр}$ – масса выпавших кристаллов; G_w – масса испаренного растворителя.

Баланс по растворенному веществу:

$$G_0 \cdot \varepsilon_0 = G_{\text{ж}} \cdot \varepsilon_{\text{ж}} + G_{\text{жв}} \quad (2)$$

где ε_0 и $\varepsilon_{\text{ж}}$ – массовая доля растворенного вещества в исходном и в маточном растворе.

Величина $\varepsilon_{\text{ж}}$ равна концентрации насыщенного раствора при температуре t_0 (определяется из справочника).

При температуре кипения концентрация насыщенного раствора равна $\varepsilon_{\text{к}}$ (определяется из справочника).

Масса испаренного растворителя равна:

$$G_{\text{в}} = G_0 \cdot \left(1 - \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_{\text{к}}} \right) \quad (3)$$

Решая систему из уравнений 1 и 2, находим неизвестные величины $G_{\text{кр}}$ и $G_{\text{м}}$.

По рассчитанным величинам масс и концентраций подбирают кристаллизатор периодического действия.

3.3.10. Адсорберы.

Адсорбцией называют процесс поглощения вещества из смеси газов, паров или растворов поверхностью или объемом пор твердого тела – адсорбента. Поглощаемое вещество, находящееся в объемной фазе (газе, паре или жидкости), называется адсорбтивом, а поглощенное – адсорбатом.

Адсорбцию подразделяют на два вида: физическую и химическую. Физическая адсорбция в основном обусловлена поверхностными вандерваальсовыми силами, которые проявляются на расстояниях значительно превышающих размеры адсорбируемых молекул, поэтому на поверхности адсорбента обычно удерживаются несколько слоев молекул адсорбата. При химической адсорбции поглощаемое вещество вступает в химическое взаимодействие с адсорбентом с образованием на его поверхности обычных соединений.

Процессы адсорбции избирательны и обратимы. Процесс, обратный адсорбции, называют десорбцией, которую используют для выделения поглощенных веществ и регенерацию адсорбента.

Наиболее рационально адсорбцию применять для обработки смесей с низкой концентрацией извлекаемых веществ. В этом случае увеличивается продолжительность работы адсорбционного аппарата – адсорбера – на стадии собственно адсорбции до его переключения на десорбцию.

Адсорбцию широко применяют в различных отраслях химической технологии для разделения смесей (выделение бензола из парогазовых смесей, разделение смесей газообразных углеводородов, сушка воздуха, очистка жидких нефтепродуктов от растворенных в них примесей и т.д.). За последнее время значение адсорбции существенно возросло, особенно в связи с решением экологических проблем и проблем получения особо чистых веществ.

Извлечение адсорбированного вещества из твердого поглотителя (десорбция) является необходимой составной частью всех технологических процессов адсорбции, проводимых в замкнутом цикле. Стоимость десорбции оказывает большое влияние на общую экономичность проведения процессов разделения и очистки веществ адсорбционными методами.

К числу основных методов десорбции (регенерация адсорбента) относятся:

- вытеснение из адсорбента поглощенных компонентов посредством агентов, обладающих более высокой адсорбционной способностью, чем поглощенные компоненты;

- испарение поглощенных компонентов, обладающих относительно высокой летучестью, путем нагрева слоя адсорбента.

В некоторых случаях для удаления из адсорбента смолообразных и других продуктов, образующихся в результате побочных процессов, окончательную очистку адсорбента осуществляют выжиганием этих компонентов (окислительная регенерация адсорбента).

Выбор того или иного способа десорбции производится на основе технико-экономических соображений, причем часто указанные выше способы применяются в комбинации друг с другом.

На практике процессы десорбции обычно осуществляют путем пропускания пара или газа, не содержащего адсорбтива, через слой адсорбента после завершения прямого процесса (адсорбции). Для повышения скорости извлечения десорбцию проводят наиболее часто при повышенных температурах, например, пропуская через слой адсорбента предварительно нагретый десорбирующий агент.

В качестве десорбирующих агентов используют острый насыщенный или перегретый водяной пар, пары органических веществ, а также инертные газы. После проведения процесса десорбции слой адсорбента обычно подвергают сушке и охлаждению.

При проектировании необходимо **выбрать тип адсорбента, определить наилучшую конструкцию сорбционного аппарата и провести его расчет.**

Выбор адсорбента и адсорбера, расчет аппарата.

Дополнение 3.30.

Выбор адсорбента и адсорбера, расчет аппарата.

Адсорбенты – твердые нерастворимые тела, обладающие развитой поверхностью (до 1000 м²/г) за счет высокой пористости.

Наиболее распространенные адсорбенты – активные (активированные) угли разных марок. Активные угли представляют собой пористые углеродные тела, зерненные или порошкообразные, имеющие большую площадь поверхности. Неоднородная масса, состоящая из кристаллитов графита и аморфного углерода, определяет своеобразную пористую структуру активных углей, а также их адсорбционные и физико-механические свойства. Пористая структура активных углей характеризуется наличием развитой системы пор, которые классифицируются по размерам следующим образом:

- микропоры – с размером до $20 \cdot 10^{-10}$ м,

- мезопоры - с размером $20-500 \cdot 10^{-10}$ м,

- макропоры - с размером более $500 \cdot 10^{-10}$ м (рис. 1).

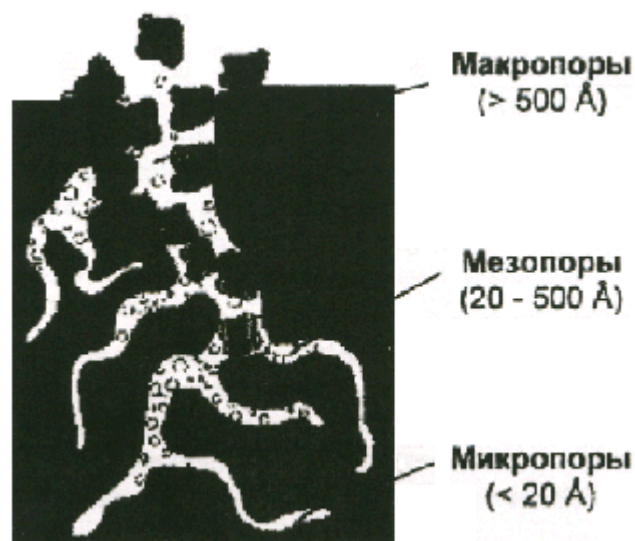


Рис. 1. Схема строения активированного угля и поглощения им загрязнений.

Микропоры - наиболее мелкая разновидность пор, соизмеримая с размерами адсорбируемых молекул. Удельная площадь поверхности микропор достигает 800 - 1000 м²/г.

Мезопоры - поры, для которых характерно послойное заполнение поверхности адсорбируемыми молекулами, завершающееся их наполнением по механизму капиллярной конденсации. Удельная площадь поверхности мезопор достигает 100 - 200 м²/г.

Макропоры - самая крупная разновидность пор, удельная площадь поверхности которых обычно не превышает 0,2 - 0,5 м²/г. Макропоры в процессе сорбции не заполняются, но выполняют роль транспортных каналов для доставки вещества к поверхности адсорбирующих его пор.

Адсорбционные свойства активных углей оцениваются количеством стандартного вещества, сорбированного единицей массы угля при определенных условиях, а также временем защитного действия единицы объема угля до полного его насыщения.

В основном адсорбционные свойства углей определяются микропорами, составляющими до 90% всей поверхности активного угля. На ней и протекают процессы адсорбции, в основе которых лежит взаимодействие энергетически ненасыщенных атомов углерода с молекулами сорбируемых веществ. Лучше сорбируются вещества в молекулярной форме, хуже — в ионной. Способность органических веществ к сорбции возрастает в ряду:

гликоли < спирты < кетоны < сложные эфиры < альдегиды < недиссоциированные кислоты < ароматические соединения.

Способность к сорбции возрастает с ростом молекулярной массы и температуры.

Для оценки качества зеренных активных углей, используемых в качестве загрузки в различные типы адсорберов, важное значение имеют физико-механические характеристики, такие как: фракционный состав (зернение), насыпная плотность, механическая прочность.

По форме и размеру частиц активные угли могут быть порошкообразными, зернеными (дробленными и гранулированными), а также волокнистыми. Порошкообразные имеют размер

частиц менее 0,1 мм, зерновые - от 0,5 до 5 мм, волокнистые - диаметр менее 0,1 мм, а длину несколько сантиметров.

Порошкообразные активные угли используют для очистки воды однократно на городских станциях водоподготовки, вводя их во время или после коагуляции.

Зерновые угли применяются для очистки воды фильтрации в аппаратах со сплошным слоем сорбента типа механического фильтра. В зависимости от типа угли могут регенерироваться острым паром и реагентами. Однако из-за сложности организации такого процесса, больших потерь угля и невозможности полной его регенерации (только на 40-70%) обычно уголь используют однократно.

Волокнистые активные угли имеют наибольшую эффективную площадь поверхности и могут применяться в фильтрах специальной конструкции. Они нашли широкое применение в бытовых фильтрах.

Активные угли изготавливают на древесной и каменноугольной основах, а также из полимерных волокон. Процесс их производства заключается в пиролизе материала основы, т. е. его высокотемпературной обработке без доступа воздуха. Активные угли из древесного сырья затем дополнительно активируются обработкой острым паром.

Древесные угли характеризуются высокой удельной площадью (до 1,8-2,0 см³/г), широким распределением пор по размерам, и, как следствие, высокой емкостью. Однако они имеют низкую механическую прочность и удельную массу. В системах водоподготовки применяются, как правило, в бытовых и малогабаритных промышленных фильтрах.

Угли на каменноугольной основе имеют значительно лучшие гидравлические и механические характеристики, что позволяет применять их в сорберах с неподвижным и движущимся слоем любых габаритов.

Особую группу представляют новые для нашего рынка импортные активные угли, изготовленные из скорлупы кокосового ореха, например, угли 207С фирмы Sutcliffe Carbons. В них сочетаются высокая прочность, стабильный оптимальный гранулометрический состав и высокая емкость.

При адсорбции из растворов извлекаются в основном молекулы органических веществ, а также коллоидные частицы и микровзвеси. Хорошо сорбируются фенолы, полициклические ароматические углеводороды, нефтепродукты, хлор- и фосфорорганические соединения. Активные угли также используются как катализаторы разложения находящихся в воде активного хлора и озона. Эти процессы могут совмещаться с сорбцией органических веществ, повышая ее эффективность.

Соли, находящиеся в ионном виде, практически не извлекаются.

В табл. 1 представлен спектр применимости активных углей производства ОАО «Сорбент».

Таблица 1.

Области применения активных углей производства ОАО «Сорбент»

Марка угля		Физическая форма и размер частиц	Водоподготовка			Пищевая промышленность				
			Углевание	Снаряжение фильтров высокой производительности	Снаряжение малогабаритных фильтров и фильтров доочистки	Очистка ликероводочных изделий, слабоалкогольных и газнапитков	Очистка крахмалопаточных растворов и глюкозы	Освещение и дезодорация пищевых масел и жиров	Производство лимонной, молочной и др. кислот	Обесцвечивание сахарных сиропов, кислот, производства карамели
Древесные	ОУ-А	П(<0,1)	В			В		О		О
	ОУ-Б	П(<0,1)	О				О			
	ОУ-В	П(<0,1)	В				О	О	О	О
	БАУ-А	Д(1,0-3,6)			О	О				
	БАУ-МФ	Д(0,5-1,5)			В					
	БАУ-им. Ag	Д(0,5-1,5)			О					
	СПД К-27Д	П(<0,1)	О							
Каменно-угольные	АГС-4	Г(2,0-3,6)			В	В				О
	АГ-3	Г(1,5-2,8)		О		В				
	АГ-5	Г(0,5-1,5)			В					
	АГ-ОВ	Г(0,5-2,8)			В	В				
	АГМ	Г(0,5-2,5)		О						
	СКД-515	Г(0,5-1,5)		О						
	СКД С-515	Г(0,5-1,5)			В					
	ДАУ	Д(1,0-6,0)		В						
	КД-2	Д(0,5-1,5)		О						

П - порошкообразный; Д – дробленый; Г – гранулированный

Применение: О – основное; В - возможное

Типовые конструкции.

Принципиальные схемы адсорбционных процессов показаны на рисунке 2. При применении зернистого адсорбента используют схемы с неподвижным (а) и с движущимся адсорбентом (б). В первом случае процесс проводят периодически. Вначале через адсорбент L пропускают парогазовую смесь G и насыщают его поглощаемым веществом; после этого пропускают вытесняющее вещество В или нагревают адсорбент, осуществляя таким образом десорбцию (регенерацию адсорбента). Во втором случае (рисунок 2, б) адсорбент L циркулирует в замкнутой

системе; насыщение его происходит в верхней – адсорбционной - зоне аппарата, а регенерация в нижней - десорбционной. При применении пылевидного адсорбента используют схему с циркулирующим псевдооживленным адсорбентом (рисунок 2, в).

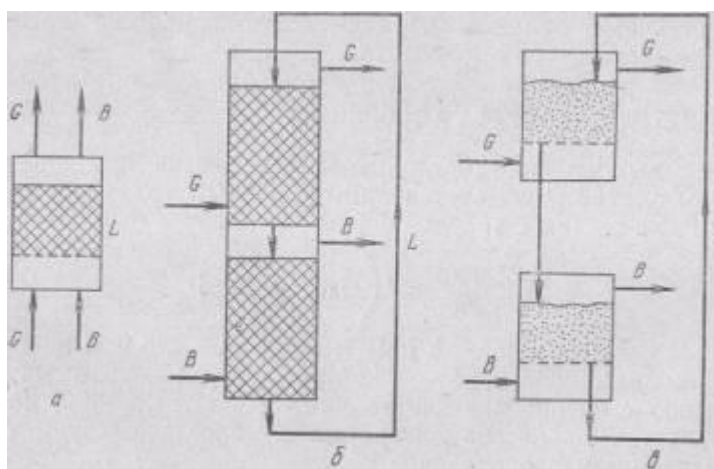


Рис. 2. Принципиальные схемы адсорбционных процессов:

а - с неподвижным зернистым адсорбентом; б - с движущимся зернистым адсорбентом; в - с циркулирующим псевдооживленным адсорбентом.

Адсорберы с неподвижным адсорбентом.

Эти аппараты весьма просты по устройству. В большинстве случаев в качестве адсорберов используют цилиндрические вертикальные или горизонтальные емкости, заполненные адсорбентом.

Примером адсорберов этого типа может служить аппарат, изображенный на рис. 3. Он представляет собой цилиндрическую вертикальную емкость 1. В нижней части аппарата имеется распределительная решетка 3, на которой размещается адсорбент 2. Исходная смесь вводится через трубу, проходит через слой адсорбента и уходит из аппарата через патрубок. Вытесняющее вещество вводится в аппарат через перфорированную трубу 4 и отводится также через патрубок. Люки 5 и 6 служат для загрузки и выгрузки адсорбента.

Во многих случаях, когда адсорбция проводится из жидкой фазы, в качестве адсорберов используется обычная фильтровальная аппаратура.

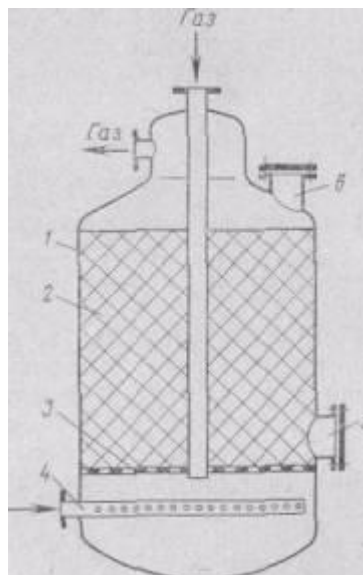


Рис. 3. Вертикальный адсорбер с неподвижным зернистым адсорбентом:

1- корпус; 2 – зернистый адсорбент; 3 – распределительная решетка; 4 – перфорированная труба; 5,6 – люки.

Теория процесса и методика расчета адсорберов.

Независимо от природы сорбционных сил процесс сорбции может быть охарактеризован следующими параметрами: количество вещества, адсорбированное единицей массы или объема сорбента при достижении равновесия зависит от концентрации и температуры вещества в растворе:

$$m^* = f(c, t) \quad (1)$$

Вид зависимости $m^* = f(c)$ при $t = \text{const}$ называется изотермой адсорбции и определяется опытным путем. Чаще всего она имеет вид уравнения Ленгмюра: $m = \frac{bc}{1+ac}$, где b и a – константы.

Характер изотермы сорбции зависит от природы взаимодействия между адсорбентом и адсорбтивом, от температуры, от структуры адсорбента и т.д.

При молекулярной адсорбции – это дисперсионные силы, обусловленные ориентацией мгновенных дипольных моментов сближающихся молекул, т.е. поляризационными эффектами. Наилучшим адсорбентом в этом случае является активированный уголь. Очень влиятельным параметром является температура, с повышением которой равновесие сдвигается в сторону десорбции. На этом основан процесс регенерации активированных углей.

Для селективного выделения из смеси веществ какого-то одного сорбент должен обладать его преимущественным поглощением. Если в растворе есть компоненты А и В, то по каждому из них можно выразить коэффициент избирательности K_{II} :

$$K_M = \frac{1-x_A}{x_A} \cdot \frac{y_A}{1-y_A}$$

, где x_A и y_A – доли компонента А в растворе и в сорбенте соответственно. Если $K_M=1$, избирательности нет. Если для А $K_M^A=20$, а $K_M^B=0,1$ сорбент очень хорошо разделит эти компоненты.

На практике адсорбцию проводят в колонных аппаратах с постоянным выводом прореагировавшей жидкости. Такой динамический метод повышает емкость сорбента и увеличивает разделяющую способность.

Первое преимущество легко иллюстрировать на изотерме адсорбции (рис. 4). Если какое-то количество находится в растворе с концентрацией c_1 , то после адсорбции его в растворе останется c_2 . В этом случае равновесная емкость будет m_2 .

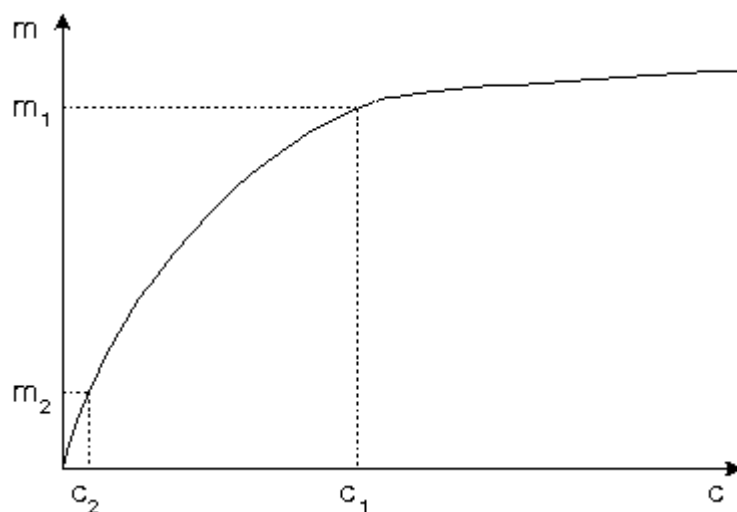


Рис. 4. Типичный вид изотермы сорбции.

В динамическом режиме концентрация раствора, контактирующего с сорбентом, будет постоянно c_1 и емкость его – m_1 . Лишь вблизи фронта адсорбции концентрация резко падает почти до нуля. По мере пропускания раствора через колонну фронт адсорбции сдвигается вниз, оставляя за собой полностью насыщенный соответственно концентрации c_0 сорбент (рис.5).

Когда фронт приблизится к концу колонны, концентрация веществ на выходе начинает возрастать до c_0 . Эта зависимость называется кривой проскока.

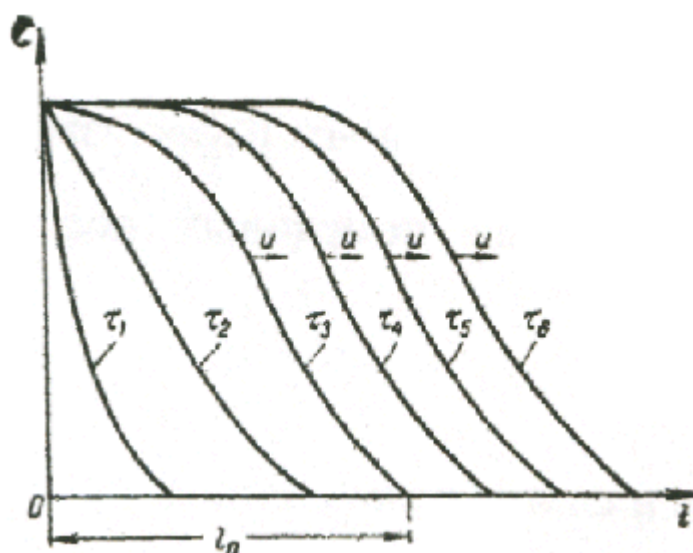


Рис. 5. Изменение фронта адсорбции от времени.

Средняя концентрация адсорбтива во всем слое адсорбента данной длины, достигнутая к моменту «проскока» адсорбтива, получила условное название динамической активности слоя адсорбента. Эта величина, характеризующая емкость адсорбента в динамических условиях, может измеряться не только количеством поглощенного вещества, но и промежутком времени, протекшим от начала поглощения до момента «проскока»; она часто используется в практике расчетов процессов адсорбции.

Участок слоя адсорбента длиной l_0 (см. рис. 6), на котором происходит падение концентрации адсорбтива в потоке от начальной до нулевой (точнее, до концентрации, соответствующей началу «проскока»), называют работающим слоем, или зоной массопередачи.

Время от начала подачи раствора до момента проскока называется временем защитного действия. Это время можно определить по формуле:

$$\tau_{зд} = \frac{l_K}{u} - \tau_0 \quad (2)$$

где l_K – длина слоя; u – скорость движения фронта адсорбции; τ_0 – потеря времени защитного действия слоя, обусловленная тем, что формирование фронта происходит не мгновенно.

Зависимость $\tau_{зд}$ от длины слоя изображается графически плавной кривой в период формирования фронта, и прямой линией в период параллельного переноса фронта. Величины, входящие в уравнение, могут быть найдены из графика, построенного по опытным данным (рис. 6).

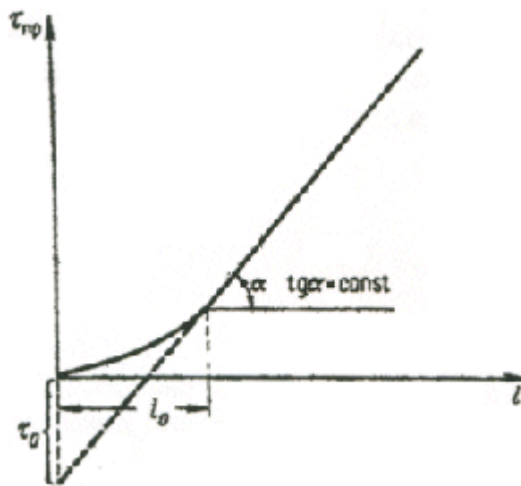


Рис.6. Зависимость времени защитного действия от длины слоя поглотителя.

Методика расчета адсорберов.

Цель расчета – определение основных размеров адсорбера (диаметра и высоты слоя сорбента), продолжительности стадий адсорбции и регенерации, числа адсорберов, при котором может быть обеспечена циклично-непрерывная работа всей установки.

Исходными параметрами для технологического расчета адсорберов служат:

- расход и состав исходной смеси;
- свойства сорбента;
- условия, при которых должны протекать стадии адсорбции и регенерации;
- предельно допустимая концентрация в очищенном потоке (концентрация проскока).

Диаметр адсорбера.

Поперечное сечение адсорбера и, следовательно, его диаметр при проектировании аппарата цилиндрической формы определяются выбором фиктивной скорости газа или жидкости. Верхним пределом скорости является скорость начала псевдооживления частиц сорбента. С увеличением скорости растет коэффициент массопередачи и увеличивается гидравлическое сопротивление. Допустимую фиктивную скорость можно рассчитать по формуле, полученной на основе технико-экономического анализа работы адсорберов:

$$\omega_0 = \sqrt{0,0167 \frac{\rho_{\text{нас}} \cdot d_3 \cdot g}{\rho_y}} \quad (3)$$

где d_3 – эквивалентный диаметр гранулы сорбента, м; $\rho_{\text{нас}}$ – насыпная плотность сорбента, кг/м³; ρ_y – плотность жидкости (газа), кг/м³.

Рабочую скорость потока в адсорбере обычно принимают на 25% меньше допустимой.

Диаметр аппарата:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \omega}} \quad (4)$$

Высота слоя адсорбента.

Продолжительность T полного цикла в адсорбере с неподвижным слоем адсорбента (как и в любом адсорбере периодического действия) складывается из времени собственно адсорбции τ , времени десорбции τ_d , в течение которого через адсорбент продувают вытесняющий агент, и времени сушки и охлаждения адсорбента τ_c . Величины τ_d и τ_c устанавливают опытным путем, а их сумма составляет продолжительность вспомогательных операций $\tau_d + \tau_c = \tau_{\text{всп}}$. Таким образом

$$T = \tau + \tau_{\text{всп}} \quad (5)$$

Для проведения адсорбции непрерывным способом применяют установки, состоящие из нескольких адсорберов периодического действия, в которых попеременно происходят адсорбция и вспомогательные операции (десорбция и сушка). Число адсорберов должно быть не менее двух. Для работы таких установок необходимо соблюдение условия:

$$\tau \geq \tau_{\text{всп}} \quad (6)$$

Приближенно продолжительность τ собственно процесса адсорбции можно определить исходя из средней емкости адсорбента:

$$\tau = \frac{L_{\text{ад}} \cdot m}{\omega_0 \cdot S \cdot \rho_{\text{см}} \cdot (c_1 - c_2)} \quad (7)$$

где $L_{\text{ад}}$ – масса адсорбента в слое; ω_0 – фиктивная скорость смеси, м/с; S – площадь сечения адсорбера, м²; $\rho_{\text{см}}$ – плотность смеси, кг/м³; c_1 и c_2 – начальная и конечная концентрации адсорбтива в смеси.

Высота слоя адсорбента определяется из уравнения 2:

$$l_x = u(\tau + \tau_0) \quad (8)$$

где u – скорость движения фронта адсорбции; τ_0 – потеря времени защитного действия.

Скорость движения фронта адсорбции u определяется по уравнению:

$$u = \omega_0 \cdot \frac{c_1}{\varepsilon \cdot c_0 + m} \quad (9)$$

где c_1 – начальная концентрация вещества в исходном потоке; m – равновесная емкость сорбента; ε – порозность слоя сорбента.

Потерю времени защитного действия τ_0 можно найти по следующей приближенной зависимости:

$$\tau_0 \approx 0,5 \cdot \frac{l \cdot x}{u} \quad (10)$$

3.3.11. Ионообменные фильтры.

3.3.11. Ионообменные фильтры.

Ионный обмен – процесс обмена ионов твердой матрицы (ионита) с ионами раствора.

Ионный обмен является одним из основных методов очистки воды от ионных загрязнений, глубокого ее обессоливания. Наличие разнообразных ионообменных материалов позволяет решать задачи очистки вод различного химического состава с высокой эффективностью. Это единственный метод, дающий возможность выборочно, селективно извлекать из раствора некоторые компоненты, например, соли жесткости, тяжелые металлы.

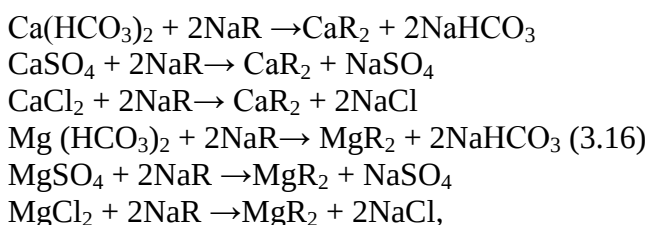
Иониты - твердые нерастворимые вещества, имеющие в своем составе функциональные (ионогенные) группы, способные к ионизации в растворах и обмену ионами с электролитами. При ионизации функциональных групп возникают две разновидности ионов: одни жестко закреплены на каркасе (матрице) R ионита, другие - противоположного им знака (противоионы), способные переходить в раствор в обмен на эквивалентное количество других ионов того же знака из раствора.

Иониты разделяют на два типа: катиониты и аниониты. Эти названия объясняют тем, какие противоионы, в процессе диссоциации, выделяет ионит в ближайшее водное окружение. Если зерно ионита само заряжено отрицательно, в водную среду выходят противоионы в виде положительно заряженных противоионов, какими могут быть ионы водорода (H^+) или ионы металлов (Me^{n+}), то такой ионит называют катионитом, так как при диссоциации образуются противоионы – катионы. Если зерно ионита само заряжено положительно, в водную среду отделяются от него противоионы в виде отрицательно заряженных противоионов, какими обычно могут быть ион гидроксила (OH^-) или кислотные остатки (Ap^{n-}), то такой ионит называют анионитом, так как при диссоциации образуются противоионы – анионы.

Способностью к ионному обмену обладают многие природные вещества: глины, апатиты, угли, а также синтетические вещества - плавленые цеолиты, молекулярные сита, гидроксиды железа и алюминия, смолы. Ионообменные смолы имеют особое значение. Только с их появлением ионообменные процессы нашли широкое промышленное применение.

Умягчение Na^+ - катионированием.

Основными уравнениями натрий-катионирования для кальциевых и магниевых солей жесткости являются:



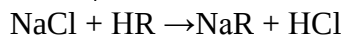
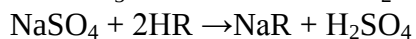
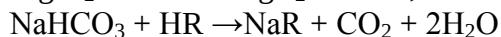
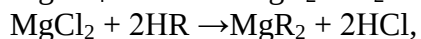
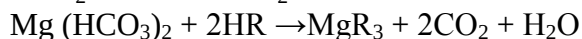
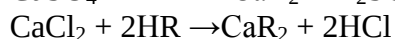
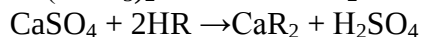
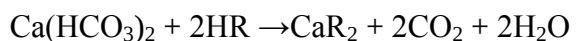
где R – полианион катионита. В уравнении R представлен однозарядным лишь формально, для упрощения записи. Фактически полианион катионита имеет потенциальное число зарядов, равное числу его функциональных групп.

В процессе натрий-катионирования общее солесодержание воды не уменьшается, оставаясь эквивалентным исходному, а в весовых единицах даже несколько увеличивается, но качественный

состав солей совершенно изменяется потому, что катионы жесткости (Ca^{2+} и Mg^{2+}) оказываются задержанными на катионите.

H–Na – катионирование в процессе умягчения воды.

При H – катионировании ионитовые фильтры загружаются катионитом уже не в Na^+ - форме, а в H^+ - форме. Соответственно уравнения ионного обмена наиболее часто содержащихся в воде солей примут следующий вид:



В первой части приведенных уравнений видно, что не только катионы жесткости (Ca^+ и Mg^{2+}), но и другие катионы (Na^+) оказались поглощенными катионитом. Произошло полное превращение солей в кислоты. В присутствии сильных кислот (NaSO_4 и HCl) бикарбонатные ионы не могут существовать: происходит их превращение в углекислый газ и воду, что приводит к полному уничтожению щелочности воды, но вода, содержащая кислоты, непригодна для использования. На практике процессом H^+ -катионирования пользуются в комбинированном процессе H^+ - Na^+ - катионирования, сущность которого заключается в следующем: часть потока воды обрабатывают по способу H^+ -катионирования, а другую по способу Na^+ -катионирования. При этом вода от первого процесса приобретает сильные кислоты, которые могут нейтрализовать излишнюю щелочность Na^+ катионированной воды.

Регенерация ионитов.

Важнейшим свойством ионитов следует считать их способность к регенерации, т.е. к превращению в исходную форму тех же зерен загрузки фильтра после поглощения ими солей из очищаемой воды в результате промывки отработавших ионитов примерно 5 – 6%-ми растворами кислот (для катионитов) или щелочей (для анионитов). Именно это свойство позволяет многократно, даже в течение нескольких лет, использовать загрузку ионитов. Количество естественных потерь при перегрузках и взрыхлениях ионитов составляет от 3 до 10% годовых.

Основной причиной процесса обмена противоионами между ионитом и раствором является разность концентраций противоионов. Противоионы ионита стремятся в раствор, так как в начале контакта этих ионов в растворе нет. Однако переходу в раствор ионов ионита противодействует необходимость сохранения электронейтральности. Другие ионы того же знака из раствора стремятся проникнуть в фазу ионита, так как первоначально концентрация этих ионов в фазе ионита была равна нулю. Это состояние приводит к выравниванию концентраций, т.е. к обмену ионов при нерушимости принципа электронейтральности.

Для регенерации катионита, насыщенного извлекаемыми из электролита катионами, используют растворы кислот, к примеру 5%-ный раствор HCl :



а регенерация анионита осуществляется раствором щелочи, к примеру 5%-ным раствором NaOH :



После регенерации ионитов необходима тщательная отмывка их водой от следов регенерирующих растворов, т.е. регенерация ионитов всегда сопровождается образованием большого количества сточных вод.

Регенерация Na^+ - катионитовых фильтров.

Регенерацию Na^+ - катионитовых фильтров производят 6 – 8% водным раствором поваренной соли (NaCl). При этом расход соли для умягчения вод с содержанием сухого остатка до 800 мг/л находится в пределах 2,6 – 3,5 г-экв/г-экв регенерируемой обменной емкости. При умягчении вод с содержанием сухого остатка выше 800 мг/л допускается увеличенный расход соли на регенерацию от 4,0 – 4,5 г-экв/г-экв.

В целях уменьшения удельного расхода соли при регенерации иногда практикуют первую половину расходного количества соли пропускать в виде 2 – 3%-го раствора, а вторую половину – в виде 6 – 7%-го раствора.

Скорости регенерирующих растворов обычно выдерживают на уровне 7 – 10 м/ч. После регенерации обычно следует отмывка катионита от избытка солевого раствора, оставшегося между зернами. Полноту отмывки контролируют по содержанию хлор-ионов в отмывочной воде

Регенерация H^+ - катионитовых фильтров.

Регенерация H^+ - катионитовых фильтров (в системе H^+ - Na^+ - катионирования) осуществляется 1,5 – 2% водным раствором серной кислоты (наиболее дешевая); более концентрированные растворы могут привести к загипсовыванию загрузки фильтров вследствие отложения кристаллов CaSO_4 . Удельный расход кислоты может составлять от 1,3 до 3,5 г-экв/г-экв. Скорость пропускания регенерирующего раствора рекомендуется выдерживать в пределах 8 – 10 м/ч. Благоприятной температурой регенерации следует считать 25 – 35 $^{\circ}\text{C}$.

После того, как закончится пропускание раствора кислоты, следует начать отмывку катионита водой от избытка кислоты с той же скоростью пропускания отмывочной воды. Это приводит к некоторому увеличению времени регенерации, но зато позволяет достичь снижения расхода отмывочной воды. Первые порции отмывочной воды, содержащие соли жесткости, можно спускать в нейтрализатор и в канализацию (~ 10 мин), остальную воду полезно сбрасывать в бак в целях дальнейшего использования для приготовления растворов кислоты в последующие регенерации.

Применение H^+ - катионирования требует сложной аппаратуры, выполненной в кислотостойком исполнении. Кроме того, возникает задача нейтрализации кислотных стоков от избытков кислоты при регенерации.

При выполнении проекта необходимо [выбрать наилучший ионообменный сорбент, подобрать и рассчитать ионообменные аппараты.](#)

Типовые конструкции и расчет ионообменных аппаратов.

Дополнение 3.32.

Типовые конструкции и расчет ионообменных аппаратов.

Эффективность очистки воды и объем отходов, удобство и безопасность обслуживания в значительной мере определяется аппаратным оформлением процесса.

Разработаны сотни видов ионообменных аппаратов различного типа периодического и непрерывного действия, со сплошным и псевдоожиженным слоями ионитов.

Для водоподготовки используются наиболее простые, дешевые и надежные аппараты, требующие минимального обслуживания. Их технологические характеристики не всегда

оптимальны. Однако требования простоты обслуживания и надежности превалируют над экономичностью.

В отечественной промышленности применяются только аппараты периодического действия со сплошным слоем ионита типа фильтр. При этом на Западе для подготовки воды для ТЭС уже более 30 лет, а в России в урановом производстве более 50 лет успешно работают высокоэффективные аппараты и установки непрерывного ионного обмена

Аппараты периодического действия характеризуются тем, что все технологические процессы (очистка, взрыхление, регенерация, отмывка) проводятся в одном аппарате. В отечественной водоподготовке используются только аппараты со сплошным слоем ионитов - фильтры. По направлению взаимного движения очищаемого и регенерирующего растворов они могут быть прямоточными (параллельноточными) и противоточными (противопоточными).

Для сокращения объема отходов (регенератов) используют схемы с фракционированием регенерата и промывных вод.

Аппарат (рис.1) представляет собой цилиндрическую емкость 1, снабженную распределительными устройствами: нижним - 2 и верхним - 3. На нижнем распределительном устройстве, которое представляет собой тарелку с щелевыми колпачками, располагается неподвижный слой ионита (заштрихованная часть).

Перерабатываемый раствор поступает в аппарат через нижний штуцер 4 и затем проходит через распределительное устройство 2 в слой ионита. В верхней (полной) части аппарата собирается очищенный раствор и через верхний штуцер 5 выводится из аппарата. После завершения ионообменного процесса аппарат останавливают для проведения регенерации ионита. Сначала ионит промывают водой для удаления раствора, причем вода пропускается через аппарат в том же направлении, что и раствор. За стадией промывки водой следует стадия обработки ионита регенерирующим раствором, который пропускается обычно в противоположном направлении течения исходного раствора. Далее следует вторая промывка ионита водой с целью удаления регенерирующего раствора, после этой промывки аппарат готов для проведения следующего цикла.

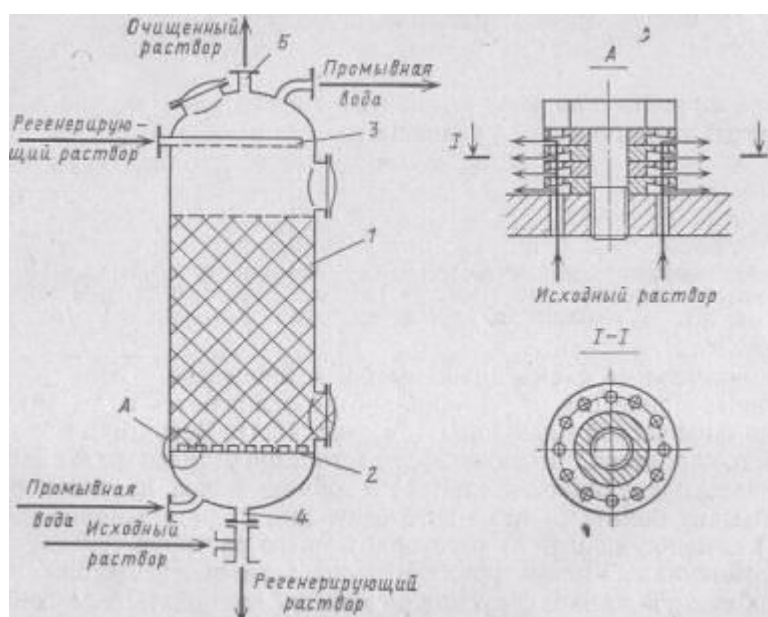


Рис. 1. Периодически действующий ионообменный аппарат с неподвижным слоем ионита:

1 - корпус; 2 - распределительная тарелка с щелевидными колпачками; 3 - распределитель;
4, 5 - штуцеры для ввода исходного раствора и вывода очищенного раствора.

Работа фильтра состоит из следующих операций:

- очистка воды;
- взрыхление для удаления взвесей;
- регенерация ионита;
- отмывка.

Противоточные фильтры обеспечивают лучшую очистку и меньшие расходы реагентов при регенерации. На рынке сегодня имеются 3 варианта отработанных конструкций. Основной задачей при создании таких фильтров является необходимость обеспечения сплошного слоя и отсутствия его перемешивания при сорбции и регенерации. Это достигается различными методами, которые, как правило, усложняют конструкцию и эксплуатацию оборудования.

1. Фильтры с очисткой воды сверху вниз, а регенерацией снизу вверх и блокировкой слоя ионита от расширения подачей сверху воды или воздуха. Разработаны фирмой «Steinmuller GmbH».

2. Фильтры с очисткой воды снизу вверх, а регенерацией сверху вниз. Разработаны фирмой «Bayer AG». В настоящее время продвигаются на рынок фирмами «Rohm & Haas» и «Purolite».

3. Фильтры с очисткой воды сверху вниз, а регенерацией снизу вверх. Разработаны фирмой «Dow Chemical Company».

Рассмотрим подробнее 3-ий вариант фильтрации, который получил название АПКОРЕ (рис. 2).

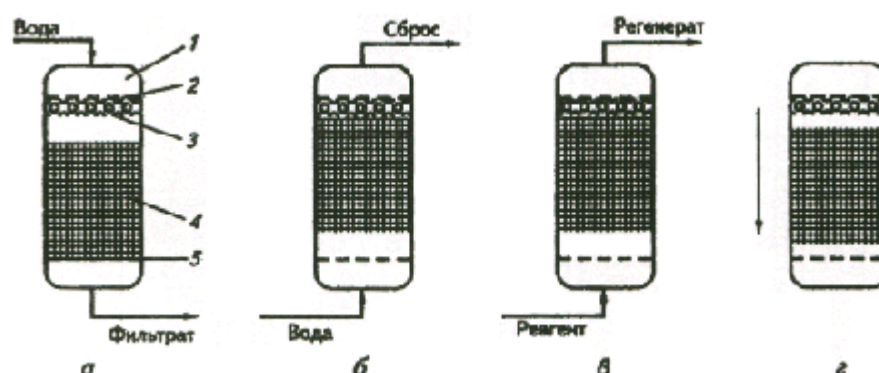


Рис. 2. Принцип работы системы АПКОРЕ:

а - режим сорбции; б - подъем слоя и его отмывка от взвесей; в - регенерация; г - осаждение;

1 - корпус; 2 - верхний дренаж; 3 - слой инерта; 4 - ионит; 5 - нижний дренаж.

Очистка воды производится сверху вниз (рис. 2, а) и не вызывает трудностей. При наличии в воде взвесей они задерживаются в верхнем слое сорбента.

Первой стадией регенерации является подъем слоя ионита (рис. 2, б). Для этого в течение 3 - 5 минут снизу со скоростью 40 - 50 м/ч подается очищенная вода. Слой ионита поршнем, без перемешивания, поднимается вверх, вместе с инертном прижимается к верхнему дренажу и уплотняется. При этом из верхнего слоя удаляются задержанные ранее загрязнения и мелкие частицы смолы. Затем скорость уменьшается до 5—10 м/ч и начинается последовательно подача регенерирующего раствора и промывочной воды (рис. 2, в). По окончании промывки подача растворов прекращается, а слою дают свободно осесть (рис. 2, г). При этом происходит его послойное движение вниз, при котором измельченные фракции оказываются в верхней части слоя и при следующей регенерации удаляются из него.

Отечественной промышленностью серийно выпускаются прямоточные фильтры диаметром 1,0; 1,5 м на Бийском котельном заводе (БиКЗ) и диаметром 2,0; 2,6; 3,0; 3,4 м на Таганрогском котельном заводе (ГКЗ) «Красный котельщик». Их параметры приведены в табл. 1. Ряд заводов химического машиностроения выпускает корпуса фильтров из углеродистой или нержавеющей стали под заказ.

Характеристики корпусов из полимерных материалов, выпускаемых зарубежными фирмами, аналогичны с корпусами для механических фильтров и приведены в табл. 2.

Таблица 1.

Основные параметры ионообменных фильтров ТКЗ и БиКЗ.

Обозначение	Производи- тельность	Диаметр, мм	Высота, мм	Масса, кг	Производи- тельность, м ³ /ч
ФИПаI-1.0-0.6-Na-1	БиКЗ	1000	3750	805	24
ФИПаII-1.0-0.6-Na-1	БиКЗ	1000	3035	739	48
ФИПаI-1.0-0.6-H-1	БиКЗ	1000	3640	899	24
ФИПаII-1.0-0.6-H-1	БиКЗ	1000	2968	831	48
ФИПаI-1.4-0.6-Na-2	БиКЗ	1400	3635	1140	24
ФИПаII-1.4-0.6-Na-2	БиКЗ	1400	2915	1104	48
ФИПаI-1.4-0.6-H-2	БиКЗ	1400	3665	1464	24
ФИПаII-1.4-0.6-H-2	БиКЗ	1400	2945	1437	48
ФИПа-I-1.0-0.6-ВИФР	ТКЗ	1000	3780	1190	20
ФИПа-I-1.5-0.6-ВИФР	ТКЗ	1500	3785	1750	40
ФИПа-I-2.0-0.6-ВИФР	ТКЗ	2000	4630	2670	80
ФИПа-I-2.6-0.6-ВИФР	ТКЗ	2600	4950	4065	130
ФИПа-I-3.0-0.6-ВИФР	ТКЗ	3000	5210	5275	180
ФИПа-I-3.4-0.6-ВИФР	ТКЗ	3400	5490	6490	220
ФИПа-II-1.0-0.6-ВИФР	ТКЗ	1000	3085	1090	40
ФИПа-II-1.5-0.6-ВИФР	ТКЗ	1500	3190	1590	90
ФИПа-II-2.0-0.6-ВИФР	ТКЗ	2000	4430	2190	150
ФИПа-II-2.6-0.6-ВИФР	ТКЗ	2600	3800	3540	250
ФИПа-II-3.0-0.6-ВИФР	ТКЗ	3000	4180	4920	350
ФИПр-2.0-0.6-ВИФР	ТКЗ	2000	4910	3530	157

ФИПр-2.6-0.6-ВИФР	ТКЗ	2600	5230	5820	265
ФИПр-3.0-0.6-ВИФР	ТКЗ	3000	6120	8320	350
ФИПр-3.4-0.6-ВИФР	ТКЗ	3400	6090	1033	450
ФИСДВр-2.0-1.0	ТКЗ	2000	4740	3670	160
ФИСДНр-2.0-1.0	ТКЗ	2000	3780	3050	300
ФИСДНр-2.6-1.0	ТКЗ	2600	4245	4570	500
ФИСДНр-3.4-1.0	ТКЗ	3400	4840	8140	900

*По данным заводов-изготовителей.

**Все фильтры рассчитаны на давление 0,6 МПа и температуру до 40 °С.

ФИПаI - фильтр ионитный прямоточный 1 ступени;

ФИПа-II - фильтр ионитный прямоточный 2 ступени;

ФИПр - фильтр ионитный противоточный;

ФИСДВр - фильтр смешанного действия с внутренней регенерацией;

ФИСДНр - фильтр смешанного действия с выносной регенерацией.

Дренажные устройства, корпуса, блоки управления аналогичны таким же узлам механических фильтров с зернистой загрузкой.

Блок управления содержит счетчик воды либо таймер, который дает сигнал к началу регенерации, программно-временное устройство, задающее последовательность и продолжительность проведения операций, а также силовой электропривод,двигающий клапан-распределитель. Бесспорно, что для ионного обмена оптимально включение режима регенерации по объему пропущенной воды.

Таблица 2.

Основные параметры ионообменных фильтров на базе зарубежных комплектующих.

Модель, размер корпуса, дюйм - тип блока управления	Габаритные размеры, высота/диаметр, мм		Присоединительные размеры, вход/выход/ дренаж, мм	Производительность, м ³ /ч	Объем фильтрующего материала, л	Подача воды на промывку, не менее, м ³ /ч	Объем воды на регенерацию, м ³
	Фильтр	Соледаватель					
ФИП-0844-560	1300/210	650/410	20/20/15	0,8/1,2	25	0,6	0,25
ФИП-1054-560	1560/260	650/410	20/20/15	1,3/2,0	50	0,6	0,40
ФИП-1248-560	1450/310	650/410	25/25/15	1,8/2,0	75	1,0	0,65
ФИП-1354-215	1550/330	650/410	25/25/20	2,0/2,6	60	1,0	0,65

ФИП-1465-251	1875/370	1020/530	25/25/15	2,5/4,0	95	1,2	0,8
ФИП-1665-251	1880/410	1020/530	25/25/20	3,0/4,5	115	1,6	1,0
ФИП-1865-275	1820/470	1110/740	25/25/20	4,0/6,0	160	2,2	1,4
ФИП-2160-285	1920/560	1110/740	40/40/25	6,5/8,0	175	2,7	1,6
ФИП-2471-285	2130/625	1110/740	40/40/25	7,5/11,5	200	3,5	2,4
ФИП-3072-315	2290/790	1140/850	50/50/50	12,0/15,5	450	5,5	3,3
ФИП-3672-315	2365/950	1140/850	50/50/50	17,0/21,0	650	8,0	4,8

Блоки управления: 560 – Fleck 5600, 275 – Fleck 2750, 285 – Fleck 2850, 315 –

Fleck 3150.

Параметры приведены для номинальной скорости фильтрации 20-25 м/ч, максимальной – 40 м/ч, потери напора – 0,3-0,4 атм.

Расчет аппаратов ионного обмена.

В аппаратах периодического действия параметром, определяющим эффективность процесса, является фиктивная скорость жидкости ω_0 , м/час. Ее выбирают исходя из опыта эксплуатации промышленного оборудования в интервале 15-40 м/час. Обычно фиктивная скорость рекомендуется поставщиками ионитов и самих фильтров.

Потребная площадь сечения для обеспечения заданной производительности:

$$F_{\text{обш}} = \frac{W_0}{\omega_0}, \text{ м}^2 \quad (1)$$

Количество параллельно работающих аппаратов выбранного диаметра D :

$$N = \frac{F_{\text{обш}}}{0,785 \cdot D^2} \quad (2)$$

3.3.12. Выпарные аппараты.

Выпариванием называют процесс концентрирования жидких растворов нелетучих веществ путем частичного удаления растворителя при кипении жидкости. В процессе выпаривания парообразование (кипение) происходит в объеме выпариваемой жидкости за счет подвода тепловой энергии. В химической и других отраслях промышленности выпариванию подвергают главным образом водные растворы.

Теплота для выпаривания подводится различными теплоносителями, но в основном для этой цели используют глухой водяной пар, который в этом случае называют греющим или первичным Пар, образующийся при выпаривании растворов, называется вторичным. Процесс выпаривания проводят под вакуумом, при атмосферном или при повышенном давлении.

При выпаривании под вакуумом можно проводить процесс при более низких температурах, что очень важно для растворов веществ, склонных к разложению. Кроме того, при использовании греющего пара тех же параметров, что и при выпаривании под атмосферным давлением, увеличивается полезная разность температур (движущая сила процесса). Это позволяет уменьшить поверхность нагрева в аппарате или сокращает продолжительность процесса. Хотя выпаривание под вакуумом требует дополнительного оборудования (вакуум-насос, конденсатор и пр.) и расход теплоты на испарение несколько возрастает, тем не менее этот способ широко применяют для концентрирования высококипящих и легко разлагающихся растворов.

Имеется методика расчета трехкорпусной выпарной установки.

Упрощенный расчет трехкорпусной выпарной установки.

Дополнение 3.33.

Упрощенный расчет трехкорпусной выпарной установки.

1. Исходные данные получены из расчета материального баланса: G_H – расход раствора, подаваемого на выпарку, кг/ч; x_H и x_K – массовые доли растворенного вещества в подаваемом растворе и в кубовом остатке.

2. Производительность установки по испаряемой влаге:

$$W_{\text{общ}} = G_H \left(1 - \frac{x_H}{x_K} \right), \text{ кг/ч}$$

3. Распределение производительности трех корпусов берем из практического опыта:

$$W_1 : W_2 : W_3 = 1,0 : 1,1 : 1,2$$

4. Производительность по испаряемой влаге каждого корпуса определяем по уравнению:

$$W_1 = W_{\text{общ}} \cdot \frac{1,0}{1,0 + 1,1 + 1,2}; \quad W_2 = W_{\text{общ}} \cdot \frac{1,1}{3,3}; \quad W_3 = W_{\text{общ}} \cdot \frac{1,2}{3,3}.$$

5. Расчет расходов и концентрации растворов после каждого корпуса:

$$G_1 = G_H - W_1; \quad G_{21} = G_H - W_1 - W_2; \quad G_3 = G_H - W_{\text{общ}};$$

$$x_1 = x_H \cdot \frac{G_H}{G_H - W_1}; \quad ; \quad x_3 = x_H \cdot \frac{G_H}{G_H - W_{\text{общ}}}$$

6. Принимаем величины давлений греющего пара P_z и в барометрическом конденсаторе P_{BK} .
Рекомендуемые пределы: $P_z = 0,6 - 1,2$ МПа; $P_{BK} = 0,01 - 0,03$ МПа.

7. Общий перепад давления в установке:

$$\Delta P_{\text{общ}} = P_z - P_{BK}.$$

8. Распределим общий перепад давления между корпусами поровну:

$$\Delta p_1 = \Delta p_2 = \Delta p_3 = \frac{1}{3} \Delta p_{общ}$$

9. Определим давления вторичного пара по корпусам:

$$p_3 = p_{вх}; p_2 = p_{вх} + \Delta p_3; p_1 = p_2 + \Delta p_1;$$

10. Из справочных данных определим температуры греющего первичного пара в корпусах и удельные теплоты парообразования: t_c, t_{II1}, t_{II2} и t_{II3} ; r_c, r_1, r_2 и r_3 .

11. Примем сумму потерь полезной разности температур (за счет температурной, гидростатической и гидравлической депрессий) $\Delta t_{ном}$. Из практического опыта $\Delta p_{ном} = 25 - 30$ мм.рт.ст.

12. Общая полезная разность температур:

$$\Delta t_{пол} = t_c - t_{вх} - \Delta t_{ном}$$

13. Принимаем величину коэффициента теплопередачи для 1-го корпуса K_1 и для остальных корпусов из практического опыта: $K_1 = 1500 - 2000$ Вт/м²К; $K_2 = 0,6 K_1$; $K_3 = 0,35 K_1$.

14. Тепловые нагрузки по корпусам:

$$Q_1 = W_1 \cdot r_1;$$

$$Q_2 = W_2 \cdot r_2 - G_1 \cdot (1 - x_1) \cdot c \cdot (t_{II1} - t_{II2});$$

$$Q_3 = W_3 \cdot r_3 - G_2 \cdot (1 - x_2) \cdot c \cdot (t_{II2} - t_{II3});$$

здесь c – теплоемкость воды.

15. Определим фактор пропорциональности $\left(f = \frac{Q}{K}\right)$ для каждого корпуса:

$$f_1 = \frac{Q_1}{K_1}; f_2 = \frac{Q_2}{K_2}; f_3 = \frac{Q_3}{K_3};$$

$$\sum f = f_1 + f_2 + f_3$$

16. Распределим полезную разность температур по корпусам:

$$\Delta t_1 = \Delta t_{пол} \cdot \frac{f_1}{\sum f}; \Delta t_2 = \Delta t_{пол} \cdot \frac{f_2}{\sum f}; \Delta t_3 = \Delta t_{пол} \cdot \frac{f_3}{\sum f};$$

17. Площадь поверхности нагрева в корпусах:

$$F_1 = \frac{Q_1}{K_1 \cdot \Delta t_1}; \quad F_2 = \frac{Q_2}{K_2 \cdot \Delta t_2}; \quad F_3 = \frac{Q_3}{K_3 \cdot \Delta t_3};$$

18. По самой большой площади выбираем из каталога установку с выпарными аппаратами одинаковой площади обогрева (для унификации оборудования).

3.3.13. Сушилки.

Тепловой сушкой, или просто сушкой, называют процесс удаления влаги из твердых влажных материалов путем ее испарения и отвода образующихся паров.

Сушке подвергается множество материалов, различающихся химическим составом, дисперсностью и структурой, адгезионными свойствами и термочувствительностью, содержанием и формой связи влаги с материалом и другими свойствами. В химической промышленности процессы массо- и теплопереноса при сушке иногда осложняются протекающими одновременно химическими реакциями.

Равновесная влажность, а следовательно, протекание процесса сушки зависят от свойств высушиваемого материала, характера связи с ним влаги и параметров окружающей среды. Связь влаги с материалом может быть механической, физико-химической и химической.

Капиллярно связанная влага заполняет макро- и микрокапилляры. Она механически связана с материалом и наиболее легко удаляется. Давление пара над поверхностью материала тем меньше, чем прочнее связь между водой и материалом. Наиболее прочна эта связь у гигроскопических веществ. Давление пара над ними наиболее отличается от давления насыщенных паров.

Адсорбционно связанная влага. Влажность обусловлена адсорбцией воды на наружной поверхности материала и на поверхности его пор. Осмотически связанная влага находится внутри структурного скелета материала и удерживается осмотическими силами. В этих двух случаях связь воды с материалом имеет физико-химическую природу.

Химически связанная влага. Под химически связанной влагой понимают воду кристаллогидратов, которая в результате реакции гидратации вошла в состав соединений. Связь нарушается только в результате химического воздействия (иногда в результате прокаливании), и влага не удаляется при сушке.

Во влажном материале существуют все формы связи вещества с водой, и очень трудно разграничить периоды сушки, соответствующие различным видам связи молекул воды с молекулами вещества. Поэтому экспериментальным путем строят изотермы сорбции при постоянной температуре. Изотермы сорбции позволяют установить связь между влажностью материала и относительной влажностью воздуха, а также определить равновесную влажность при сушке.

Подготовка материала к сушке.

На качество готового продукта и интенсивность сушки большое влияние оказывает специальная подготовка материала (дробление, разрыхление, нагревание, введение специальных добавок в высушиваемый материал и т.д.).

Перед подачей на сушку волокнистых материалов их желательно разрыхлять. Предварительный нагрев материала в токе отработанных газов или в специальной установке позволяет интенсифицировать сушку без возникновения в материале недопустимых напряжений, приводящих к трещинообразованию; кроме того, повышается термический КПД сушки. Для интенсификации сушки и непосредственного получения продукта в товарном виде иногда в материал вводят специальные добавки, например, введение небольшого количества поверхностно-активных веществ (до 1%) в капиллярно-пористые тела ускоряет процесс их сушки. При

добавлении поверхностно-активных веществ к пастам они приобретают хорошую текучесть, благодаря чему появляется возможность высушивать такие пасты методом распыления.

Повышенная кислотность материала ухудшает сушку, т.к. в этом случае влага удаляется труднее, а продукт получается липким. Поэтому нейтрализация избыточных ионов H^+ позволяет улучшить процесс сушки. При сушке плохо сыпучих материалов или паст используется добавка к ним высушенного продукта.

Оптимальный режим сушки.

Под оптимальным режимом сушки понимается такой, при котором обеспечивается наилучшее качество продукта при минимальных затратах тепла и электроэнергии. Температурный режим сушки зависит от свойств высушиваемого материала и условий технологического процесса его производства. Чтобы процесс сушки был интенсивным и экономичным, начальную температуру агента сушки принимают максимальной в пределах, допускаемых свойствами материала. Температура отработанных газов обуславливается в основном экономическими соображениями и заданной конечной влажностью продукта. Температура и влажность отходящих газов определяются также надежностью работы газового тракта и пылеотделительных аппаратов. Температура стенок газохода должна быть выше точки росы отработанных газов.

При конвективной сушке, как правило, используется принцип параллельного движения материала и агента сушки. При этом можно работать с повышенными начальными температурами газов, т.к. в первый период сушки температура материала равна температуре мокрого термометра. Процесс сушки в аппаратах с параллельным током протекает интенсивнее и экономичнее, чем в сушилках с противоточным движением материала и агента сушки. Противоток используется главным образом в специальных случаях, например, при совмещении процессов сушки и прокаливания, при сушке до низкой конечной влажности гигроскопического материала, или когда влажный материал плавится при повышенных температурах и т.д.

При сушке различных материалов следует выбирать метод сушки и конструкцию сушилки в соответствии с техническими условиями на процесс.

Конвективная сушка. При конвективной сушке физическая сущность процесса сводится к удалению влаги из материала за счет разности парциальных давлений над материалом P_{Π}^M и в окружающей среде P_{Π}^C . Процесс сушки происходит при условии, что $P_{\Pi}^M > P_{\Pi}^C$. При равенстве парциальных давлений $P_{\Pi}^M = P_{\Pi}^C$ наступает состояние равновесия и процесс сушки прекращается. При этом в материале установится влажность, называемая равновесной W_F . Если сушить материал до влажности ниже равновесной, то неизбежно наступит состояние, при котором $P_{\Pi}^M < P_{\Pi}^C$, и материал начнет увлажняться. Этот процесс называют сорбцией. Обычно сушку ведут до равновесной влажности.

При сушке удаление влаги с поверхности связано с диффузией влаги из объема материала к поверхности. Эти два процесса должны находиться в строгом соответствии, в противном случае возможно пересыхание, коробление поверхности материала и ухудшение его качества.

Таким образом, при конвективной сушке влага перемещается к поверхности за счет градиента влажности, градиент температуры несколько тормозит процесс. За счет разности температур на поверхности и внутри материала происходит движение влаги внутрь, в направлении снижения температуры.

Контактная сушка. При контактной сушке термодиффузия и диффузия за счет разности концентрации влаги одинаково направлены, что способствует некоторой интенсификации процесса в первом периоде сушки. Во втором периоде разность температур уменьшается, поэтому несколько снижается интенсивность сушки.

Радиационная сушка. При сушке инфракрасными лучами направления потока влаги (градиент влагосодержания ΔU) и потока тепла (градиент температуры Δt) противоположны, что несколько снижает скорость сушки в первый момент. При постепенном прогреве тела влага перемещается внутрь слоя материала, влагосодержание отдаленных от поверхности слоев возрастает и возникает

значительный перепад влагосодержания в теле. К концу периода облучения тело прогревается, Δt уменьшается, влага движется к поверхности и начинает интенсивно испаряться. Интенсивность испарения повышается в десятки раз.

Диэлектрическая сушка. При сушке в поле токов высокой частоты материал помещается между двумя электродами, к которым по проводам подводится переменный ток высокой частоты. Под действием электрического поля ионы и электроны в материале меняют направление движения синхронно с изменением знака заряда электродов, дипольные молекулы приобретают вращательное движение, а неполярные молекулы поляризуются в результате смещения их зарядов. Эти процессы, сопровождаемые трением, приводят к выделению тепла. Выделяющееся тепло нагревает материал, способствуя продвижению влаги к периферийным слоям и испарению ее с поверхности тела.

При сушке в поле токов высокой частоты материал изнутри имеет более высокую температуру, чем на поверхности; последнее интенсифицирует процесс сушки, т.к. градиенты диффузии и термодиффузии направлены в одну сторону.

Применение нагрева в поле токов высокой частоты создается возможностью обеспечить равномерность нагрева всего объема тела. Внутренние слои нагреваются сильнее периферийных, потому что поверхность материала охлаждается в результате поверхностного испарения влаги и потерь тепла в окружающую среду. Но при сушке в поле токов высокой частоты расход энергии относительно высок. Этот способ применяется лишь для изделий, особенно чувствительных к растрескиванию, перегреву и т.д.

Сублимационная сушка. Во влажном состоянии материал при давлении парогазовой смеси меньше 4,58 мм рт. ст. имеет температуру ниже 0 °С. При этом свободная влага замерзает и ее испарение происходит без плавления (сушка сублимацией). Удаление влаги происходит при постепенном углублении поверхности испарения внутрь тела. Перенос пара от поверхности испарения через слой тела происходит путем диффузии. В конце процесса сушки сублимация льда заканчивается и дальнейшая сушка происходит при температуре выше 0 °С. Следовательно, сублимационная сушка включает в себя сублимацию льда (сушка путем испарения льда), испарение переохлажденной жидкости внутри тела и испарение связанной жидкости при температуре выше 0 °С к концу процесса сушки.

Для целей проектирования необходимо прежде всего выбрать предпочтительный способ сушки, затем конструкцию сушки, после чего провести поверочный расчет оборудования. Имеются методики [расчета сушилок виброкипящего слоя](#) и [распылительных сушилок](#).

3.4. Выбор конструкционных материалов.

Агрессивное действие среды на контактирующие с ней материалы проявляется в коррозии, эрозии, радиационном разрушении и микробной деградации. Учитывая это, к конструкционным материалам, из которых изготавливается оборудование, предъявляются следующие требования:

- высокая стойкость к действию агрессивного начала при рабочих параметрах;
- высокая механическая прочность, обеспечивающая целостность оборудования при рабочих параметрах и на этапе испытаний;
- сохранение свойств в сварных соединениях;
- низкая стоимость и не дефицитность.

Совет доброжелателя: помните, что неожиданное всегда обходится дороже, чем предсказанное и запланированное. Поэтому выбор конструкционного материала или способа его защиты следует производить в первую очередь.

Таким образом, при выполнении проекта необходимо:

- 1 – выявить все факторы, определяющие агрессивное влияние среды;
- 2 – принять решение о выборе конструкционных материалов с учетом их возможного обратного влияния на среду, с учетом их технологичности при изготовлении оборудования, с учетом их стоимости;

3 – принять решения о методах защиты конструкционных материалов.

Основной целью подбора материалов для конструкционного оформления технологической системы (аппаратов, трубопроводов, вспомогательных конструкций) всегда должно быть обеспечение безопасности работы данного объекта, надежности и экономически оправданного срока эксплуатации. Некоторые общие рекомендации по подбору конструкционных материалов:

1 - материалы следует выбирать с учетом пригодности их рабочих характеристик и способности надежно выполнять свои функции в течение экономически обоснованного срока службы. Конкретный выбранный материал должен быть точно указан в спецификациях;

2 - необходимо рассматривать и анализировать весь комплекс материалов как единое целое, а не каждый материал в отдельности. Более стойкие материалы надо применять для изготовления наиболее ответственных элементов аппаратов и конструкций;

3 - в средах с тщательно контролируемым составом можно использовать многие материалы часто без специальной защиты. В атмосферных условиях, даже в загрязненной среде, можно не защищать такие материалы, как нержавеющие стали и алюминиевые сплавы. В более агрессивной влажной среде целесообразнее применять относительно дешевые материалы с организацией дополнительной защиты. Для критических агрессивных условий в большинстве случаев предпочтительнее коррозионно-стойкие материалы, чем более дешевые материалы с дорогостоящей защитой;

4 - при выборе материала важна оценка его коррозионной стойкости в данной среде. Справочные данные желательно брать по максимальному времени экспозиции при испытаниях. При этом необходимо учитывать влияние: а) возможных технологических загрязнений; б) возможных продуктов коррозии как на конструкционный материал, так и на технологическую среду. Следует учитывать также возможную склонность к специфическим видам коррозии, к обрастанию инкрустациями и биоотложениями;

5 - когда ожидаются коррозионное или эрозионно-кавитационное поражение (износ) стенки аппарата или трубопровода, следует предусматривать увеличение толщины стенки сверх размера, определяемого другими функциональными требованиями проекта. В общем случае (и в соответствии с условиями механической прочности) толщина стенки берется равной удвоенной толщине, обеспечивающей необходимый срок эксплуатации;

6 - следует предпочтительно применять неметаллические материалы, отвечающие следующим требованиям: низкому влагопоглощению, стойкости к грибкам и микроорганизмам, стойкости в заданном интервале температур, совместимости с другими материалами, стойкости к огню и электрическим разрядам, неподверженности газовыделению и способности противостоять выветриванию.

Перечень возможных конструкционных материалов дан в дополнении.

Защита материала заключается в изоляции его от агрессивной среды. Такая защитная изоляция конструкционных материалов может быть обеспечена нанесением металлов, пластмасс или керамики на обрабатываемые поверхности, окрашиванием лакокрасочными покрытиями, облицовкой (футеровкой), герметизацией, оберткой, изолированием или нанесением временной защиты. Подобный способ защиты связан с изменением состава поверхности, при этом происходят некоторые изменения размеров аппарата или конструкции.

При выборе защитного покрытия следует выяснить следующие технические моменты:

1) какой способ защиты обеспечит нужный, оптимальный интервал между плановыми ремонтами и сохранит работоспособность и коррозионную стойкость аппаратуры;

2) каким будет воздействие на систему теплового скачка в условиях нагрузок, возможно ли истирание покрытия, как будут влиять перегревы;

3) будет ли система обеспечивать надежный теплоперенос;

- 4) будет ли данная система защиты соответствовать требованиям в отношении массы и герметических размеров объектов в пределах установленных допусков;
5) необходимы ли дополнительные меры защиты от коррозии.
[Перечень возможных изоляционных покрытий дан в дополнении.](#)

Виды конструкционных материалов.

Дополнение 3.37.

Виды конструкционных материалов.

Конструкционные материалы, используемые в химическом машиностроении, условно делятся на четыре класса:

- стали;
- чугуны;
- цветные металлы и сплавы;
- неметаллические материалы.

Стали. Сталь представляет собой сплав железа с углеродом, содержание которого не превышает 1-2%. Кроме того, в состав стали входят примеси кремния, марганца, а также серы и фосфора.

Стали по химическому составу делятся на несколько групп:

- углеродистые обыкновенного качества;
- углеродистые конструкционные;
- легированные конструкционные и др.

Сталь углеродистую обыкновенного качества изготавливают в зависимости от химического состава по ГОСТ 380—94 и ГОСТ 16523—97. Сталь углеродистая обыкновенная делится на несколько категорий - 1, 2, 3, 4, 5, 6 —чем больше номер, тем выше механическая прочность стали и ниже ее пластичность.

Для улучшения физико-механических характеристик сталей и придания им особых свойств (жаропрочность, кислотостойкость, и др.) в их состав вводят определенные легирующие добавки.

Наиболее распространенные легирующие добавки:

- хром (Х) - повышает твердость, прочность, химическую и коррозионную стойкость, термостойкость;
- никель (Н) - повышает прочность, пластичность и вязкость;
- вольфрам (В) - повышает твердость стали, обеспечивает ее самозакаливанию;

- молибден (М) - повышает твердость, предел текучести при растяжении, вязкость, улучшает свариваемость;
- марганец (Г) - повышает твердость, увеличивает коррозионную стойкость, понижает теплопроводность;
- кремний (С) - повышает твердость, прочность, пределы текучести и упругости, кислотостойкость;
- ванадий (Ф) - повышает твердость, предел текучести при растяжении, вязкость, улучшает свариваемость стали и увеличивает стойкость к водородной коррозии;
- титан (Т) - увеличивает прочность и повышает коррозионную стойкость стали при высоких ($>800^{\circ}\text{C}$) температурах.

Обычно в состав легированных сталей входят несколько добавок. По общему содержанию легирующих добавок легированные стали делят на три группы:

- низколегированные - с содержанием добавок до 3%;
- среднелегированные - с содержанием добавок от 3 до 10%;
- высоколегированные - с содержанием добавок $>10\%$.

В табл. 1 приведены примеры использования легированных сталей в химическом машиностроении.

Таблица 1.

Легированные конструкционные стали.

Сталь	Назначение
Коррозионностойкие стали для применения в слабоагрессивных средах	
08X13, 12X13	Азотная и хромовая кислоты различной концентрации при температуре не более 25°C . Уксусная кислота концентрации $<5\%$ при температуре до 25°C . Щелочи (аммиак, едкий натр, едкое кали). Соли органические и неорганические при температуре не более 50°C и концентрации менее 50%
30X13, 40X13	Обладают повышенной твердостью, хорошей коррозионной стойкостью во влажном воздухе, водопроводной воде, в некоторых органических кислотах, растворах солей и щелочей, азотной кислоте и хлористом натре при 20°C
Коррозионностойкие стали для сред средней агрессивности	
08X17T, 08X18T1, 15X25T	Заменители стали марки 12X18H10T и 12X18H9T для сварных конструкций, не подвергающихся воздействию ударных нагрузок при температуре эксплуатации не ниже -20°C . Для труб теплообменной аппаратуры. Эксплуатировать в интервале температур $400-700^{\circ}\text{C}$ не рекомендуется. Стойкие к действию азотной, фосфорной, лимонной, уксусной, щавелевой кислот разных концентраций при температурах не более 100°C
12X18H9T,	Высокая коррозионная стойкость по отношению к азотной, холодной

12X18H10T, 12X18H12T	фосфорной и органическим кислотам (за исключением уксусной, муравьиной, молочной и щавелевой), к растворам многих солей и щелочей, морской воде, влажному воздуху. Неустойчивы в соляной, серной, плавиковой, горячей фосфорной, кипящих органических кислотах. Обладают удовлетворительной сопротивляемостью к межкристаллитной коррозии
08X18H12Б	Обладает более высокой стойкостью, чем сталь 12X18H10T. Например, сталь устойчива к действию 65% азотной кислоты при температуре не более 50 °С, к действию концентрированной азотной кислоты при температуре не более 20 °С, к большинству растворов солей органических и неорганических кислот при разных температурах и концентрациях
Коррозионностойкие стали для сред повышенной и высокой агрессивности	
04X18H10, 03X8H11	Для оборудования и трубопроводов в производстве азотной кислоты и аммиачной селитры
06ХН38МД Т, 03ХН28МДТ	Для сварных конструкций, работающих при температурах до 80 °С в условиях производства серной кислоты различных концентраций
06ХН28МД Т, 10Х17Н13М2Т	Молочная, муравьиная кислоты при температуре до 20 °С. Едкое кали концентрации до 68% при температуре 120 °С. Азотная кислота концентрации 100% при температуре 70 °С. Соляная кислота, сухой йод концентрации до 10% при температуре до 20 °С

Чугуны. Серые чугуны представляют собой сплав железа, углерода и других металлургических добавок: кремния, марганца, фосфора и серы. Содержание углерода в чугунах колеблется от 2,8 до 3,7%, при этом большая его часть находится в свободном состоянии (графит) и только около 0,8-0,9% находится в связанном состоянии в виде цементита (карбида железа - FeC). Свободный углерод выделяется в чугуне в виде пластинок, чешуек или зерен.

Цветные металлы и их сплавы. Цветные металлы и их сплавы применяют для изготовления машин и аппаратов, работающих со средами средней и повышенной агрессивности и при низких температурах. В химической промышленности в качестве конструкционных материалов используются алюминий, медь, никель, свинец, титан, тантал и их сплавы.

Алюминий. Обладает высокой стойкостью к действию органических кислот, концентрированной азотной кислоты, разбавленной серной кислоты, сравнительно устойчив к действию сухого хлора и соляной кислоты. Высокая коррозионная стойкость металла обусловлена образованием на его поверхности защитной оксидной пленки, предохраняющей его от дальнейшего окисления. Механические свойства алюминия в значительной степени зависят от температуры. Например, при увеличении температуры от 30 °С до 200 °С значения допускаемого напряжения на растяжение снижаются в 3-3,5 раза, а на сжатие - в 5 раз. Верхняя предельная температура применения алюминия 200 °С. Алюминий не стоек к действию щелочей.

Медь. Взаимодействие меди с кислородом начинается при комнатной температуре и резко возрастает при нагревании с образованием пленки окиси меди (красного цвета). Медь сохраняет прочность и ударную вязкость при низких температурах и поэтому нашла широкое применение в технике глубокого холода. Медь не обладает стойкостью к действию азотной кислоты и горячей серной кислоты, относительно устойчива к действию органических кислот. Широкое распространение получили сплавы меди с другими компонентами: оловом, цинком, свинцом, никелем, алюминием, марганцем, золотом и др. Наиболее распространенными являются сплавы меди с цинком (латуни), с оловом (бронзы), с никелем (ЛАН), с железом и марганцем (ЛЖМ), цинком (до 10% цинка - томпак; до 20% - полутомпак; более 20% - константаны, манганины и др.).

Свинец - обладает сравнительно высокой кислотостойкостью, особенно, к серной кислоте, вследствие образования на его поверхности защитной пленки из сернокислого свинца. Исключительно высокая мягкость, легкоплавкость и большой удельный вес резко ограничивают применение свинца в качестве конструкционного материала. Однако широкое применение в машиностроении нашли сплавы с использованием свинца в качестве легирующего компонента: свинцовая бронза, свинцовая латунь, свинцовый баббит (свинец, олово, медь, сурьма).

Никель - обладает высокой коррозионной стойкостью в воде, в растворах солей и щелочей при разных концентрациях и температурах. Медленно растворяется в соляной и серной кислотах, не стоек к действию азотной кислоты. Широко применяется в различных отраслях техники, главным образом для получения жаропрочных сплавов и сплавов с особыми физико-химическими свойствами. Никель-медные сплавы обладают улучшенными механическими свойствами и повышенной коррозионной стойкостью.

Никельхромсодержащие жаропрочные сплавы. Никелевые сплавы, легированные хромом и вольфрамом, являются стойкими в окислительных средах. Никелевые сплавы с добавкой меди, молибдена и железа стойкие в неокислительных средах. Никель-медные сплавы с добавлением кремния стойкие в горячих растворах серной кислоты, а сплавы никеля с молибденом обладают повышенной стойкостью к действию соляной кислоты.

Титан и тантал. Титан химически стоек к действию кипящей азотной кислоты и царской водки всех концентраций, нитритов, нитратов, сульфидов, органических кислот, фосфорной и хромовой кислот. Однако изделия из титана в 8-10 раз дороже изделий из хромоникелевых сталей, поэтому применение титана в качестве конструкционного материала ограничено. Тантал химически стоек к действию кипящей соляной кислоты, царской водки, азотной, серной, фосфорной кислот. Однако не обладает стойкостью к действию щелочей.

Титан и тантал по механическим свойствам не уступают высоколегированным сталям, а по химической стойкости намного превосходят их. Эти ценные металлы находят широкое применение в химическом машиностроении как в чистом виде, так и в виде сплавов.

Неметаллические конструкционные материалы. Применение в химическом машиностроении неметаллических конструкционных материалов позволяет экономить дорогостоящие и дефицитные металлы.

Фторопласт (тефлон) - элементы конструкций из фторсодержащих полимеров обладают высокой стойкостью практически во всех агрессивных средах в широком интервале температур.

Углеродистые материалы – графит, пропитанный фенолформальдегидной смолой, или графитопласт, - прессованная пластмасса на основе фенолформальдегидной смолы с графитовым наполнителем. Обладают высокой коррозионной стойкостью в кислых и щелочных средах.

Стекло и эмали. Стекло применяется в качестве конструкционного материала в производствах особо чистых веществ. Эмали - специальные силикатные стекла, обладающие хорошей адгезией с металлом. Промышленностью выпускаются чугунные и стальные эмалированные аппараты, работающие в широком интервале температур от -15 до +250 °С при давлениях до 0,6 МПа.

Керамика - выпускается кислотоупорный кирпич для футеровки химического оборудования, крупноблочная керамика для аппаратов башенного типа, например, в производстве серной кислоты. Керамические материалы обладают высокой устойчивостью ко многим агрессивным средам, исключение составляют щелочные среды. Трубопроводы из кислотостойкой керамики широко применяют для транспортировки серной и соляной кислот.

Фарфор - обладает высокой стойкостью ко всем кислотам, за исключением плавиковой. Недостаточно стоек к действию щелочей. Фарфор используется в качестве конструкционного материала в производствах, где к чистоте продуктов предъявляются повышенные требования.

Винипласт - термопластичная масса, обладающая высокой устойчивостью почти во всех кислотах, щелочах и растворах, за исключением азотной и олеума. Детали из винипласта надежно работают в интервале температур 0—40 °С и давлении до 0,6 МПа.

Асбовинил - композиция из кислотостойкого асбеста и лака, обладающая сравнительно высокой стойкостью к действию большинства кислот и щелочей в интервале температур от -50 до +110 °С.

Полиэтилен, полипропилен - термопластичные материалы, стойкие к действию минеральных кислот и щелочей при условиях:

- полиэтилен - температура от -60 до +60 °С, давление до 1 МПа;
- полипропилен - температура от -10 до +100 °С давление до 0,07 МПа.

Фаолит - кислотостойкая пластмасса с наполнителями: асбест, графит, кварцевый песок. Используют при температуре до 140 °С и давлении до 0,06 МПа. Фаолит стоек к действию многих кислот, в том числе серной (концентрацией до 50%), соляной (всех концентраций), уксусной, муравьиной (до 50%), фосфорной, а также бензола, но не стоек в растворах щелочей и окислителей.

Текстолит - по механической прочности превосходит фаолит и отличается высокой стойкостью к агрессивным средам, в том числе к кислотам - серной (концентрацией до 30%), соляной, (до 20%), фосфорной (до 25%), уксусной (всех концентраций). Верхний температурный предел применения текстолита 80 °С.

Пропитанный графит - графит, полученный после прокалики каменноугольной смолы и пропитанный связующими смолами - фенолформальдегидными, кремнеорганическими, эпоксидными и др.

Вследствие хорошей теплопроводности пропитанного графита его широко применяют для изготовления теплообменников и трубопроводной арматуры. Пропитанный графит стоек во многих химически активных средах, в том числе в кислотах - азотной (низкой концентрации), плавиковой (концентрацией до 40%), серной (до 50%), соляной, уксусной, муравьиной, фосфорной. Некоторые сорта пропитанного графита стойки к действию щелочей.

Жаропрочный кислотостойкий бетон - применяется для бетонирования днищ башенного оборудования сернокислотного производства, для изготовления фундаментов под оборудование. Надежно работает в условиях 900-1200 °С. В последнее время находят применение полимербетоны на основе органических смол, которые обладают высокой стойкостью к действию концентрированных кислот, щелочей, бензола, толуола и фторсодержащих сред.

Природные силикатные материалы: диабаз, базальт, асбест, хризотил, андезит обладают высокой кислотостойкостью, исключение составляет хризотил, который не стоек в кислотах, но устойчив к действию щелочей. Все эти материалы обладают хорошими физико-механическими свойствами и широко используются в качестве конструкционных теплоизоляционных и футеровочных материалов.

Среди многочисленных полимерных материалов, применяемых в противокоррозионной технике, все большее место занимают стеклопластики и бипластмассы, получаемые на основе различных синтетических смол и стекловолоконных наполнителей.

Наиболее перспективными в области применения полимерных материалов являются конструкции из бипластмасс, состоящие из внутреннего химстойкого слоя – термопласта и внешнего упрочняющего слоя – стеклопластика.

Трубы из графитовых марок АТМ-1 и АТМ-1Т ТУ 48-20-13-77

Назначение – изготовление деталей химической аппаратуры и трубопроводов.

D _{внутр.} , мм	22	26	32	40	50	60	70	75	80	90
D _{нар.} , мм	32	37	42	52	63	74	85	90	98	114

Трубы полиэтиленовые ГОСТ 18599-73

Назначение – транспортировка химически агрессивных сред.

Температурный предел применения – 70⁰С

Средний наружный диаметр, мм: 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 75, 90, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630.

Трубы полипропиленовые ТУ 38-102100-76

Назначение – транспортировка химически агрессивных сред.

Температурный предел применения – 100⁰С

Средний наружный диаметр, мм: 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 75, 90, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 315.

Сварка горячим воздухом или экструзионноконтактным способом.

Трубы из винипласта ТУ 6-05-1573-77

Назначение – транспортировка химически агрессивных сред.

Температурный предел применения – 50⁰С

Условный проход, мм: 6, 8, 10, 13, 15, 20, 25, 32, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 125, 150, 240.

Методы защиты конструкционных материалов от коррозии.

Дополнение 3.38.

Методы защиты конструкционных материалов от коррозии.

Коррозией называется процесс разрушения материалов в результате взаимодействия с агрессивной средой.

Конструкционные материалы для химического машиностроения должны обладать высокой коррозионной стойкостью, т. е. способностью противостоять коррозионному воздействию среды.

Коррозионная стойкость понятие относительное, так как зависит от многих факторов: вида агрессивной среды, конструкции химически активного компонента, скорости движения среды, температуры, давления и др. Например, углеродистая сталь вполне устойчива к действию концентрированной серной кислоты, но не стойка к действию разбавленной серной кислоты. Многие силикатные материалы устойчивы к действию серной кислоты любой концентрации, однако, не стойки к действию плавиковой кислоты.

Коррозионная стойкость металлов оценивается различными методами. Одним из наиболее распространенных является метод оценки по глубинному показателю коррозии (скорости коррозии). Глубинный показатель коррозии - это величина, характеризующая уменьшение толщины металла в течение года вследствие коррозии.

Согласно ГОСТ 13819-63 все конструкционные материалы по коррозионной стойкости делятся на группы и оцениваются по десятибалльной шкале. Так, материалы для химического машиностроения должны иметь балл не более 5, что соответствует скорости коррозии 0,1 мм/год. Для конструкционных материалов менее ответственных деталей химического оборудования скорость коррозии допускается до 0,5 мм/год.

Виды коррозии.

Коррозия металлов может протекать по химическому и электрохимическому механизму.

Электрохимическая коррозия - возникает при действии на металл электролитов и влажных газов и характеризуется наличием двух параллельно идущих процессов: окислительного (растворение металла) и восстановительного (выделение металла из раствора). Этот вид коррозии сопровождается протеканием электрического тока в результате образования микрогальванических элементов. Возникновение коррозионных разрушений в металле связано с неоднородностью металла, присутствием примесей, нарушением структуры металла или защитного слоя, непостоянством состава раствора, неравномерностью деформаций различных участков, разностью температур и другими факторами.

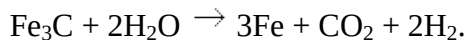
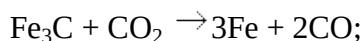
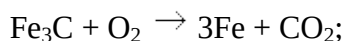
Скорость электрохимической коррозии зависит от концентрации и скорости движения раствора, состава и структуры металла, растворимости продуктов коррозии на анодных и катодных участках, температуры, давления и др.

Химическая коррозия - возникает при действии сухих газов и жидких неэлектролитов на металлы, а также при действии электролитов на неметаллы. Механизм химической коррозии сводится к диффузии ионов металла сквозь постоянно утолщающуюся пленку продуктов коррозии и встречной диффузии атомов или ионов кислорода.

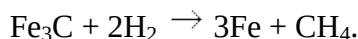
Примером химической коррозии является газовая коррозия - процесс взаимодействия металлов при высоких температурах и давлениях с кислородом или другими газами (H_2S , SO_2 , CO_2 , водяной пар). В результате этого процесса на поверхности металлов образуется оксидная пленка, которая во многих случаях обладает защитными свойствами. Толщина такой пленки может меняться от 1-5 мм до десятых долей миллиметра. Хорошими защитными свойствами обладают оксидные пленки, у которых коэффициент линейного термического расширения (КЛТР) близок к значению КЛТР металла.

Скорость химической коррозии значительно зависит от температуры и давления.

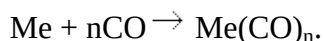
При повышенных температурах вследствие химической коррозии происходит процесс обезуглероживания у сталей:



При повышенных температурах и давлениях обезуглероживание может происходить за счет гидрирования (водородная коррозия):



При сравнительно низких температурах и высоких давлениях происходит разрушение металла в результате воздействия на него оксида углерода с образованием карбониллов (карбонильная коррозия):



Наличие механических воздействий в присутствии агрессивных сред приводит к возникновению коррозионной кавитации и коррозионной усталости металла, сопровождающихся серьезными коррозионными разрушениями.

Способы борьбы с коррозией

Для примера рассмотрим некоторые особенности коррозии нержавеющей сталей и способы борьбы с ней. Высокая коррозионная стойкость нержавеющей сталей определяется их способностью легко пассивироваться (покрываться защитной пленкой) даже в обычных атмосферных условиях за счет кислорода воздуха.

Коррозионная стойкость нержавеющей сталей зависит:

1. От содержания хрома, основного легирующего компонента, с увеличением содержания которого резко возрастает коррозионная стойкость стали.
2. От содержания углерода, с увеличением которого коррозионная стойкость стали значительно снижается.
3. От структурного состояния сталей. Наибольшей коррозионной стойкостью обладают твердые растворы, легированные хромом и никелем. Нарушение однородности структуры, вследствие образования карбидов или нитридов, приводит к уменьшению содержания хрома в твердом растворе и снижению коррозионной стойкости.
4. От природы агрессивной среды и устойчивости пассивной пленки. Нержавеющие стали устойчивы в растворах азотной кислоты, различных нейтральных и слабокислых растворах при доступе кислорода и неустойчивы в соляной, серной и плавиковой кислотах. Стали теряют свою устойчивость в сильно окислительных средах вследствие разрушения пассивных пленок, например, в высококонцентрированной азотной кислоте при высоких температурах.

5. От температуры - с повышением температуры коррозионная стойкость нержавеющей сталей резко ухудшается как в окислительных, так и в неокислительных средах.

Коррозия в нержавеющей стали может протекать как по электрохимическому так, по химическому механизму. Ввиду сложного структурного состояния и большой разницы в электрохимических и коррозионных свойствах структурных составляющих, нержавеющие стали особенно склонны к проявлению локальных разрушений (межкристаллитная коррозия, точечная, язвенная). В сложных конструкциях, имеющих зазоры и щели, характерно проявление щелевой коррозии.

Межкристаллитная коррозия чаще проявляется в сварных соединениях и в случае неправильной термической обработки. При этом зерна находятся в пассивном состоянии, а границы зерен в активном вследствие образования карбида хрома. С повышением содержания в стали углерода чувствительность ее к межкристаллитной коррозии резко возрастает. Существенное влияние на чувствительность сталей к межкристаллитной коррозии оказывает размер зерен, причем, чем меньше размер зерна, тем меньше чувствительность стали к коррозии.

Точечная и язвенная коррозия нержавеющей сталей часто встречается при эксплуатации изделий в морской воде. Это связано с адсорбцией хлор-ионов на некоторых участках поверхности стали, вследствие чего происходит локализация коррозии. Легирование молибденом резко увеличивает сопротивляемость металла действию хлор-ионов.

Для изделий из нержавеющей стали сложных конструкций, имеющих щели, зазоры, карманы, характерна щелевая коррозия. Ее механизм связан с затруднением диффузии кислорода или другого окислителя или анодных замедлителей коррозии в труднодоступные участки конструкции, вследствие чего на этих участках сталь переходит в активное состояние.

Методы борьбы с этим видом коррозии сводятся прежде всего к устранению зазоров, карманов, щелей, контактов стали с неметаллическими материалами, т.е. к конструктивным мерам. Весьма эффективно также увеличение концентрации окислителя или анодных замедлителей в растворе.

Известно большое количество способов защиты металлических поверхностей от коррозионного воздействия среды. Наиболее распространенными являются следующие:

1. Гуммирование - защитное покрытие на основе резиновых смесей с последующей их вулканизацией. Покрытия обладают эластичностью, вибростойкостью, химической стойкостью, водо- и газонепроницаемостью. Для защиты химического оборудования применяют составы на основе натурального каучука и синтетического натрий-бутадиенового каучука, мягких резин, полубонитов, эбонитов и других материалов.

2. Торкретирование - защитное покрытие на основе торкрет-растворов, представляющих собой смесь песка, кремнефторида натрия и жидкого стекла. Механизированное пневмонанесение торкрет-растворов на поверхность металла позволяет получить механически прочный защитный слой, обладающий высокой химической стойкостью ко многим агрессивным средам.

3. Лакокрасочные покрытия широко применяются для защиты металлов от коррозии, а неметаллических изделий - от гниения и увлажнения. Представляют собой жидкие или пастообразные растворы смол (полимеров) в органических растворителях или растительные масла с добавленными к ним тонкодисперсных минеральных или органических пигментов, наполнителей и других специальных веществ. После нанесения на поверхность изделия образуют тонкую (до 100-150 мкм) защитную пленку, обладающую ценными физико-химическими

свойствами. Лакокрасочные покрытия для металлов обычно состоят из грунтовочного слоя, обладающего антикоррозионными свойствами и внешнего слоя - эмалевой краски, препятствующей проникновению влаги и агрессивных ионов к поверхности металла. С целью обеспечения хорошего сцепления (адгезии) покрытия с поверхностью ее тщательно обезжиривают и создают определенную шероховатость, например, гидро- или дробе- и пескоструйной обработкой.

4. Лакокрасочные покрытия термостойкие – покрытия, способные выдерживать температуру более 100 °С в течение определенного времени без заметного ухудшения физико-механических и антикоррозионных свойств. В зависимости от природы пленкообразующего компонента различают следующие виды термостойких лакокрасочных покрытий:

- этилцеллюлозные - при 100 °С;
- алкидные на высыхающих маслах - при 120-150 °С;
- фенольно-масляные, полиакриловые, полистирольные – при 200 °С;
- эпоксидные - при 230-250 °С;
- поливинилбутиральные - при 250-280 °С;
- полисилоксановые, в зависимости от типа смолы - при 350-550 °С, и др.

5. Латексные покрытия - на основе водных коллоидных дисперсий каучукоподобных полимеров, предназначенных для создания бесшовного, непроницаемого подслоя под футеровку штучными кислотоупорными изделиями или другими футеровочными материалами. Латексные покрытия обладают хорошей адгезией со многими материалами, в том числе и с металлами. Они применяются в производствах фосфорной, плавиковой, кремнефтористоводородной кислот, растворов фторсодержащих солей при температуре не более 100 °С.

6. Футерование химического оборудования термопластами. Защитное действие полимерных покрытий и футеровок в общем случае определяется их химической стойкостью в конкретной агрессивной среде, степенью непроницаемости (барьерная защита), адгезионной прочностью соединения с подложкой, стойкостью к растрескиванию и отслоению, зависящей от внутренних механических свойств полимера и подложки, неравновесностью процессов формирования защитных слоев и соединений.

Наибольшее распространение при футеровании химического оборудования получили листы и пленки из полиэтилена (ПЭ), полипропилена (ПП), политетрафторэтилена (ПТФЭ), поливинилхлорида (ПВХ), пентапласта (ПТ) и других композиционных материалов. Для повышения физико-механических и защитных свойств, износостойкости листовые футеровочные материалы наполняют минеральными наполнителями (сажа, графит, сернокислотная обработка, ионная бомбардировка и др.). Для повышения адгезионной активности по отношению к клеям листовые материалы дублируют различными тканями.

Правильно выбранный способ антикоррозионной защиты позволит обеспечить максимальную долговечность защиты химического оборудования в конкретных условиях его эксплуатации.

3.5. Разработка КИПиА.

Автоматика - это наука о принципах и методах построения автоматических систем, выполняющих заданные функции без непосредственного участия человека.

Под автоматизацией понимают применение методов и средств автоматики для превращения неавтоматических процессов в автоматические.

Для получения информации в управляемом процессе применяют контрольно-измерительные приборы (КИП).

Разработка системы приборного контроля и автоматического управления производством осуществляется в соответствии с уровнем требований Заказчика. В идеале систему можно довести до уровня работы без вмешательства человека, но это дорого стоит.

В любом случае приборный контроль и компьютерное управление позволяют избежать таких субъективных проблем, связанных с человеческим фактором, как эмоциональные срывы, ошибки и недобросовестность.

В данном разделе проекта необходимо составить перечень важнейших контрольных точек производства, в которых поддержание в допустимых пределах рабочих параметров обеспечивает соблюдение рабочего режима производства.

Понятие «контрольная точка» включает в себя следующую информацию:

- место на технологической линии;
- наименование определяемого параметра;
- допустимые пределы значения параметра;
- способ и средство измерения параметра.

Обычно перечень контрольных точек оформляется в виде таблицы с соответствующими графами:

№ п.п.	Место положения контрольной точки	Наименование параметра	№ потехнологическойсхеме	Допустимые пределы и размерность измеряемого параметра	Способ, средство и частота измерения

Выбор мест замера.

В таблицу следует включать только те контрольные точки, которые непосредственно отражают ход технологического процесса, контроль за которыми способствует его правильному ведению. Выбор целиком зависит от уровня компетенции проектанта.

Объектами контроля являются:

- состояние оборудования;
- качество сырья и полупродуктов;
- режимы технологических операций;
- качество продукта;
- количество продукта и т.п.

Допустимые пределы варьирования параметра.

Нижний и верхний пределы значений контролируемого параметра определяются режимами технологического процесса. Кроме того, необходимо предусмотреть критичные значения, после достижения которых должны включаться системы защиты оборудования или производственного помещения.

Также необходимо учесть возможные аварийные ситуации, предусмотрев блокировку оборудования, систем питания и т.п.

Методы замера:

- ручные (отбор проб);
- приборные (непосредственно на оборудовании);
- вычислительные (по результатам замеров косвенных параметров).

Замеры могут производиться периодически с определенной частотой и непрерывно.

В данном разделе проекта необходимо привести методики ручных замеров либо ссылки на них, порядок отбора проб, порядок оформления документов, в которых регистрируются результаты контроля.

Если используется приборный контроль, необходимо дать описание выбранных датчиков, способов передачи сигнала от датчиков и первичных приборов (на месте замера) к вторичным приборам (на пульте управления).

Автоматизация управления.

Автоматическому регулированию подвергаются в первую очередь те параметры, которые имеют решающее влияние на ход процесса и качество продукции. При этом желательно использовать микропроцессоры и ЭВМ. В этом разделе необходимо описать принципы действия примененных в проекте схем автоматического регулирования, дать перечень исполнительных механизмов.

Схема КИПиА в объеме дипломного проекта наносится на аппаратурно-технологическую схему производства в соответствии с принятыми обозначениями.

Обозначение приборов автоматического контроля на чертежах.

Дополнение 3.39.

Обозначение приборов автоматического контроля на чертежах.

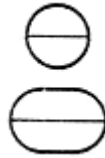
Государственный стандарт «Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах». Дата введения 1987-01.

Настоящий стандарт устанавливает условные обозначения приборов, средств автоматизации и линий связи, применяемых при выполнении схем автоматизации технологических процессов.

1. Графические обозначения

Графические обозначения приборов, средств автоматизации и линий связи должны соответствовать приведенным в табл.1.

Таблица 1.

Наименование	Обозначение
1. Прибор, устанавливаемый вне щита (по месту):	
а) основное обозначение	
б) допускаемое обозначение	
2. Прибор, устанавливаемый на щите, пульте:	
а) основное обозначение	
б) допускаемое обозначение	
3. Исполнительный механизм. Общее обозначение	
4. Линия связи. Общее обозначение	
5. Пересечение линий связи без соединения друг с другом	

6. Пересечение линий связи с соединением между собой	
--	---

2. Буквенные обозначения

Основные буквенные обозначения измеряемых величин и функциональных признаков приборов должны соответствовать приведенным в табл. 2

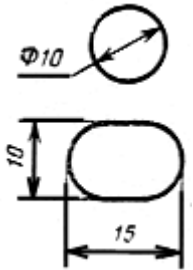
Таблица 2.

Обозначение	Измеряемая величина	
	Основное обозначение измеряемой величины	Дополнительное обозначение, уточняющее измеряемую величину
D	Плотность	Разность, перепад
E	Электрическая величина	-
F	Расход	Соотношение, доля, дробь
G	Размер, положение, перемещение	-
K	Время, временная программа	-
L	Уровень	-
M	Влажность	-
P	Давление, вакуум	-
Q	Величина, характеризующая качество: состав, концентрация и т.п. (см. п. 2.13)	Интегрирование, суммирование по времени
R	Радиоактивность (см. п. 2.13)	-
S	Скорость, частота	-
T	Температура	-
U	Несколько разнородных измеряемых величин	-
V	Вязкость	-
W	Масса	-

3. Размеры условных обозначений

Размеры условных графических обозначений приборов и средств автоматизации в схемах приведены в табл. 3.

Таблица 3

Наименование	Обозначение
Прибор:	
а) основное обозначение	
б) допускаемое обозначение	

Исполнительный механизм	
-------------------------	--

4. Правила построения условных обозначений.

4.1. Внутри круга или эллипса, изображающего прибор, в верхней части проставляется буква, соответствующая измеряемому параметру.

4.2. Рядом с первой буквой проставляется вторая буква, соответствующая функциональному назначению прибора, из следующего перечня:

А – прибор, передающий сигнал на оповещательное устройство (лампа, сирена, звонок и т.п.);

С – прибор, передающий сигнал на исполнительный механизм;

Ј – прибор показывающий, сигнал с него не передается;

R – прибор, передающий сигнал на регистрирующее устройство (самописец, компьютер);

S – прибор, передающий сигнал на блокирующее устройство (прекращение подачи, отключение электропитания и т.п.).

4.3. Предельные значения измеряемых величин, по которым осуществляется, например, включение, отключение, блокировка, сигнализация, допускается конкретизировать добавлением букв Н и L. (верхнее и нижнее значение величины).

Примеры обозначений приборов:



- термометр, установленный на месте, соединенный с исполнительным механизмом (например, с вентилем на трубопроводе подачи охлаждающей воды).



- уровнемер, установленный на щите, соединенный с блокирующим устройством и срабатывающий по верхнему уровню (например, отключение подкачивающего насоса).

Принятие решений по ОТ и ТБ.

Дополнение 3.40.

Принятие решений по ОТ и ТБ.

Перечень взрыво- и пожароопасных веществ.

Все применяемые и образующиеся вещества должны быть оценены по их взрыво- и пожароопасности, возникающей при использовании электрооборудования. Необходимо получить следующие данные:

- возможны ли воспламенение и взрыв при взаимодействии с водой и кислородом воздуха;
- возможно ли самовоспламенение;
- температуры вспышки паров, предельные концентрации взрываемости в воздухе.

Информация собирается из справочников или получается из экспериментов. На основании ее устанавливается категоричность производства по пожарной опасности в соответствии с нормами НПБ 105-03. Следствием является корректировка выбора оборудования.

В соответствии с НПБ 105-03 «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности» предусматриваются следующие категории:

Категория А (взрывопожароопасная).

Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28⁰С в таком количестве, что могут образовать парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.

Категория Б (взрывопожароопасная).

Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28⁰С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовать взрывоопасные пылевоздушные смеси, при воспламенении которых развивается избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.

Категория В1-В4 (пожароопасная).

Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б.

Категория Г (пожароопасная).

Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр или пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

Категория Д (не пожароопасная).

Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Статическое электричество.

Статическое электричество опасно образованием искры, которая может вызвать взрыв, пожар, прямое воздействие на персонал или косвенное воздействие на ход технологического процесса.

Снижение опасности образования искры достигается различными методами, прямо или косвенно влияющими на выбор основного оборудования:

- ионизация воздуха;
- заземление;
- использование поверхностной проводимости;
- заполнение емкостей инертным газом;
- снижение скоростей транспортирования жидкостей.

Перечень токсичных веществ.

Все применяемые и образующиеся вещества должны быть оценены по их вредному воздействию на организм человека. Органы Государственного Санитарного надзора регламентируют содержание токсичных веществ в воздухе производственных помещений и населенных пунктов, в технологических выбросах производства. Соответственно нормам ПДК разрабатываются мероприятия по защите людей (вентиляция, локализация или уничтожение токсических веществ, использование индивидуальных средств защиты и т. п.).

Перечень опасных мест производства.

Разработчик проекта обязан выявить все те места, в которых, по его мнению, должны быть предусмотрены особые меры предосторожности, чтобы исключить возможность аварии, несчастных случаев и профессиональных заболеваний. Особые меры предосторожности могут быть следующими:

- установка локальных сигнализирующих газоанализаторов – при возможности накопления опасных концентраций газов и паров, с автоматическим включением аварийной вентиляции;
- аварийный сброс реакционной массы – при начале неуправляемой экзотермической реакции;
- блокировка прохода к местам с избыточным тепловыделением, шумом, вибрацией, электромагнитным излучением;
- размещение индивидуальных средств защиты.

Разработка инструкций и ответственность проектанта.

На работающем производстве обязательно наличие инструкций по технике безопасности, пожарной безопасности и производственной санитарии для персонала. Инструкции составляются по утверждённой методике и тексты утверждаются высшим руководством. Юридическая и уголовная ответственность проектанта наступает, если следствие по несчастному случаю показывает не предусмотренные разработчиком возможностей несчастного случая без вины потерпевшего.

В объеме дипломного проекта разработка инструкций не предусматривается.

Основное содержание раздела Охрана окружающей среды от промышленных загрязнений.

Основное содержание раздела «Охрана окружающей среды от промышленных загрязнений»

1. Введение. Очень кратко рассматриваются особенности проектируемого предприятия и отрасли и его сложность с точки зрения охраны окружающей среды от промышленных загрязнений.

2. Обоснование места строительства. Необходимо показать, что строительство проектируемого предприятия в данном районе по экологическим соображениям возможно.

Обязательно надо обратить внимание на возможность использования в качестве сырья отходов предприятий данного региона, т. к. строительство такого предприятия может улучшить общую экологическую ситуацию региона в целом, т. е. более рационально будет использоваться природное сырье, а вследствие уменьшения количества отходов снизится загрязнение окружающей среды промышленными выбросами.

В случае проектирования безотходного предприятия достаточно написать: «Проектируемое предприятие является безотходным или практически безотходным, не оказывает вредного экологического воздействия на окружающую природную среду и на его строительство нет ограничений».

3. Экологическое обоснование технологической схемы. При анализе нескольких альтернативных вариантов для окончательного выбора технологической схемы наряду с технико-экономическими вопросами рассматриваются экологические аспекты проектируемого предприятия: степень использования сырья, количество и степень токсичности веществ, поступающих в окружающую среду и т. д. В обязательном порядке должны прорабатываться решения по комплексной переработке природного сырья, рациональному использованию образующихся и накопленных отходов в готовую продукцию, годную для дальнейшей транспортировки и переработки на других предприятиях, т. е. созданию малоотходных и безотходных технологических процессов и производств.

Малоотходная и безотходная технология включает разработку и внедрение технологических процессов, производств и оборудования, обеспечивающих:

- комплексную переработку сырья с использованием всех его компонентов;
- существенное уменьшение или полное исключение загрязнения окружающей среды отходами производства и потребления;
- переработку отходов производства и потребления с получением товарной продукции или любое полезное их использование без нарушения экологического равновесия;
- замкнутые системы промышленного водоснабжения.

4. Вопросы газоочистки. Из анализа технологической схемы необходимо определить объемы и состав всех газовых выбросов в атмосферу. Прежде всего должны быть рассмотрены все возможные методы по предотвращению попадания вредных веществ в атмосферу (герметичность аппаратуры, покрытие специальными веществами, препятствующими испарению, брикетирование пылящих веществ или их смачивание и т.д.), после этого должны быть разработаны методы очистки отходящих газов с обязательным последующим использованием или обезвреживанием

полученных продуктов, т.е. выбраны методы и подобрано соответствующее оборудование, обеспечивающее на выходе из системы очистку до величин ПДК или ПДВ.

5. Очистка сточных вод. Прежде всего необходимо определить состав сточных вод, образующихся на всех стадиях технологического процесса, и их объем. В обязательном порядке должны быть проанализированы возможности создания замкнутой системы водоиспользования. Для этого необходимо определять требования к качеству воды, используемой во всех технологических процессах и операциях. Исходя из требований к качеству воды, необходимо рассмотреть все возможные варианты повторного ее использования без очистки и только после этого подобрать необходимые методы и установки для локальной очистки сточных вод с использованием получаемых при этом осадков и концентратов.

В случае невозможности повторного использования сточных вод последние должны быть очищены до соответствующих ПДК и только после этого сброшены в водоем.

Все осадки и шламы с очистных сооружений, не нашедшие применения, должны быть обезврежены и захоронены. Если стоки предполагается сбрасывать в канализацию, необходимо учесть нормативы такого сброса и соответствующую стоимость за их прием.

7. Выводы. Заканчивается раздел кратким выводом. Например: «...В связи с тем, что проектируемое предприятие является безотходным или практически безотходным, оно не оказывает вредного экологического воздействия на окружающую среду» или «...благодаря принятым мерам проектируемое предприятие не оказывает вредного воздействия на окружающую среду», поскольку предприятия, оказывающие отрицательное экологическое воздействие на окружающую природную среду, не имеют права на существование.

Рекомендации по выполнению строительной части проекта.

Дополнение 3.42.

Рекомендации по выполнению строительной части проекта.

1 Одноэтажные промышленные здания. Они используются для производств с горизонтальным технологическим процессом. Такие здания проектируются с пролетами одинаковой высоты, ширины и направления.

Шаг колонн равен 6 м, а длина пролетов – 6, 9, 12, 18 и 24 м. Высота помещений от пола до низа перекрытия – 3,6; 4,2; 4,8; 5,4 и 6 м. Может быть также 7,2; 8,4; 10,8 и 12,6 м.

2 Многоэтажные здания. Размещение производств в многоэтажных зданиях позволяют экономить площадь застройки, затраты на инженерное оснащение и на оборудование.

Для таких зданий применяются сетка колонн 6х6 м. Высота этажей – 3,6; 4,8; 6,0; 7,2 и 10,8 м. Ширина здания – не менее 18 м.

Лестничные клетки выполняют в виде шахт с кирпичными стенами, в которые заделаны лестничные марши с площадками. Ширина маршей – 1350 мм. Лестницы должны размещаться у наружных стен зданий и иметь естественное освещение.

3 Склады. Для складов используют типовые строительные конструкции и секции. Высота помещений складов – 3,6; 4,8; и 6 м. Размеры проездов зависят от способа транспортирования материалов.

4 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Здания химических производств оборудуют воздушным отоплением, совмещенным с приточной вентиляцией, применяя отопительно-циркуляционные агрегаты.

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

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

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.

Наружный забор воздуха для приточной вентиляции делается в местах наиболее удаленных и защищенных от мест выброса вредных газов, паров и пыли.

Предприятия химической промышленности являются источниками загрязнения атмосферного воздуха вредными газами и пылью. Такие выбросы подрывают здоровье работающих и живущих по соседству с химическими предприятиями.

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.

5 Водоснабжение. Заводы химической промышленности потребляют очень большое количество воды.

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. Систему оборотного водоснабжения следует проектировать комплексно и привязывать к отдельным видам технологических процессов.

6 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, содержащие 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 вредных веществ. Канализационные системы для сбора и 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.

7 Условия противопожарной безопасности и взрывоопасности зданий. В цехах предприятий химической промышленности при наличии газо- или паровоздушных смесей сероуглерода, ацетилена, этилового эфира и других веществ, способных воспламеняться от искр, полы следует делать из не искрящихся при ударе материалов (асфальт с известняковым наполнителем, керамические неглазурованные плитки, трудно сгораемые пластики и т.п.).

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 ограничений. Для «сброса» давления внутри здания и продуктов взрыва часто используют оконные и дверные проемы.

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 выталкивались при незначительных давлениях. Для изготовления стеновых панелей используют легкие теплоизоляционные несгораемые материалы.

8 Бытовые помещения. В состав бытовых помещений входят гардеробные, душевые, туалетные и т.п. помещения. Они располагаются в блоках, их количество и площадь обусловлены численностью персонала.

9 Компоновка оборудования.

Расстановку оборудования производят с учетом следующих рекомендаций:

- максимально возможное сокращение трубопроводов, насосов и сборников за счет использования многоуровневого (многоэтажного) размещения оборудования;

- помещение наиболее тяжелого оборудования на первом этаже;

обеспечение максимально возможной равномерности размещения оборудования с учетом необходимости свободных проходов между агрегатами во время их обслуживания и ремонта;

- использование вентиляционных проемов в перекрытиях и стенах в качестве монтажных.

10 Графическое оформление.

На чертежах изображаются поэтажные планы проектируемого производства, а также продольный и поперечный разрезы промышленного здания.

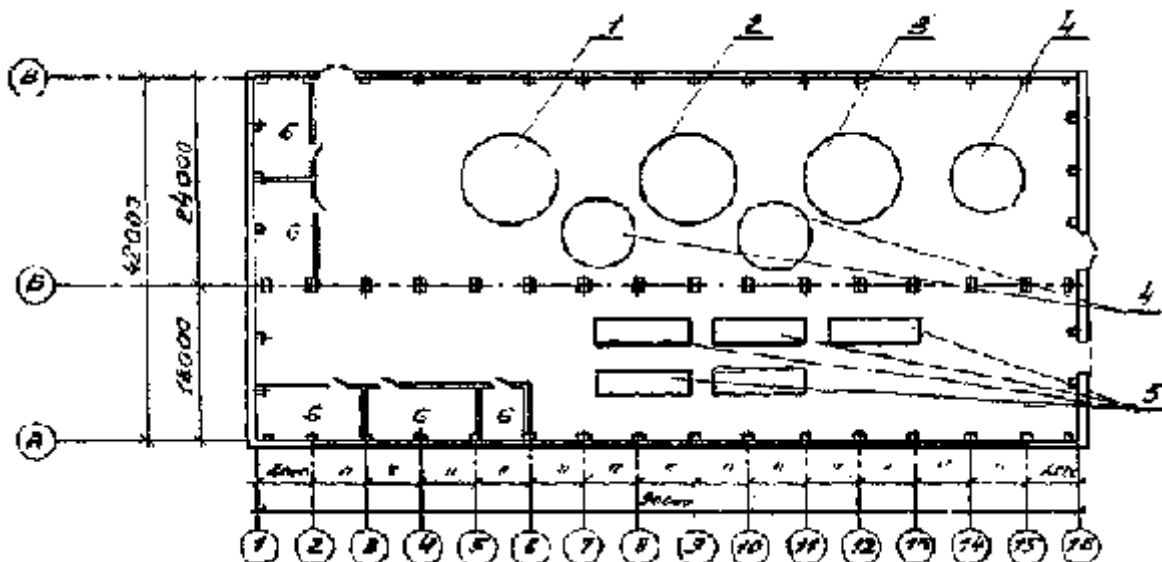


Рис. 1. План одноэтажного производственного помещения здания:

1-5 – технологическое оборудование; 6 – вспомогательные и подсобные помещения.

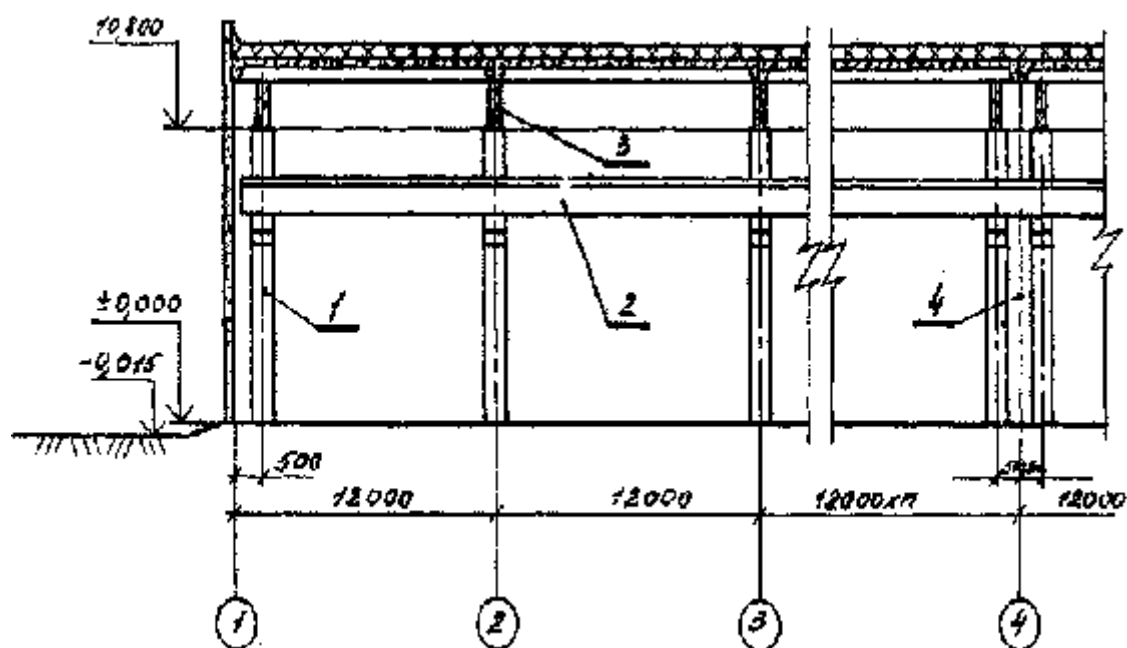


Рис. 2. Продольный разрез одноэтажного производственного помещения:

1 – колонна; 2 – подкрановая балка; 3 – ферма перекрытия; 4 – перегородка

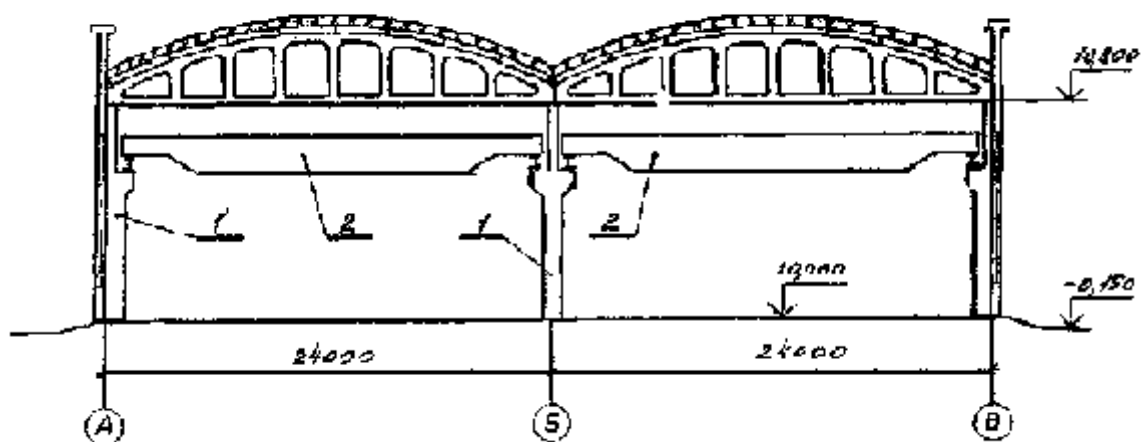


Рис. 3. Поперечный разрез одноэтажного двухпролетного промышленного здания:

1 – железобетонная колонна; 2 – ферма перекрытия.

На чертежах указывается нумерация осей, расстояние между ними и принятые отметки. Все оборудование привязывается к осям колонн и наружным стенам здания.

В разрезах показывается способ установки оборудования (фундаменты, лапы, консоли и др.).

Оборудование вычерчивается в масштабе без мелких деталей, но с обязательным изображением трубопроводов, электродвигателей, загрузочных и разгрузочных люков и штуцеров.

Обозначение агрегатов на чертежах должно совпадать с обозначением на аппаратурно-технологической схеме.

Общие рекомендации по выполнению чертежей.

Дополнение 3.43.

Общие рекомендации по выполнению чертежей.

1. Чертеж аппаратурно-технологической схемы.

В соответствии с технологией при дипломном проектировании вычерчивается принципиальная аппаратурно-технологическая схема, обозначаемая АТС. На схеме должны быть показаны основные аппараты, машины и т. д., входящие в производственную линию, отображены принципы, обеспечивающие технологический процесс, указаны основные технологические связи между аппаратами (трубопроводы), а также элементы, имеющие самостоятельное функциональное назначение (приборы, арматура и т. д.).

Схема должна содержать: а) графически упрощенное изображение агрегатов, входящих в установку, во взаимной технологической и монтажной связи между ними; б) таблицы условных графических обозначений, в) точки замера и контроля параметров процесса.

Поле листа технологической схемы заполняют следующим образом: с левой стороны на большей части поля листа располагают схему; перечень основных составных частей и элементов схемы располагают над основной надписью на расстоянии не менее 12 мм в виде таблицы, заполняемой сверху вниз, по форме:

Обозначение поз.	Наименование	Кол.	Примечание

В графе «Обозначение поз.» приводят буквенное обозначение составной части схемы, например: аппарат - А, насос - Н и т. д. При наличии в схеме нескольких элементов одного названия используют числовые индексы, записываемые с правой стороны буквенного обозначения.

Аппаратам, машинам и арматуре, показанным на схеме, как правило, присваивают буквенное обозначение, соответствующее начальной букве их наименований:

- аппарат - А;
- компрессор - К;
- вентилятор - В;
- насос - Н;
- редуктор - Рд;

Буквенные обозначения элементов схемы следует проставлять для аппаратов, машин и механизмов непосредственно на их изображении, а при малом масштабе — в непосредственной близости от изображения; для арматуры — рядом с ее изображением.

В графе «Наименование» приводят наименование элемента или устройства.

В графе «Примечание» рекомендуется указывать технические данные элемента или устройства, не содержащиеся в его наименовании (производительность, габаритные размеры и т. п.).

Все оборудование (машины, аппараты, насосы и др.) на схеме вычерчивают сплошными тонкими линиями толщиной 0,3—0,5 мм, а трубопроводы и арматуру - сплошными основными линиями (ГОСТ 2.303—68), т.е. в два-три раза толще, чем оборудование.

Для наглядности изображения сначала проводится линия нулевого уровня (уровня пола в помещении цеха). Если помещение планируется двухэтажным, на соответствующем принятому масштабу расстоянии проводится линия пола второго этажа. На этих линиях последовательно технологическому процессу размещается оборудование с учетом его будущего расположения в цеху – на полу, на кронштейнах или на специальных этажерках-постаменты. Пространство под постаментами можно использовать для установки насосов, сборников и т.п.

Если в соответствии с расчетом и выбором оборудования используется две и более единиц одинакового оборудования, то на технологической схеме изображается только один агрегат.

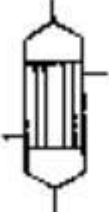
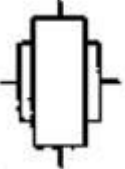
При отсутствии стандартного условного изображения на данное изделие его изображают схематически в виде конструкторского очертания изделия, причем должны быть также показаны основные технологические штуцера, загрузочные люки, входы и выходы основных продуктов. Изображение должно быть выполнено в выбранном масштабе.

Допускается изображать изделия на схеме без строгого соблюдения масштаба, но и без резкого нарушения соотношения габаритных размеров основных изделий.

В табл. 1 представлены стандартные условные изображения некоторых видов оборудования.

Таблица 1

Наименование	Обозначение
По функциональному признаку	
Насос постоянной производительности:	
а) с одним направлением потока	
б) с двумя направлениями потока	
Насос с регулируемой производительностью:	
а) с одним направлением потока	
б) с двумя направлениями потока	
Компрессор	

Насос-дозатор	
По принципу действия	
Насос шестеренчатый	
Насос кривошипно-поршневой	
Насос лопастной центробежный	
Насос струйный (эжектор, инжектор, элеватор водоструйный и пароструйный), общее назначение	
Вентилятор:	 
а) центробежный	
б) осевой	
Аппараты теплообменные кожухотрубчатые:	  
а) с неподвижными трубными решетками при давлении в трубах и межтрубном пространстве выше атмосферного	
б) с неподвижными трубными решетками при давлении в трубах выше, а в межтрубном пространстве ниже атмосферного	
в) с температурным компенсатором на кожухе при давлении в трубах и в межтрубном пространстве выше атмосферного	
Аппарат теплообменный с наружным обогревом	
Аппараты теплообменные листовые:	 
а) спиральные	
б) пластинчатые разборные	

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

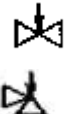
Пересекать изображения аппаратов, машин и других изделий линиями трубопроводов не допускается. Основные магистральные трубопроводы, от которых отводятся трубопроводы данной схемы, должны быть показаны горизонтальными линиями

На каждом трубопроводе у места его отвода от магистрального трубопровода или места подключения к аппарату или машине нужно проставлять стрелки, указывающие направление движения потока.

Арматура, а также другие приборы, устанавливаемые на оборудовании, должны быть показаны на схеме в соответствии с их действительным расположением и изображены условно в соответствии с действующими стандартами (табл. 2).

Таблица 2

Некоторые условные графические обозначения

Арматура	Обозначение
Вентиль, клапан запорный а) проходной б) угловой	
Вентиль, клапан регулирующий а) проходной б) угловой	
Клапан предохранительный а) проходной б) угловой	
Клапан дроссельный	
Клапан редукционный (вершина треугольника должна быть направлена в сторону повышения давления)	
Задвижка	
Клапан обратный (клапан невозвратный) (движение рабочей среды через клапан должно быть направлено от белого треугольника к черному): а) проходной б) угловой	

2. Чертежи общего вида основного аппарата.

Чертёж должен давать представление о внешнем виде устройства аппарата. Чертежи общего вида должны выполняться в соответствии с основными требованиями ГОСТ 2.120-73 ЕСКД на выполнение технических проектов.

К чертежу предъявляются следующие требования:

- аппарат изображается в собранном, готовом к работе состоянии;
- при большом соотношении высоты и диаметра аппарат можно изобразить с разрывом по высоте;
- при необходимости дать полное представление об устройстве аппарата на чертеже приводятся разрезы, сечения, выносные элементы аппарата и его сборочных единиц;
- должны быть указаны габаритные, конструктивные и присоединительные размеры аппарата, а также привязка штуцеров, патрубков и других элементов аппарата;
- все основные детали и узлы аппарата обозначаются условными знаками, принятыми в государственных стандартах. Можно обозначать цифрами;
- в правом нижнем углу выполняется основная надпись (ГОСТ 2.104-68), а над ней размещается таблица составных частей аппарата. Последняя строка перечня составных частей не должна доходить до основной надписи на расстояние менее 10 мм;
- на свободном поле чертежа приводятся техническая характеристика и технические требования к аппарату, а также дополнительная информация в виде указаний и пояснений конструктивного и технического характера, таблицы штуцеров и т. п.

Таблицу назначения штуцеров, патрубков, гильз и других элементов аппарата выполняют по форме:

Обоз- наче- ние	Наименование	Нал.	Протв. услов- ный Ду, мм	Давле- ние ус- ловное P_y , МПа
12	90	10	18	
148				

Над таблицей помещают заголовок «Таблица штуцеров».

Таблицы, техническую характеристику, технические требования и перечень составных частей следует располагать над основной надписью чертежа. В порядке исключения допускается размещение таблицы штуцеров слева от основной надписи. Рекомендуемое расположение основных элементов чертежа общего вида приведено на рис. 1.

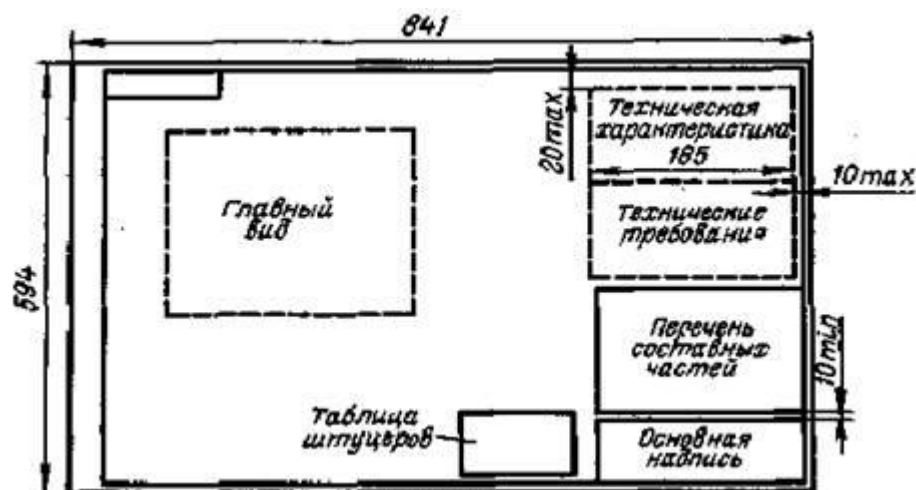


Рис. 1. Рекомендуемое расположение элементов чертежа общего вида.

В технической характеристике указывают: назначение изделия (аппарата); объем аппарата — номинальный и рабочий; производительность; площадь поверхности теплообмена; максимальное давление; максимальную температуру среды; мощность привода, частоту вращения деталей; токсичность и взрывоопасность среды; другие необходимые данные.

В технических требованиях на чертеже указывают: обозначение ГОСТ или ТУ, согласно которым должно быть изготовлено и испытано данное изделие; обозначение ГОСТ или ТУ на основные материалы, применяемые в изделии; требования к испытанию на прочность и плотность сварных швов и других видов соединений; сведения о необходимости тепловой изоляции, гуммирования и других антикоррозионных покрытий.

Перечень составных частей изделия следует располагать на поле чертежа общего вида над основной надписью по форме:

Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Материал	Материал	Примечание
8	40	60	10	14	32	
185						

При требуемом представленном выше оформлении чертежа изображение аппарата может быть выполнено в виде ксероксной копии.

IV. ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ ПЛАН.

Организационный план — это раздел бизнес-плана, в котором проектировщик предлагает Инвестору оптимальные с точки зрения максимальной эффективности при минимальных затратах организационные фирмы бизнеса (ведения бизнеса) на проектируемом предприятии. Оптимальность — это, конечно, нахождение лучшего предложения из какого-то числа возможных, и каждое из возможных предложений требует своего расчета. В нашей деловой игре мы не имеем возможности рассчитывать несколько вариантов организации бизнеса, поэтому остается довериться интуиции, совету друга или опыту руководителя. Таким образом, в каждом разделе организационного плана проектировщик должен выбрать и оценить какой-либо один вариант решения, из которых и сложится общее предложение.

При разработке организационного плана предстоит принять решения по следующим вопросам:

- 1 – организационно-правовая форма предприятия;
- 2 – структура предприятия;
- 3 – штат предприятия;
- 4 – обеспеченность ресурсами;
- 5 – описание продукции предприятия;
- 6 – исследование рынка продукции;
- 7 – организация рекламы продукции;
- 8 – исследование рисков предприятия.

4.1 Описание предприятия

4.1.1. Форма создаваемого предприятия.

Производство, которое Вы проектируете, может функционировать в двух принципиально различных состояниях:

1 – как самостоятельное предприятие, т.е. как самостоятельный хозяйственный субъект, созданный для производства продукции, выполнения работ и оказания услуг в целях удовлетворения общественных потребностей и получения прибыли (далее называем его предприятие);

2 – как зависимое подразделение существующего самостоятельного предприятия, созданное для производства продукции, выполнения работ и оказания услуг в целях удовлетворения потребностей этого существующего предприятия, целиком принимающего на себя все издержки проектируемого производства (далее называем его подразделение).

Предприятие:

- самостоятельно осуществляет свою деятельность;
- распоряжается своей продукцией;
- выплачивает налоги;
- распоряжается прибылью;
- несет ответственность.

Атрибуты предприятия: устав, печать, счет в банке.

Подразделение:

- по заданию предприятия осуществляет свою деятельность;
- всю продукцию передают предприятию;
- рассчитывает, но не выплачивает налоги;
- рассчитывает, но не распоряжается прибылью;
- несет организационную ответственность.

Атрибуты подразделения: положение о подразделении, штамп, выделенный счет в бухгалтерии предприятия.

Предприятие может находиться в частной, государственной, муниципальной и смешанной собственности. Это определяется тем, чьи инвестиции вложены в создание предприятия. Подразделение в составе предприятия находится, естественно, в той же собственности, что и предприятие.

Организационно-правовая форма предприятия определяется соглашением участников. Предприятие может существовать как:

- индивидуальное частное предприятие - собственником капитала является один человек, который самостоятельно управляет им в своих интересах, получает всю прибыль и несет ответственность по всем обязательствам предприятия;

- кооперативное предприятие (товарищество или партнерство на паях) - объединяется компания из нескольких лиц, совместно работающих и владеющих предприятием. Основные права принадлежат всем партнерам и они все несут ответственность;

- общество с ограниченной ответственностью – собственником капитала является группа людей, вложивших в него свои средства, ответственность которых ограничена только суммой, вложенной в дело;

- акционерное общество (или корпорация) – пай каждого участника-акционера подтвержден ценной бумагой (акцией), а ответственность ограничена вкладом. Держатель акций получает часть доходов – дивиденд и рискует только той суммой, которую он заплатил за акции. Закрытым акционерное общество считается, если все акции принадлежат учредителям и не поступают в свободную продажу. Открытым акционерным обществом называется общество, акции которого свободно продаются и покупаются на рынке ценных бумаг;

- унитарное предприятие.

Подробная информация об организационно-правовых формах предприятий изложена в [Гражданском кодексе РФ](#). Исполнителю необходимо выбрать обоснованное предложение о выборе лучшей организационно-правовой форме проектируемого предприятия.

4.1.2. Миссия предприятия, цели предприятия.

Если основная цель любого предприятия – получение прибыли, а подразделения – уменьшение издержек для увеличения прибыли предприятия, то миссия – это общественная полезность данного производства, его стратегическая ориентация. Правильная формулировка миссии определяет и для сотрудников, и для внешнего общества замысел проектируемой предпринимательской деятельности, направления деловой активности, создает уверенность в ясности и непротиворечивости целей.

Миссия предприятия – это его визитная карточка, показывающая его место и роль в жизни региона, отрасли, страны.

Из миссии вытекают направленность и сферы деятельности проектируемого производства, а также его цели. Безусловно, главная цель любого предпринимательства – получение прибыли. Но прибыль нужна не только для обогащения собственников, но и для развития бизнеса. Поэтому

точное понимание и формулировка миссии является базисом для принятия плановых решений предприятия, т.е. его целей. Цели предприятия всегда должны быть:

- актуальны;
- реалистичны;
- конкретны;
- контролируемы.

Каждая сформулированная цель должна иметь сроки достижения, понятый «маршрут» достижения, ответственных за достижения, объективную стоимость достижения.

Целями предприятия могут быть:

- расширение производства по мощности и по ассортименту продукции;
- повышение качества и снижение себестоимости продукции;
- расширение рынка сбыта продукции, победа над конкурентами;
- создание положительного имиджа компании;
- другие цели, определяемые особенностями продукции.

Исполнителю необходимо сформулировать миссию и предложить цели проектируемого предприятия.

Советы доброжелателя: не устанавливайте недостижимых целей. Недостижение цели приводит к разочарованию.

Цель должна соответствовать миссии компании, чтобы стремление ее достигнуть не изменяло основной роли компании на рынке.

Цель должна быть четко сформулирована. Избыток слов, как и избыток цифр размывает цель.

Цель формируется для всех сотрудников, а не только для руководства. Она должна стимулировать каждого, добиться желаемых результатов.

4.1.3. Уставной капитал.

Для разных форм предприятий законом определена минимальная величина уставного капитала.

Назначение – стартовый капитал для начала бизнеса. Может быть в виде денег, имущества, интеллектуальной собственности. Может служить источником инвестирования при создании производства.

Распределяется между участниками долями в зависимости от их вкладов в общий бизнес.

Исполнителю необходимо определить величину уставного фонда проектируемого предприятия и указать направления его расходования.

4.1.4. Структура предприятия.

Структура организации – это схема, обеспечивающая оптимальное разделение труда внутри фирмы. Она включает управленческую структуру (вертикальное распределение труда), т.е. разделение работы по координации действий, а также функциональную структуру (горизонтальное разделение труда), т.е. разделение работы по направлениям: производство, маркетинг, финансы, кадры и т.д.

При разработке организационной структуры выстраивается схема управления, т.е. формируется иерархия органов управления и определяются их полномочия, а также определяется состав подразделений и схема их взаимодействия и разрабатываются положения о структурных подразделениях.

При разработке управленческой структуры надо выстроить иерархическую лестницу и определить полномочия должностей или органов, осуществляющих управление. В современном бизнес-жаргоне процесс управления и управляющий называются менеджментом и менеджером.

На любом предприятии и в любом подразделении существует единоначалие. Руководитель (при любом названии его должности) в конце концов сам принимает решения и сам несет ответственность. Ему непосредственно подчиняются руководители основных направлений деятельности предприятия – производственной (главный инженер) и финансовой (главный бухгалтер), которые могут получить часть полномочий директора. В зависимости от величины и разносторонности предприятия могут появиться руководители таких служб, как:

- кадровая;
- финансовая;
- экологическая;
- инновационная;
- безопасности;
- снабжения (логистики);
- продажи;
- транспортная и т.д.

Горизонтальное разделение труда – разделение всей работы на составляющие компоненты. Разделение большого объема работы на многочисленные небольшие специализированные задания позволяет организации производить гораздо больше продукции, чем если бы то же самое количество людей работало самостоятельно.

В очень малых организациях горизонтальное разделение труда может не прослеживаться достаточно четко. Но большинство сложных организаций имеют горизонтальное разделение, так что можно четко проследить их функции и цели деятельности. Классическим образцом горизонтального разделения на производственном предприятии, например, являются производство, маркетинг и финансы. Они представляют собой основные виды деятельности, которые должны быть успешно выполнены, чтобы фирма добилась поставленных целей.

Сложные организации осуществляют четкое горизонтальное разделение за счет образования подразделений, выполняющих специфические конкретные задания и добивающихся конкретных специфических целей. Такие подразделения часто называют отделами или службами.

Как и целая организация, частью которой они являются, подразделения представляют собой группы людей, деятельность которых сознательно направляется и координируется для достижения общей цели. Таким образом, по сути своей, большие и сложные организации состоят из нескольких специально созданных для конкретных целей взаимосвязанных организаций и многочисленных неформальных групп, возникающих спонтанно.

При описании организационной структуры необходимо четко показать: какова структура управления фирмой, кто и чем будет заниматься, как все службы будут взаимодействовать между собой и как намечается координировать и контролировать их деятельность. Поскольку из-за организационной неразберихи нередко терпят крах даже самые многообещающие проекты, такого рода информация также будет интересовать инвесторов и банкиров.

При этом предпринимателю необходимо подчеркнуть достоинства организационной структуры своей фирмы и ее соответствие критериям рациональности, в качестве которых можно назвать:

- соответствие объема выполняемых управленческих работ числу их исполнителей;
- сосредоточение на каждой ступени управления (звене) объективно необходимых функций и прав для их реализации;
- отсутствие параллелизма и дублирования функций;
- оптимальное сочетание централизации и децентрализации функций и прав;
- соблюдение норм управляемости, то есть числа исполнителей, выходящих на одного руководителя или координатора их деятельности;
- степень надежности, оперативности, гибкости, адаптивности, экономичности и эффективности производства и управления.

Исполнителю необходимо составить принципиальную схему структуры предприятия с обоснованием необходимости каждой службы.

4.1.5. Штат предприятия.

Штат предприятия – перечень необходимых для успешной работы предприятия должностей и рабочих мест, а также требований к квалификации претендентов на занятие этих вакансий. Такой перечень называют «штатное расписание». При разработке организационного плана этот перечень надо составить, имея ввиду и структуру предприятия, и количество смен работы в сутки, и физические возможности человека.

Все работники подразделяются на персонал основной деятельности (работники производственные) и не основной (работники вспомогательные). Численность производственных работников определяется исходя из особенностей производства, уровня автоматизации, норм выработки, это проектировщик должен делать сам.

Число вакансий вспомогательных работников может быть дробным, когда какие-то специалисты нужны будут на производстве не полный рабочий день, могут работать по совместительству.

Третью группу персонала предприятия составляют инженеры и административно-управленческие работники.

Понятно, что фонд заработной платы предприятия определяется в том числе и численностью штата, поэтому проектировщику надо найти «золотую середину» между предстоящими издержками и необходимостью обеспечить надежное функционирование производства.

С момента приема на работу первого сотрудника на предприятии начнет складываться кадровая политика. Она включает в себя следующие пункты:

- 1 Принципы отбора сотрудников.
- 2 Принципы найма (контрактная система, «пожизненный» найм, испытательный срок и т.д.).
- 3 Создание системы планирования профессиональной подготовки, повышения квалификации и переподготовки кадров.
- 4 Выбор метода и периодичности оценки качества работы сотрудников.
- 5 Система продвижения сотрудников по службе (система «профессионального продвижения», работа с резервом).

В объеме дипломного проекта проектировщику не требуется [разрабатывать будущую кадровую политику, но полезно ознакомиться с ее принципами](#). Исполнителю необходимо рассчитать штат предприятия и оценить уровень квалификации каждой должности.

Принцип кадровой политики предприятия.

Дополнение 4.3.

Принципы кадровой политики предприятия.

Сотрудники определяют успех организации. Три составляющие кадровой политики организации:

1 рациональное распределение ответственности и полномочий (оптимизация организационной структуры).

Для этого надо проанализировать следующие позиции:

- сколько создается подразделений, можно ли их количество уменьшить, объединив функции. Резкие изменения в работающей структуре обычно вызывают ее длительный простой;

- сколько запланировано руководителей, каковы их полномочия и взаимодействие;

- находятся ли правильные люди на правильных местах (образование – опыт - личные качества);

- знает ли каждый сотрудник о своих полномочиях и о своей ответственности (положения, инструкции, соглашения);

- достаточны ли полномочия для выполнения порученных функций.

2 обучение сотрудников. Три этапа процесса - подготовка, переподготовка, информирование:

- подготовка - при наборе новых сотрудников, при переводе, при внедрении новых технологий;

- переподготовка - при введении новых требований, при несоблюдении инструкций и при возникновении нестандартных ситуаций;

- информирование - при изменении миссии и задач фирмы, при изменении организационной структуры, при изменении законодательства.

Внедрение системы «непрерывного развития персонала», суть которой в увязке форм обучения и стимулирования.

При организации процесса обучения надо:

- определить цели и составить план;

- выбрать или составить программы;

- выбрать методы (индивидуальный инструктаж, групповые занятия, стажировки, дистанционное обучение);

- выбрать ресурсы для обучения (собственные специалисты, привлеченные консультанты, системы повышения квалификации).

3 мотивация сотрудников. Действия любого сотрудника влияют на качество продукции, состояние окружающей среды, условия труда и производственную безопасность. У любого сотрудника могут быть хорошие идеи по совершенствованию всех этих компонентов организации.

Способы мотивации сотрудников:

- длительная гарантированная занятость;

- изменения в схеме оплаты труда;
- укрепление лояльности сотрудников, увязка интересов человека и предприятия;
- поддержка инициатив;
- обеспечение информированности относительно миссии, целей, места и вклада каждого сотрудника в эффективность работы;
- привлечение к выработке и корректировке целей;
- определение перспектив в карьере, заработной плате.

С карьерой связано углубление знаний, рост квалификации, повышение статуса и увеличение вознаграждения за труд. Управление карьерой - процесс двухсторонний. Со стороны сотрудника - увеличение объема знаний, расширение круга профессионального общения, создание собственного имиджа.

4.1.6. Безопасность предприятия.

Охрана территории и материальных ценностей. Создание собственной службы охраны с лицензированием охранной деятельности либо пользование услугами охранного агентства. Разработка технических охранных мероприятий: ограда, видео наблюдение, сигнализация, запорные устройства.

Защита информации и документации, защита авторских прав. Создание специальной службы контроля, разработка технических мероприятий (спец. помещения и т. п.).

Охрана труда и техника безопасности. Создание специальных подразделений, постоянный контроль за работоспособностью и сохранностью приборов и устройств, юридическое оформление предприятий.

Исполнителю надо определить функции службы безопасности, выбрать необходимые технические средства.

4.1.8. Ресурсы предприятия.

В общих чертах деятельность всякой организации заключается в преобразовании ресурсов для достижения результатов.

Нынешний этап развития человеческой цивилизации разворачивается на фоне трех глобальных проблем:

- истощение природных ресурсов;
- надвигающаяся экологическая катастрофа;
- бедность большей части человечества.

Возможно, в каждом случае эти глобальные проблемы люди не ощущают, но учитывать их в своей каждодневной деятельности они обязаны.

Рассмотрим перечень ресурсов, которые использует любое предприятие и оценим потенциал каждого.

1. Природные ресурсы. Они бывают возобновляемыми (растительное и животное сырье) и невозобновляемыми (природные ископаемые). Мировая тенденция в том, что сырье дорожает из-за истощения ресурсной базы и ухудшается из-за деградации природной среды. Эти обстоятельства требуют от Исполнителя прогнозной оценки по сырьевым источникам проектируемого предприятия, выбор возможных альтернативных источников.

2. Вода. Вода часто является сырьевым ресурсом, и всегда вспомогательным в процессах теплообмена, отопления, водопровода для технологических и бытовых нужд и др. Уже сегодня плата за воду – одна из основных статей расходования средств. При этом качество воды в

водозаборах постоянно ухудшается. Поэтому вопросы водоподготовки, водооборота, сокращения протечек требуют обязательного решения при проектировании.

3. Энергоснабжение. Сокращение потребления и экономия тепло- и электроснабжения – важнейшая составляющая процесса уменьшения себестоимости продукции и косвенная – защиты окружающей среды. Решение задачи лежит в таких технологиях, как снижение потерь тепла в зданиях, рекуперации тепла, централизованная генерация тепла, использования энергосберегающих технологий и др.

4. Окружающая среда. Сохранение чистоты воды, воздуха и почвы делает этот ресурс возобновляемым. Исполнитель должен обязательно решить проблемы обращения с твердыми, жидкими и газообразными отходами, найти способы их утилизации, уничтожения или хранения, а лучше всего исключения.

5. Кадры. Наличие этого ресурса надо учитывать уже на стадии выбора места строительства предприятия. Дальше все определяется кадровой политикой.

6. Информация. Пользование этим ресурсом возможно при наличии информаторов и надежной связи, а также при инвестировании средств в НИОКР. Исполнитель может определить пути развития технологии и модернизации продукции предприятия.

7. Капитал. Деньги – это ресурс, создаваемый самим предприятием, если нет богатого родственника. Ситуация использования свободных средств – это основа развития всего бизнеса.

4.2. Продукция предприятия.

В данном разделе бизнес-плана представляется в выгодном свете продукция предприятия, но без лишних технических подробностей. При этом особое внимание следует уделить описанию особенностей продукта. Важно подчеркнуть преимущества продукции по сравнению с конкурентной на рынке. Полезно рассказать историю создания продукции.

Очень важный момент – наглядное изображение продукции с подчеркиванием достоинств ее дизайна, особенностей упаковки.

Не следует делать акцент на исключительные достоинства продукции. Лучше сделать упор на максимальное удовлетворение рынка, уникальные потребительские свойства. Первым шагом в этом направлении является исчерпывающее знание собственного товара: какие его отличительные черты, какую пользу он может принести потенциальному покупателю.

Успешно и стабильно может вести свой бизнес только тот предприниматель, который ориентируется на наибольшую степень удовлетворения потребностей покупателей и на высокий уровень конкурентоспособности своей продукции.

По уровню конкурентоспособности продукция разделяется на три группы:

- высший уровень – продукция превосходит аналогичные товары по технико-экономическим и потребительским показателям, а это принципиально новая или сильно модифицированная продукция;
- средний уровень – продукция сопоставима с аналогами. Выигрыш обусловлен правильной ценовой политикой, уровнем сервиса, качеством рекламы;
- низкий уровень – продукция заведомо хуже аналогов. Выход – в значительной ценовой скидке и усиленном сервисе.

4.2.2. Разработка жизненного цикла продукции.

Влияние перемен ощущается повсюду – от основных тенденций в вашей бизнес-среде до изменчивых вкусов и требований ваших потребителей и непредсказуемого поведения конкурентов. При анализе жизненного цикла следует помнить о сезонности спроса, о влиянии моды и о том, что любой товар рано или поздно вытесняется с рынка другим, более совершенным продуктом.

Пытаясь упорядочить все это, эксперты выделили некоторые основные шаблоны, и описанные ими циклы весьма полезны в описании того, что происходит вокруг.

В основной стадии жизненные циклы товаров выглядят так (рис. 4.1):

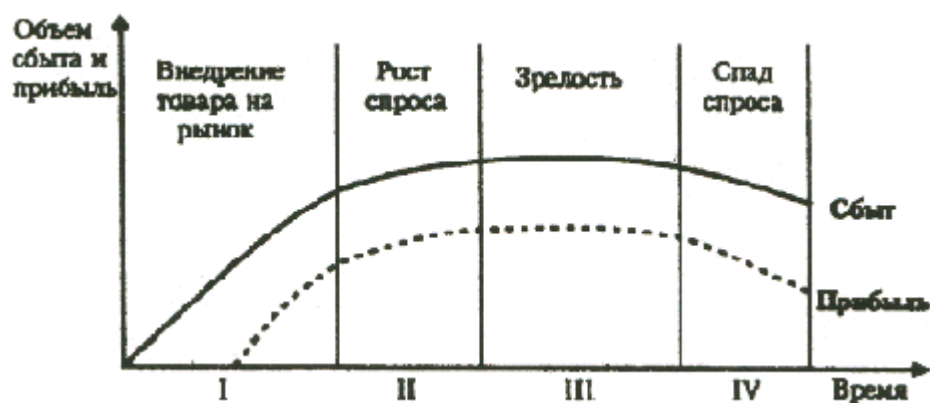


Рис. 4.1. Типичный жизненный цикл продукции.

1. Внедрение. Вы выводите на рынок новый вид товара, и он начинает приносить доход. Затраты достаточно высоки, поэтому конкурентов немного. Рост ограничивается возможностями компании по выпуску продукции, неосведомленностью рынка.

2. Рост. Товар постепенно завоевывает репутацию. Быстрыми темпами возрастает спрос, увеличивается сбыт. Возрастает количество конкурентов. Когда рост набрал силу, ваши приоритеты начинают поворачиваться в сторону удовлетворения возрастающих требований к товару, улучшения товара и нацеливания на конкретные группы потребителей.

3. Зрелость. По мере того как выравнивается рыночный спрос, рост продаж товара начинает постепенно замедляться. Прибыль продолжает расти, затраты снижаются.

4. Упадок. В какой-то момент жизненного цикла товара объем продаж начинает падать и доход идет на убыль. На этом этапе у присутствующих на рынке товаров либо полностью перерабатывают дизайн, либо переопределяют их место, либо их просто заменяют.

Анализ ситуации на рынке и предполагаемые перспективы позволяют правильно оценить местонахождение продукции в жизненном цикле.

В результате необходимо отметить факторы, которые могут повлиять на ожидаемый жизненный цикл конкретной продукции предприятия и выработать систему мер по преодолению предполагаемых проблем:

- расширение области применения продукции;
- повышение качества;
- замена фасовки и упаковки;
- повышение срока сохранности;
- разработка сервисных услуг.

Благополучие фирмы обеспечивается только тогда, когда жизненные циклы различных товаров, выпускаемых ею, перекрывают друг друга.

Ассортиментная политика требует разработки новых видов продукции. Новизна может заключаться в следующем:

- придание продукции новых свойств, расширяющих ее применение;
- улучшение качества продукции за счет изменений в технологии;
- снижение себестоимости продукции за счет изменений в технологии, замены сырья, замены оборудования;
- поиск новых способов применения продукции без существенных изменений ее производства;
- разработка новой замещающей продукции.

Для проведения НИОКР создаются соответствующие подразделения или заказываются работы у специализированных организаций.

4.2.3. Юридическая защита продукции.

Всегда необходим анализ патентной ситуации продукции на предполагаемом рынке. Для этого надо найти ответы на следующие вопросы:

- Защищен ли товар (или его технология) патентами в стране-рынке?
- Имеет ли аналогичную защиту конкурентный товар?
- Могут ли конкуренты производить и продавать свою продукцию, не нарушая ваших патентных прав?
- Защищен ли товар (или его технология) на основных экспортных рынках?
- Возможна ли подача заявок на патентную защиту?
- Имеются ли в технологии товара или в его упаковке элементы «ноу-хау»?
- Имеются ли торговые секреты в разработанной системе продаж?
- Необходимы ли и какие юридические соглашения с сотрудниками и владельцами предприятия о неразглашении тайн?

4.2.4. Определение и обеспечение качества продукции.

Качество – совокупность свойств продукции, которые позволяют удовлетворить установленные потребности. Качество может быть представлено и как отсутствие в продукции предполагаемых недостатков.

Разрабатываемые системы управления качеством базируются на принятых стандартах. Стандарт – это нормативно-технический документ, устанавливающий основные требования к качеству продукции, к условиям ее изготовления и дальнейшего обращения.

Стандарты бывают международные, государственные, отраслевые и предприятий. Международная организация стандартизации разрабатывает стандарты ISO.

Предприятие разрабатывает программу планирования качества. Основные этапы программы:

- определение потребителей продукции. Это не только покупатели, но и любое звено в цепи производства и реализации;
- определение запросов потребителей. Запросы могут иметь социальный, скрытый и отложенный характер;
- разработка свойств продукции, удовлетворяющих запросы (каждое свойство должно иметь измеряемую характеристику);
- разработка элементов технологии, обеспечивающих принятые свойства. Если хотя бы один узел технологии не может обеспечить достижение хотя бы одного свойства, технологию надо менять;
- разработка механизмов контроля процесса производства (определяется объект контроля, единица измерения параметра, масштаб допустимых отклонений);
- создание коллектива специалистов, которые будут решать возникающие проблемы по соблюдению качества.

На современных предприятиях обеспечение качества продукции достигается не созданием отдельных служб независимого контроля (ОТК), а возложением ответственности за качество на производственные подразделения. Концепция всеобъемлющего управления качеством (Total Quality Management – TQM) предусматривает:

- ориентацию всех сотрудников на удовлетворение запросов потребителей;
- участие всего персонала в решении проблем качества;
- обеспечение качества конечного продукта как следствия достижения качества на всех этапах его производства;
- предупреждение проблем качества, а не их ликвидацию.

Для исключения случайных ухудшений качества используют методы статистического контроля;

- выборочный контроль, т.е. оценка качества большой партии продукции по результатам испытаний ограниченного количества образцов. Обычно поставщик и потребитель согласовывают методику выборочного контроля;
- контроль технологического процесса с целью обнаружить отклонения процесса, влияющие на качество, и вовремя их ликвидировать.

4.3. План маркетинга.

Без разработки программы реализации продукции финансового успеха у предприятия не будет. Подразделению функционировать проще, поскольку свою продукцию оно полностью передает своему предприятию, но и здесь следует рассмотреть вариант частичной реализации продукции на сторону.

Программа или план реализации продукции называется маркетинг от английского слова market и означает также «рыноковедение» или «деятельность на рынке».

Вся программа разделяется на маркетинг стратегический, который ищет ответ на вопрос – «Что надо делать?», и маркетинг тактический – «Как надо это делать?».

Страдая легкой манией величия, маркетологи сформулировали свой принцип – «Производить то, что продается, а не продавать то, что производится». Этот принцип находится в противоречии с миссией предприятия, и уж тем более в нашей деловой игре необходимо предложить программу продажи того, что производится, в соответствии с полученным техническим заданием.

Безусловно, разработать такую программу можно, только изучив ситуацию, т.е. проведя маркетинговые исследования. Теоретически маркетинговые исследования предполагают

- изучение экономической конъюнктуры;
- определение потенциальных сегментов рынка;
- анализ требований покупателей к качеству товара, к его свойствам;
 - сбор первичной (у покупателей) и вторичной (через публикации) информации о своем товаре и о конкурентах;
 - социологические исследования покупательской среды;
 - и т.д.

Схема классических маркетинговых исследований:



Типичные проблемы – трудности сбыта, падение интереса покупателей, снижение эффективности производства.

Обычные методы сбора информации – анкетирование, опросы, рекламации.

На этапе анализа есть две опасности: 1 – предопределенность (заданность) результата, обусловленная чаще всего стремлением подстроиться под мнение руководства; 2 – чрезмерная заумность результата, обусловленная амбициозным желанием ошеломить руководство изощренностью приемов и методик.

Лучше «горькая правда, чем сладкая ложь».

В объеме дипломного проекта Вам предстоит разработать программу продаж, основываясь на личном жизненном опыте, кратковременном оглядывании рынка и некоторых знаниях, полученных из соответствующих дисциплин. Фундаментом этой работы будет Ваше абсолютное знание продукции, которую планируется проводить на проектируемом предприятии.

4.3.1. Потенциальный рынок.

В этом разделе предстоит оглядеться и определить, кто будет покупать Вашу продукцию. Ваша продукция может быть конечным продуктом, т.е. непосредственно использоваться человеком, или полупродуктом, т.е. использоваться как компонент при производстве конечного продукта. Соответственно, потенциальный рынок будет гражданским или промышленным.

Следующий шаг – надо оценить широту рынка:

- в масштабе страны;

- в масштабе региона;
- в масштабе отрасли (например, военный – продажи по госзаказам);
- в масштабе группы потребителей.

Далее определяются наиболее обещающие сегменты рынка, которые выделяются по общим требованиям к продукции. Сегменты могут быть следующие:

- демографические (возраст, пол, образование, национальность). Требования у покупателей этого сегмента могут касаться дизайна, уровня послепродажного сервиса, качества упаковки, объема дозировки и т.п.;
- производственные. Требования покупателей могут быть связаны с объемом дозировки, видом тары, способом доставки, периодичностью поставки и др.;
- географические (климат, экологическая обстановка, тип местности, плотность населения).

Разработаны подробные методики [сегментации рынка](#).

Правильно определенный целевой рынок позволит точнее оценить покупательский спрос Вашей продукции и учесть требования и предпочтения покупателей. Кроме того, такой анализ позволяет получить следующую информацию:

- емкость сегмента, по которой определяется число потенциальных потребителей и, соответственно, необходимые производственные мощности;
- каналы распределения и сбыта продукции, позволяющие решить вопросы о формировании сети сбыта;
- устойчивость рынка, позволяющая сделать выбор о целесообразности загрузки мощностей предприятия;
- прибыльность, показывающая уровень рентабельности предприятия на данном сегменте рынка;
- совместимость сегмента рынка с рынком основных конкурентов, позволяющая оценить силу или слабость конкурентов и принять решение о целесообразности и готовности внесения дополнительных затрат при ориентировании на таком сегменте;
- оценка опыта работы конкретного персонала предприятия (инженерного, производственного или сбытового) на выбранном сегменте рынка и принятие соответствующих мер;
- защищенность выбранного сегмента от конкуренции.

4.3.2. Определение емкости рынка.

На каждом рынке возможно выявление его состояния – депрессия, ожидание, стабильность, спад. С учетом этого рынки делятся на категории:

- бесплодный – не имеющий близких перспектив;

- растущий – существуют объективные условия роста;
- потенциальный – имеющий перспективы при соблюдении некоторых условий.

Разработаны методики определения емкости рынка: В результате проектировщик оценивает спрос на продукцию и соотносит его с планируемой мощностью проектируемого предприятия. При этом следует помнить о двух противоположных ситуациях:

	Действие	Результат
1.	Изучение официальных документов, справочников, публикаций.	Установление и классификация предполагаемых рынков
2.	Изучение статистической отчетности по потенциальным потребителям	
3.	Расчет прогнозной потребности с учетом спада или подъема конъюнктуры	Определение максимальной емкости рынка.
4.	Проведение переговоров с потенциальными потребителями с целью определения их потребностей и дополнительных требований.	Формирование основного и других видов рынка
5.	Определение условий оживления потенциального рынка.	Разработка плана маркетинга
6.	Заключение долгосрочных договоров о поставках продукции.	Установление гарантированного сбыта

«Рынок продавца» - спрос значительно превышает предложение. Любой товар находит немедленный сбыт. Основную роль играет количество, качеству уделяют минимум внимания.

«Рынок покупателя» - покупатель сравнивает товары разных производителей, разного качества, разной цены. Однако новый товар способен радикально изменить ситуацию.

В объеме дипломной работы Ваше исследование должно закончиться достижением баланса между проектной мощностью производства и рыночным спросом на нее.

4.3.3. Конкурентоспособность продукции.

Конкуренция – это соперничество между людьми, фирмами, организациями, территориями, заинтересованными в достижении одной и той же цели.

Предмет конкуренции – товар, посредством которого соперники стремятся завоевать потребителя и его деньги.

Объект конкуренции – это потребитель и покупатель, за расположение которого борются на рынке противоположные стороны.

Конкурентоспособность продукции – это вероятность ее продажи на корректном рынке. Единственная гарантия поддержания качества продукции – это возможность у покупателя сравнивать и выбирать товар.

Функции конкуренции на рынке:

- выявление или установление рыночной стоимости товара;
- выравнивание стоимостей и распределение прибыли в зависимости от различных затрат труда;
- регулирование перелива средств между отдельными отраслями и производителями.

Конкуренция продукции бывает:

- Функциональная. Потребность потребителей может быть удовлетворена принципиально различными способами (например, соединение деталей можно осуществить сваркой, склеиванием, свинчиванием);
- Видовая. Продукция разных производителей предназначена для одной и той же цели, но все имеют различия по каким-либо важным характеристикам.
- Предметная. Возникает потому, что производители создают практически одинаковые товары, различающиеся только качеством, а нередко одинаковые и по качеству.

Первая задача при выполнении данного раздела – выявление конкурентов. Все, кто полностью или частично удовлетворяют те же потребности, что и Ваша продукция, - это конкуренты. Если в бизнес-плане написано, что «данная продукция не имеет конкурентов, это значит, что она никому не нужна или производитель неверно определил потребности потребителей.

Конкуренты выявляются при обзоре предложений и наличии аналогичного товара на рынке.

Вторая задача – оценка значимости конкурентов. Достаточно объективная картина получается, если пользоваться методом экспертных оценок. Группа квалифицированных специалистов выставляет оценки по любой шкале Вашей компании и конкурентам. Качество показателей может быть сколь угодно большим, но соответственно возрастает и объем необходимой информации. Главные показатели следующие:

Факторы конкурентоспособности	Ваше предприятие	Конкуренты	
		А	В
Продукт			
Качество.			
Потребительские свойства.			
Упаковка.			
Гарантийные обязательства.			
Патентная защищенность.			
Уникальность.			
Престиж торговой марки.			

Цена.			
Продажная цена.			
Система скидок.			
Условия оплаты (рассрочка).			
Предоставление кредитов покупателям.			
Продвижение товара на рынок.			
Разнообразие форм сбыта.			
Степень охвата рынка.			
Система транспортировки.			
Качество рекламы.			
Квалификация персонала по сбыту.			
Производство.			
Износ технологического оборудования			
Размещение производства			
Возможность расширения.			
Контроль качества.			
Решение экологических проблем.			
Использование производственных мощностей.			
Обеспечение сырьем.			
Обеспечение энергией.			
Общее количество баллов:			

При сравнении суммарной оценки следует помнить, что отставание на 20% от лидера говорит о тяжелом положении фирмы с точки зрения конкурентоспособности, а более чем на 40% - о необходимости ухода с данного рынка.

Проводя анализ конкурентов, необходимо всеми силами удерживаться от самой серьезной ошибки при составлении бизнес-плана – лакировки действительности. Не нужно бояться конкурентов, а следует найти слабые места в их стратегии. Важно понять, какие потребности наиболее существенны для будущих клиентов фирмы, и как их можно удовлетворить с выгодой для своего дела.

Третья задача – построить стратегию проникновения на рынок в условиях конкурентной борьбы. Для этого надо:

- выявить факторы, определяющие конкуренцию в настоящем и будущем;
- определить тенденции, которые могут изменить расстановку сил;
- прогнозировать действия, которые можно ожидать от конкурентов;
- оценить значимость научных исследований и составить план их проведения;
- разработать новые виды сервиса, новый ассортимент продукции, новые рекламные мероприятия;
- выбрать наиболее перспективные сегменты рынка.

Четвертая задача - постараться избежать недобросовестных методов конкуренции:

- экономический и промышленный шпионаж;
- подделка продукции конкурента;
- обман потребителей;
- махинации с деловой отчетностью;
- коррупция;
- переманивание специалистов.

4.3.4. Определение цены продукции.

Целенаправленная ценовая политика в маркетинге заключается в следующем: надо устанавливать на свои товары такие цены и так изменять их в зависимости от ситуации на рынке, чтобы овладеть определенной долей рынка, получить намеченный объем прибыли и т.д., то есть, по сути, решить оперативные задачи, связанные с реализацией товара в определенной фазе его жизненного цикла, ответить на деятельность конкурентов и т.д.

В соответствии с законом спроса общий уровень цен зависит от соотношения спроса и предложения: товарный дефицит вызывает рост цен, а избыток – их падение. При присутствии на рынке производителей аналогичной продукции преодоление сопротивления конкурентов достигается прежде всего снижением цены. Устанавливается при этом цена безразличия, когда покупателю все равно, чью продукцию покупать.

Начинать расчет надо с величины себестоимости продукции. Это будет минимальная цена. На этапе проникновения на рынок можно продавать и по цене ниже минимальной, но недолго, чтобы не дойти до банкротства.

Только в цене товара, а, значит, в выручке может появиться прибыль. Поэтому надо анализировать издержки, стремясь их уменьшить, и одновременно не превышать допустимый уровень рентабельности.

В то же время при устойчивом характере продаж цена учитывает такие факторы, как образ товара и имидж фирмы. Эти факторы конкурентной борьбы называются неценовые и включают в себя:

- технический уровень продукции;
- качество продукции;

- сроки поставок;
- объем и сроки гарантийных услуг;
- эффективная патентная защита продукции;
- надежность, устойчивость и благонамеренность фирмы.

Ценовая политика предприятия может базироваться на различных принципах:

1. Удовлетворительное возмещение затрат. При этом устанавливаются «целевые цены», когда при оптимальной загрузке производственных мощностей (не меньше 80%) обеспечивают расчетную прибыль в 15-20%.

2. «Снятие сливок». Товар предполагается сначала тем сегментам рынка, где покупатели готовы заплатить высокую «престижную цену». После получения повышенных доходов фирма переходит к другим сегментам, снижая цену и увеличивая объем продаж.

3. Быстрая окупаемость. Товар предлагается в большом объеме по низким ценам. Быстро достигается возмещение первоначальных затрат, перспективные прогнозы не рассматриваются.

4. Система скидок. Размер скидок рассчитывается исходя из получаемой экономии за счет сокращения складских запасов, снижения издержек на транспорт и т.п. Иногда скидки используют в рекламных целях.

Используют следующие скидки:

- на объем закупок;
- бонусные (постоянные закупки в установленный срок);
- персональные (особым покупателям);
- сезонные;
- текущие.

Таким образом, при разработке данного раздела бизнес-план надо найти ответы на следующие вопросы:

- в каждом ценовом диапазоне Вы предлагаете реализовывать продукцию;
- какие факторы определяют этот диапазон;
- есть ли возможность повышать цену в будущем.

4.3.5. Разработка способов продажи продукции.

Продвижение товара от производителя к месту их приобретения (товародвижение) – это важная часть проекта.

Товародвижение включает в себя следующие стадии:

- транспортировка;
- складирование и хранение;
- поддержание оптимальных запасов;
- упаковка и отгрузка;
- обработка заказов.

Товародвижение может осуществляться по следующим схемам (каналам) (рис.4.2):

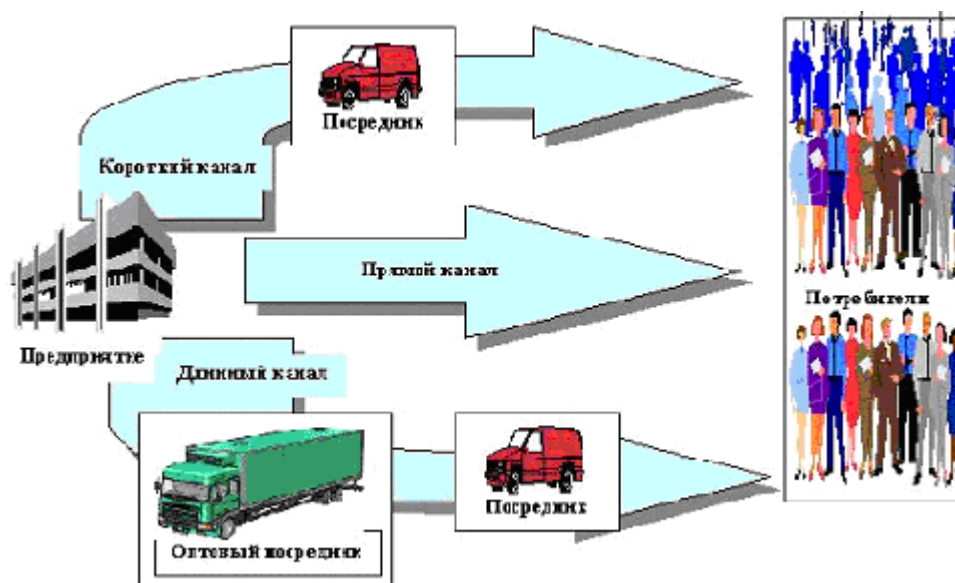


Рис. 4.2. Схемы продаж:

1. Производитель $\rightarrow$ посредник (дистрибьютер) $\rightarrow$ потребитель. Посредник приобретает товар и торгует им самостоятельно.
2. Производитель $\rightarrow$ потребитель. Сбыт – собственными силами предприятия (персональные продажи, фирменный магазин, торговые агенты);
3. Производитель $\rightarrow$ оптовый посредник (дилер) $\rightarrow$ посредник (дистрибьютор) $\rightarrow$ потребитель.

Такая схема полезна при большом количестве групп потребителей на большой территории.

Посредники имеют большую сеть складов, где возможна перефасовка и доукомплектация продукции. Кроме того, они проводят исследовательскую работу по планированию и организации сбыта, распространяют информацию о товаре, налаживают связи с потребителями, проводят переговоры о ценах и условиях продаж, финансируют функционирование товародвижения. Разработаны рекомендации по [выбору оптимальных схем продаж](#).

Выбор оптимального канала сбыта.

Дополнение 4.6.

Выбор оптимального канала сбыта.

Общественная торговая сеть организации, если:	Торговые посредники, если:
1. Количество продаваемого товара достаточно велико, чтобы оправдать расходы на организацию торговой сети. 2. Количество потребителей невелико, и они расположены на относительно небольшой территории. 3. Данный товар требует высокоспециализированного сервисного обслуживания. 4. Объем каждой поставляемой партии товара достаточен для заполнения контейнера вагона. 5. В наличии имеется достаточная сеть собственных складских помещений на тех рынках сбыта, где предприятие ведет торговлю. 6. Производится узкоспециализированный по назначению или по техническим условиям покупателя товар. 7. Товар реализуется на вертикальном рынке, т. е. в нескольких отраслях, но немногим потребителям в каждой из них. 8. Цена на товар подвержена частым колебаниям, и от производителя требуется внесение изменений в ценовую политику незамедлительно и без согласования с посредником. 9. Продажная цена намного превышает затраты на производство. 10. Производимый товар требует внесения изменений в свою конструкцию.	1. Горизонтальный рынок, на котором имеется множество потребителей в каждом секторе экономики. Это требует создания мощной сбытовой сети, затрат, значительных средств, что по силам лишь крупным производителям. 2. Рынок сбыта разбросан географически, соответственно прямые контакты с потребителями нерентабельны. 3. При поставках крупных партий товара небольшому числу оптовиков можно сэкономить на транспортных расходах. 4. Необходимость частых срочных поставок небольших партий товара, для чего лучше использовать склады солидного оптовика. 5. Незначительная разница между продажной ценой товара и затратами на его производство невелика, а значит, содержание собственной сбытовой сети убыточно

При выборе торгового посредника требуется осмотрительность и осторожность. Не лишним будет выяснить, какова его платежеспособность, не связан ли он с конкурентами. Следует отдавать предпочтение посреднику, специализирующемуся на продаже определенного круга товаров, причем такому, кто пользуется хорошей репутацией на рынке. Надо составить

представление о материально-технической оснащенности фирмы-посредника. Если и после этого остались сомнения, лучше заключать пробные краткосрочные соглашения о посредничестве

Параллельно разрабатывают систему мер стимулирования сбыта:

- продажа в кредит;
- бесплатная рассылка образцов;
- купоны для покупки со склада;
- применение многоцелевой упаковки;
- специальные показы, семинары и выставки;
- прием устаревшего товара как части оплаты;
- прием заказов по почте, телефону и Интернету.

Стимулирование сбыта - деятельность, известная как “сейлз промоушн”, имеет два направления. Первое - способствование реализации изделий или услуг, предлагаемых рекламодателем, путем активизации товаропроводящей сети: коммерческих агентов, оптовых покупателей, розничных торговцев и других лиц, от которых зависит коммерческий успех. Второе - работа с потребителем.

К основным средствам сейлз промоушн можно отнести: выставки, проспекты, каталоги, таблицы, диаграммы, схемы, календари, сувениры, элементы рекламы, помещаемые внутри упаковки товара, использования директ-мейла, презентации, наклейки, плакаты и т.д..

Эффективность мероприятий сейлз промоушн зависит от степени индивидуализации работы с потребителями, уровня психологического воздействия на них, повторяемости и убедительности рекламы. В процессе организации и проведения этих мероприятий решается несколько задач. Прежде всего необходимо возложить ответственность за них на конкретных лиц, затем сформулировать цели. Поскольку сейлз промоушн - дополнение к другим видам рекламной деятельности, в том числе к рекламе в средствах массовой информации, мероприятия организуются таким образом, чтобы поддерживать комплексные рекламные кампании, быть скоординированными с другими видами рекламы для совместного достижения целей.

При прямом маркетинге (иногда его называют «директ-маркетинг») производитель (его сотрудники) принимают непосредственное участие в распространении нужной ему информации, в осуществлении других необходимых действий.

К прямому маркетингу относятся:

- прямая реклама (лично вручаемые рекламные материалы и прямая почтовая реклама);
- личные взаимоотношения с клиентами, публичные выступления, использование рекомендаций;
- персональная продажа (продажа товаров непосредственно покупателю у него дома, если это товары личного пользования, или на предприятии, если производственного назначения).

Персональные продажи – это работа комивояжеров, торговых агентов, персонала демонстрационных залов и выставок с каждым отдельным потребителем, демонстрация товара в реальных условиях пользования; телемаркетинг (убеждение, продажа, совершение сделок или договоренность о них и даже послепродажное обслуживание с помощью видеотекста, телефакса, компьютера, телефона); посылочная торговля по каталогам и прейскурантам (убеждение покупателя всеми возможными способами выслать или перечислить деньги для приобретения товаров, описание которых дается в рекламной литературе).

Прямой маркетинг наиболее эффективен, когда:

- фирма небольшая и ее возможности проведения работ по полному комплексу маркетинговых коммуникаций ограничены;
- покупатели сконцентрированы на одной территории;
- требуется демонстрация товара в действии;
- стоимость единицы продукции высока;
- товар невозможно сбыть никаким другим путем;
- товар приобретается через равномерные промежутки времени;

- товар требует индивидуальной подготовки к требованиям заказчика;
- товар входит в группу, которая обменивается на новые товары при сдаче старых и внесении соответствующей доплаты.

Личная (персональная) продажа.

Личная (персональная) продажа - это устное представление сотрудниками фирмы ее товаров и услуг в беседе с потребителями, предполагающая личный контакт в форме диалога, а не монолога.

Разновидности стратегий личной продажи:

- стандартная продажа;
- гибкая продажа.

Стандартная продажа - это заранее отработанный и одинаковый подход ко всем покупателям. Этот подход эффективен при продаже хорошо известных, сравнительно дешевых товаров массового потребления.

Гибкая продажа - продажа, предполагающая индивидуальный подход к каждому покупателю, «подстройку» продавца под индивидуальные запросы потребителя. Такой подход эффективен при продаже товаров производственного назначения, услуг и в тех случаях, когда товар мало известен или относительно дорог.

Достоинства личной продажи:

- Индивидуальное внимание к каждому покупателю;
- Гибкость;
- Вовлечение потребителей в диалог;
- Наличие немедленной и четко выраженной обратной связи;
- Мощная нацеленность на то, чтобы покупатель совершил покупку немедленно.

Недостатки личной продажи:

- Высокие издержки в расчете на одного покупателя;
- Ограниченное число покупателей, приходящееся на одного продавца в каждый Момент времени;
- Нередкая большая зависимость успеха продажи не от свойств товара, а от личных качеств продавца.

4.3.6. Организация рекламы продукции.

Товарная реклама – это информация о потребительских свойствах и качествах товара. Товарная реклама, информируя покупателя, создавая определенный образ товара, нацеливая покупателя на его приобретение, создает спрос на товар.

Существует три разновидности товарной рекламы – информативная, увещательная, напоминающая.

Информативная реклама имеет своей целью доведение до сведения потребителя конкретной информации о товаре, услуге и фирме. Она дает ответы на вопросы Кто? Что? Когда? Сколько? Ее применяют обычно на стадии внедрения товара на рынок. Такая реклама должна способствовать созданию первичного спроса на товар.

Увещательная (или стимулирующая) реклама предназначена убедить потребителей в необходимости приобретения именно данного товара именно у данной фирмы. Это самый агрессивный вид рекламы, применяемый на этапе роста. Увещательная реклама призвана создать избирательный, быстро растущий спрос. Разновидностью ее является сравнительная реклама, которая должна утвердить в сознании потребителей преимущества рекламируемого продукта по сравнению с товарами конкурентов.

Напоминающая реклама (или реклама стабильности) должна создавать эффект присутствия на рынке определенного товара (фирмы), поддерживать их известность. Применяют ее на этапе

зрелости с тем, чтобы сохранить достигнутый объем сбыта или поддержать его при тенденции к падению.

Принципиальная схема рекламного процесса состоит из четырех звеньев и выглядит следующим образом (рис 4.3):

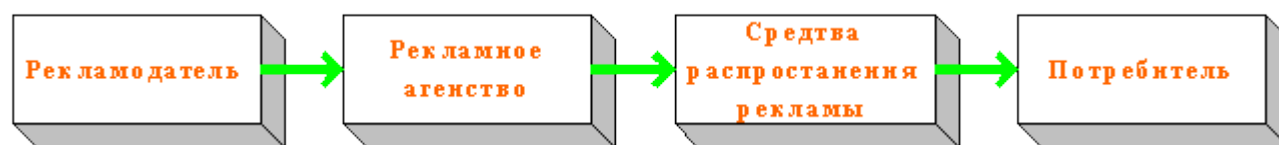


Рис. 4.3. Схема производства рекламы.

Разрабатывая рекламную кампанию, надо решить:

- цель кампании;
- нацеленность кампании (сегмент рынка, группы населения и т.п.);
- [выбор рекламных средств](#);
- бюджет рекламной кампании;
- способ оценки эффективности кампании.

4.3.7. Решение по PR.

«Паблик рилейнз» трактуется как «взаимоотношение с публикой», «организация общественного мнения», «система связей с общественностью». По сути дела это тоже реклама, но фирменная, т.е. реклама предприятия, его успехов, достоинств. Задача фирменной рекламы – создать в обществе, среди потенциальных клиентов предпочтительный имидж предприятия, образ фирмы, который бы вызвал доверие к самой фирме и всем выпускаемым товарам.

Способов строительства положительного образа множество: пропаганда, публикации в прессе, интервью с руководителями, пресс-конференции в прессе, издание фирменной литературы, лоббизм, благотворительная деятельность, участие в выставках, создание фирменного стиля.

Пропаганда – это любые коммерчески благоприятные сообщения о фирме и ее продукте и/или действия в отношении их, которые распространяются или организуются с помощью средств массовой информации и напрямую не оплачиваются фирмой.

Пропагандистская деятельность включает в себя:

- Создание разнообразных материалов о фирме и ее товарах и их рассылку по редакциям различных средств массовой информации;
- Организацию мероприятий событийного характера (выставок, презентаций, пресс-конференций, торжественных юбилеев) и приглашение на них знаменитостей и журналистов;
- Отслеживание публикаций и других сообщений о деятельности фирмы и выступление в необходимых случаях с разъяснениями, комментариями, опровержениями.

Спонсорство – представление фирмой средств отдельным людям и организациям, занятым в сфере спорта, культуры, здравоохранения, социального обеспечения и т.п.

Фирменный стиль (за рубежом используют понятие «координация дизайна») – это ряд приемов, которые обеспечивают с одной стороны, определенное единство всех изделий предприятия, а с другой – противопоставляют предприятие и его изделия конкурентам и их товарам.

В фирменный стиль обычно включают:

- товарный знак (если он совпадает с отличительным элементом фирменного наименования предприятия, его называют фирменным знаком);
- логотип: специально разработанное оригинальное начертание полного и сокращенного наименования фирмы (или группы товаров данной фирмы);
- фирменный блок: объединенные в композицию знак и логотип, а также разного рода пояснительные надписи (страна, почтовый адрес, телефон, телефакс, телекс) и нередко фирменный лозунг, который выражает техническое и коммерческое кредо предприятия;
- фирменный цвет (цвета);
- фирменный комплект шрифтов;
- фирменные константы (формат, система верстки текста и иллюстраций и т.д.).

Иногда фирменный стиль имеет дополнительные составляющие, такие как фирменные радиопозывные, гимны, особая фактура бумаги, фирменная одежда и даже фирменные ароматы.

Назначение фирменного стиля – свидетельствовать, что предприятие работает образцово, поддерживает порядок во всем, как в производстве, так и в сопутствующей ей деятельности. Все это создает у покупателя уверенность в том, что и товар, выпускаемый фирмой, тоже образцовый, что она не стремится скрыть за анонимностью низкое качество своей продукции.

4.4. Оценка рисков и их профилактика.

Предпринимательский риск - это опасность потенциальной возможности понесения убытков в виде незапланированных расходов.

Бизнес в рыночной экономике всегда осуществляется в условиях неопределенности и всевозможных перемен, т.е. существует риск. Любой инвестор хочет знать, какие проблемы могут возникнуть и как предполагается их решать.

В России приемы «цивилизованного» обращения с коммерческими рисками представлены пока мало, хотя на практике приходится сталкиваться с таким уровнем риска, при котором ни один западный бизнесмен даже и не подумал бы браться за дело. Поэтому жизненно необходимо предвидеть риск и стремиться снизить его до возможного минимума.

В принципе при оценке риска надо учитывать только случайные потери, не поддающиеся прямому расчету, непосредственному прогнозированию и потому не учтенные в предпринимательском проекте. Если потери можно заранее предвидеть, то они должны рассматриваться не как потери, а как неизбежные расходы, и включаться в расчетную калькуляцию.

4.4.1. Выявление ассортимента рисков.

От любого выявленного риска можно уберечься, невыявленный риск чреват потерей всего бизнеса.

Для достижения возможности расчета степени риска сначала надо определить ассортимент рисков. Возможные потери бывают следующих видов:

- материальные (через некачественное оборудование, ущерб имуществу, недопоставки и низкое качество сырья, нехватку энергии, потери и возврат готовой продукции);
- трудовые (потери рабочего времени, неудачный менеджмент, некомпетентность кадров);
- финансовые (через штрафы, изменения налогов, инфляцию, банкротство банков, рэкет, неплатежеспособность покупателей, появление новых технических решений);

- социальные (через ущерб здоровью персонала, окружающей среде, престижу фирмы, воровство, политическую и социальную нестабильность);
- форс-мажор (природные катастрофы, войны, эпидемии).

Выявление возможных потерь (что плохого может произойти?) обычно проводят по стадиям цикла проекта - предварительная, инвестиционная и эксплуатационная.

Возможные риски по стадиям инвестиционного проекта.

Дополнение 4.8.

Возможные риски по стадиям инвестиционного проекта.

На предварительной стадии обязательно учитываются возможности следующих событий:

- изменения в отношении к предприятию местных властей (введение дополнительных ограничений);
- ошибки в выборе места строительства (невыполнение проектов по строительству коммуникаций, инженерных сетей, некачественное выполнение геодезических исследований);
- ошибки в выборе поставщиков (их банкротство, перепрофилирование, снижение качества продукции).

На стадии инвестирования возможны следующие неприятные события:

- ошибки в выборе подрядчика (завышение стоимости работ из-за монопольного положения подрядчика);
- неплатежеспособность инвестора (увеличение объема заемных средств);
- несвоевременная поставка оборудования (увеличение сроков строительства, выплата штрафов подрядчику);
- несвоевременная подготовка персонала (увеличение срока выхода на проектный режим);
- недобросовестность подрядчика (увеличение сроков строительства и стоимости).

Количество рисков на последней стадии цикла проекта резко возрастает. Поэтому их разделяют на 4 группы: финансово-экономические, социальные, технические и экологические.

Риски финансово-экономические:

- неустойчивость спроса (влияние на спрос цены, моды, климата, платежеспособности покупателей и др.);
- появление альтернативного продукта;
- мероприятия конкурентов (снижение цены, увеличение производства, новые приемы маркетинга);
- рост налогов (принятие законов задним числом);
- рост цен на сырье, материалы, энергию, зависимость от поставщиков, зависимость от перевозчиков, исчерпание ресурсов);
- недостаток оборотных средств.

Риски социальные:

- текучесть рабочей силы (появление ресурсного конкурента, внутреннее социальное напряжение);
- забастовки (недостаточный уровень зарплаты, требование создания социальной инфраструктуры, требования по повышению уровня техники безопасности);
- отношение местных властей (требование финансирования региональных программ, взятки чиновникам);
- протесты общественности против деятельности предприятия (падение престижа фирмы);
- воровство на предприятии, на складах и на транспорте.

Риски технические:

- сверхнормативно ускоренный износ оборудования (недобросовестность изготовителей, ошибки проектировщиков, повышенная аварийность, пожары и т.п.);
- нестабильность качества сырья и материалов;
- появление новой технологии;
- отсутствие резерва мощности (потери производства при авариях, ремонтах);
- нестабильность качества готовой продукции.

Риски экологические:

- аварии на основном производстве (залповые выбросы отходов);
- аварии на очистных сооружениях (необходимость накопления отходов);
- новое строительство вблизи предприятия;
- изменение законодательства о нормативах допустимых сбросов, о лицензировании.

В «Методических рекомендациях по оценке эффективности инвестиционных проектов», утвержденных Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ, Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике в 1999 году приведены рекомендуемые границы изменений некоторых факторов риска, которые могут применяться в случае, когда разработчик проекта не обладает достаточным количеством необходимой для анализа информации. Предусмотрено:

- увеличение стоимости работ, выполняемых российскими подрядчиками и стоимости оборудования российской поставки на 20%, на 10% - стоимости работ и оборудования инофирм;
- увеличение производственных издержек на 20% от проектного уровня и удельных прямых материальных затрат на производство и сбыт продукции на 30% от проектного уровня;
- уменьшение объема выручки до 80% ее проектного значения;
- увеличение на 100% времени задержек и платежей за продукцию, поставляемую без предоплаты;
- увеличение процента за кредит на 40% его проектного значения по кредитам в рублях и на 20% по кредитам в СКВ.

Математическое прогнозирование рисков.

Дополнение 4.9.

Математическое прогнозирование рисков.

Наиболее полное представление о риске дает так называемая кривая распределения вероятностей потери или графическое изображение зависимости вероятности потерь от их уровня, показывающее, насколько вероятно возникновение тех или иных потерь.

Чтобы установить вид типичной кривой вероятности потерь, рассмотрим прибыль как случайную величину и построим вначале кривую распределения вероятностей получения определенного уровня прибыли (рис. 1).

При построении кривой распределения вероятностей получения прибыли приняты следующие предположения.

1. Наиболее вероятно получение прибыли, равной расчетной величине - $ПР_p$. Вероятность (B_p) получения такой прибыли максимальна, соответственно значение $ПР_p$ можно считать математическим ожиданием прибыли.

Вероятность получения прибыли, большей или меньшей по сравнению с расчетной, тем ниже, чем больше такая прибыль отличается от расчетной, т. е. значения вероятностей отклонения от расчетной прибыли монотонно убывают при росте отклонений.

2. Потерями прибыли (ДПР) считается ее уменьшение в сравнении с расчетной величиной $ПР_p$. Если реальная прибыль равна $ПР$, то

$$ДПР = ПР_p - ПР.$$



Рис. 1. Типичная кривая вероятностей получения определенного уровня прибыли.

3. Вероятность исключительно больших (теоретически бесконечных) потерь практически равна нулю, так как потери заведомо имеют верхний предел (исключая потери, которые не представляется возможным оценить количественно).

Конечно принятые допущения в какой-то степени спорны, ибо они действительно могут не соблюдаться для всех видов риска. Но, в общем, они верно отражают общие закономерности изменения предпринимательского риска и базируются на гипотезе, что прибыль как случайная величина подчинена нормальному или близкому к нормальному закону распределения.

Исходя из кривой вероятностей получения прибыли, построим кривую распределения вероятностей возможных потерь прибыли, которую, собственно, и следует называть кривой риска. Фактически это та же кривая, но построенная в другой системе координат (рис. 2).

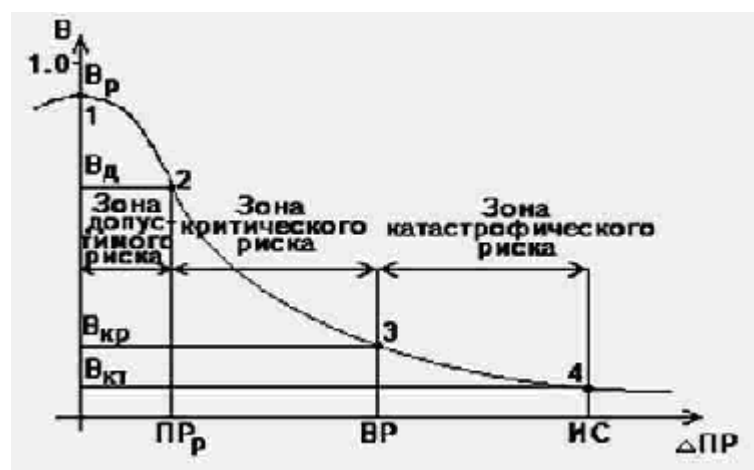


Рис. 2. Типичная кривая распределения вероятностей возникновения определенного уровня потерь прибыли.

Выделим на изображенной кривой распределения вероятностей потерь прибыли (дохода) ряд характерных точек.

Первая точка ($DПР=0$ и $V=B_p$) определяет вероятность нулевых потерь прибыли. В соответствии с принятыми допущениями вероятность нулевых потерь максимальна, хотя, конечно, меньше единицы.

Вторая точка ($DПР=ПР_p$ и $V=B_d$) характеризуется величиной возможных потерь, равной ожидаемой прибыли, т. е. полной потерей прибыли, вероятность которой равна V_d .

Точки 1 и 2 являются граничными, определяющими положение зоны допустимого риска.

Третья точка ($DПР=ВР$ и $V=B_{кр}$) соответствует величине потерь, равных расчетной выручке $ВР$. Вероятность таких потерь равна $V_{кр}$.

Точки 2 и 3 определяют границы зоны критического риска.

Четвертая точка ($DПР=ИС$ и $V=B_{кт}$) характеризуется потерями, равными имущественному (ИС) состоянию предпринимателя, вероятность которых равна $V_{кт}$.

Между точками 3 и 4 находится зона катастрофического риска.

Потери, превышающие имущественное состояние предпринимателя, не рассматриваются, так как их невозможно взыскать.

Вероятности определенных уровней потерь являются важными показателями, позволяющими высказывать суждение об ожидаемом риске и его приемлемости, поэтому построенную кривую можно назвать кривой риска.

Например, если вероятность катастрофической потери выражается показателем, свидетельствующим об ощутимой угрозе потери всего состояния (например, при его значении, равном 0,2), то здравомыслящий осторожный предприниматель заведомо откажется от такого дела и не пойдет на подобный риск.

Таким образом, если при оценке риска предпринимательской деятельности удастся построить не всю кривую вероятностей риска, а только установить четыре характерные точки (наиболее вероятный уровень риска и вероятности допустимой, критической и катастрофической потери), то задачу такой оценки можно считать успешно решенной.

Значения этих показателей в принципе достаточно, чтобы в подавляющем большинстве случаев идти на осознанный риск.

Предпринимателю, оценивающему риск, больше свойствен не точечный, а интервальный подход. Ему мало знать, что вероятность потерять 1000 руб. в намечаемой сделке составляет, скажем, 0,1 или 10%. Он будет также интересоваться, насколько вероятно потерять сумму, лежащую в определенных пределах (в интервале, например, от 1000 до 1500 руб.).

Наличие кривой вероятности потери позволяет ответить на такой вопрос путем нахождения среднего значения вероятности в заданном интервале потерь.

Вполне возможно и другое проявление интервального подхода в форме “полуинтервального”, весьма характерного именно для предпринимательского риска.

В процессе принятия предпринимателем решений о допустимости и целесообразности риска ему важно представлять не столько вероятность определенного уровня потерь, сколько вероятность того, что потери не превысят некоторого уровня. По логике именно это и есть основной показатель риска.

Вероятность того, что потери не превысят определенного уровня, есть показатель надежности, уверенности. Очевидно, что показатели риска и надежности предпринимательского дела тесно связаны между собой.

Предположим, предпринимателю удалось установить, что вероятность потерять 10000 руб. равна 0,1%, т. е. относительно невелика, и он готов к такому риску.

Принципиально важно здесь то, что предприниматель опасается потерять не именно, не ровно 10000 руб. Он готов идти на любую меньшую потерю и никак не готов согласиться на большую. Это естественная закономерная психология поведения предпринимателя в условиях риска.

Знание показателей риска - V_p , V_d , $V_{кр}$, $V_{кт}$ - позволяет выработать суждение и принять решение об осуществлении предпринимательства. Но для такого решения недостаточно оценить значения показателей (вероятностей) допустимого, критического и катастрофического риска. Надо еще установить или принять предельные величины этих показателей, выше которых они не должны подниматься, чтобы не попасть в зону чрезмерного, неприемлемого риска.

Обозначим предельные значения вероятностей возникновения допустимого, критического и катастрофического риска соответственно K_d , $K_{кр}$, $K_{кт}$. Величины этих показателей в принципе должна устанавливать и рекомендовать прикладная теория предпринимательского риска, но и сам предприниматель вправе назначить свои собственные предельные уровни риска, которые он не намерен превышать.

По нашему мнению, можно ориентироваться на следующие предельные значения показателей риска $K_d=0,1$; $K_{кр}=0,01$, $K_{кт}=0,001$, т. е. соответственно 10, 1 и 0,1%. Это означает, что не следует идти на предпринимательскую сделку, если в 10 случаях из ста можно потерять всю прибыль, в одном случае из ста потерять выручку и хотя бы в одном случае из тысячи потерять имущество.

В итоге, имея значения трех показателей риска и критериев предельного риска, сформулируем самые общие условия приемлемости анализируемого вида предпринимательства:

- А. Показатель допустимого риска не должен превышать предельного значения ($V_d < K_d$).
- Б. Показатель критического риска должен быть меньше предельной величины ($V_{кр} < K_{кр}$).
- В. Показатель катастрофического риска не должен быть выше предельного уровня ($V_{кт} < K_{кт}$).

Следовательно, главное в оценке хозяйственного риска состоит в искусстве построения кривой вероятностей возможных потерь или хотя бы определении зон и показателей допустимого, критического и катастрофического риска.

V. ФИНИНСОВЫЙ ПЛАН.

В финансовом плане необходимо показать способность проекта генерировать доходы в объеме, достаточном для того, чтобы покрыть все затраты и обеспечить желаемую норму прибыли. Другими словами, финансовый план должен убедить инвестора в том, что Вы можете вернуть средства, вложенные в проект.

«Стержнем» финансового плана является прогноз потока денежных средств (то есть прогноз оттоков и притоков денежных средств). На выходе финансового плана необходимо получить прогнозные финансовые отчеты (отчет о прибылях и убытках, отчет о движении денежных средств), на основе которых, в свою очередь, должны быть рассчитаны основные финансовые показатели и критерии эффективности проекта.

Таким образом, качество финансового плана, а следовательно, Ваши шансы заинтересовать инвестора и убедить его профинансировать проект зависят от того, насколько детально проработан маркетинговый план и описан процесс производства проектной продукции, а также насколько тщательно исследована внешняя экономическая среда.

Главными финансовыми аспектами проекта являются:

- 1 Объем требуемого финансирования – общая сумма;
- 2 Схема финансирования проекта на 3-ей стадии цикла проекта – инвестиционной стадии (график и источник поступления средств);
- 3 Прогнозный баланс производства;
- 4 Оценка экономической состоятельности проекта.

5.1. Расчет капитальных затрат.

К сожалению, прежде чем зарабатывать деньги, Вы должны их расходовать. Затраты на ведение бизнеса обычно объединяются в группы, которые отражают отдельные виды деятельности компании, а также различные виды издержек, которые они влекут.

Деньги нужны на покрытие следующих затрат:

- 1 Проектирование;
- 2 [Обеспечение производственным помещением;](#)
- 3 [Обеспечение производства оборудованием;](#)
- 4 Заработная плата административно-управленческого персонала строящегося объекта и прочие накладные расходы;
- 5 [Формирование фонда оборотных средств для начала производства.](#)

5.1.1. Проектирование.

Величина этой статьи затрат определена Вами в стоимости Вашего договора с Заказчиком. Обычно она составляет 8-10% от общей величины капитальных затрат.

5.1.2. Обеспечение производственным помещением.

Потребная площадь производственных, вспомогательных и административных помещений определяется в техническом проекте.

Здание можно выкупить, построить, взять в аренду. При выкупе и аренде требуется реконструкция под новое оборудование, что выполняется по отдельному договору со строительной организацией.

Стоимость выкупа или величина арендной платы являются предметом торга. Их надо определить с учетом действующих рыночных цен в соответствующем регионе.

Стоимость строительства определяется объемом здания, его типом (промышленные, административные, складские и др.) и действующими административными нормативами.

Примерное соотношение ценовых нормативов (в условных единицах за 1 м³):

- Административные здания – принимаем за 100;
- Складские здания – 40;

- Промышленные здания 1- и 2-х этажные:

- при объеме до 10 тыс. м³ – 70;

- при объеме 10-50 тыс. м³ – 55;

- при объеме свыше 50 тыс. м³ – 40.

Кроме того, при выкупе или новом строительстве в капитализируемые затраты включаются:

- плата за землю (отвод и освоение);

- стоимость проектно-изыскательных работ;

- подготовка территории строительства (дороги и коммуникации).

5.1.3. Обеспечение оборудованием.

Оборудование можно купить у заводов-изготовителей, купить неликвидное или бывшее в употреблении, взять в аренду, наконец, изготовить самостоятельно.

Определение цены нового оборудования проводят по прейскурантам (прайс-листам) заводов-изготовителей, по информации специализированных консалтинговых компаний.

Для ориентировочной оценки стоимости стандартного оборудования необходимо учесть, что определяющим фактором является конструкционный материал.

Далее вся информация обобщается в виде таблицы, где указывается:

- наименование оборудования;
- количество по каждому наименованию;
- масса единицы оборудования;
- основной конструкционный материал;
- цена единицы оборудования;
- общая стоимость по каждому наименованию;
- источник информации о цене.

№ п /п	Наименование оборудования	Кол- во, шт.	Цена, тыс. руб.	Стоимо сть, тыс. руб.	Источни к информа ции
--------------	------------------------------	-----------------	--------------------	--------------------------------	--------------------------------

Суммарная стоимость служит основой для дальнейших расчётов.

Дополнительные расходы по обеспечению оборудованием.

Дополнительными расходами являются:

- транспортные расходы, погрузочно-разгрузочные работы и складское хранение – 5% от суммарной стоимости;
- монтажные работы – 10% от суммарной стоимости;
- обвязка оборудования трубопроводами, арматурой, системой КИПиА – 10% от суммарной стоимости;
- проведение электромонтажных и других специальных работ – 5% от суммарной стоимости.

5.1.4. Накладные расходы.

Накладные расходы в инвестиционной фазе цикла проекта:

- 1 страхование производства в период строительства;

2 приобретение лицензий на определенный вид деятельности (согласно закона о лицензируемой деятельности);

3 подготовка эксплуатационных кадров;

4 содержание дирекции строящегося производства, обеспечивающей технический надзор за строительством (заработная плата, оборудование офиса, организация систем связи, командировочные расходы, охрана, транспорт);

5 затраты на преодоление отрицательных экономических, социальных и других последствий реализуемого проекта;

6 непредвиденные работы и затраты;

7 затраты на первый этап маркетинговой кампании;

8 страхование рисков на этапе строительства (составление ассортимента рисков, разработка мероприятий по преодолению последствий проявления рисков, заключение договоров страхования).

Сумма накладных расходов составляет ~ 15-50 % от основных и дополнительных расходов.

5.1.5. Фонд оборотных средств.

Предприятие для запуска производства продукции должно иметь запасы сырья и материалов, покупных полуфабрикатов, деталей, узлов, комплектующих изделий, топлива, тары, запасных частей, строительных материалов. Эти запасы составляют оборотные производственные фонды предприятия.

Предприятие для реализации производственной продукции должно иметь готовую продукцию на складе. Часть товаров предприятия отгрузили потребителям и они находятся в пути, другая часть получена потребителями, но они еще ее не оплатили.

Чтобы осуществлять производственно-хозяйственную деятельность, предприятие должно иметь денежные средства для оплаты сырья, материалов, выдачи зарплаты.

Готовая продукция, дебиторская задолженность, товары отгруженные и денежные средства представляют фонды обращения предприятия.

Оборотные средства (оборотные активы) предприятия – это стоимость, авансированная им в формирование оборотных производственных фондов.

Оборотный капитал – сумма финансовых источников формирования оборотных средств предприятия.

Величина фонда рассчитывается исходя из потребностей в ресурсах на 1-2 месяца функционирования производства и составляет 10 - 15% от суммы фонда капитальных затрат.

5.2. Разработка схемы финансирования проекта.

5.2.1. План-график работы и затрат.

Суммирование вышеизложенных результатов расчетов даст общую требуемую сумму инвестиций.

Необходимо определить продолжительность 3-ей инвестиционной фазы цикла проекта и составить план-график выполнения работ. Затем к каждому этапу плана-графика привязывается стоимость работ из предыдущих расчетов.

План-график составляется в виде таблицы, в которой количество столбцов соответствует количеству месяцев, в течение которых Вы планируете создать производство. Ниже приведен образец такой таблицы, в которой абсолютные величины затрат указаны в условных единицах.

Таблица

План-график работы и затрат.

Перечень затратных статей	Величина затрат по месяцам выполнения работ							Всего затрат по статье
	1	2	3	4	5	6	7	

1 Проектирование	150	-	-	-	-	-	-	150
2 Обеспечение производственными помещениями	-	50	50	-	-	-	-	100
3 Приобретение оборудования	-	-	100	400	300	100	100	1000
4 Дополнительные расходы:	-	10	20	40	30	10	10	120
4.1. Транспортные	-	-	-	-	-	80	120	200
4.2. Монтажные	-	-	-	-	-	20	80	100
4.3. Спец. работы								
5 Накладные расходы:	10	10	20	20	30	30	40	160
5.1. Зар. плата	-	-	-	-	-	-	20	20
5.2. Страхование	-	-	-	10	-	-	-	10
5.3. Лицензирование и др.								
6 Формирование фонда оборотных средств	-	-	-	-	-	-	140	140
ИТОГО:	160	70	190	470	360	240	510	2000

5.2.2. Определение источников финансирования.

Рассчитав сумму затрат, проектировщик предлагает схему финансирования проекта, учитывая все возможные источники инвестирования. Образец такой схемы (в тех же условных единицах) представлен ниже.

Таблица.

Источники финансирования.

Наименование источника	Величины затрат по месяцам выполнения работ							Всего сумма финансирования
	1	2	3	4	5	6	7	
Кредит	-	-	-	90	360	240	510	1200
Бюджетные средства	-	-	74	226	-	-	-	300
Собственные средства	160	70	116	154	-	-	-	500
ИТОГО	160	70	190	470	360	240	510	2000

5.3. Разработка прогноза расходов на производство продукции.

Прогнозную финансовую отчетность необходимо составлять на срок, превышающий срок погашения кредитов, чтобы оценить жизнеспособность проекта после завершения финансовых обязательств. Шаг прогнозирования выбирается 1 год.

Расходы (издержки производства) включают:

1. Материальные затраты.
2. Топливо и энергия всех видов.
3. Затраты на оплату труда.
4. Социальный налог.
5. Амортизация основных фондов.
6. Прочие расходы в составе:
 - расходы по охране труда;
 - расходы по охране окружающей среды;
 - расходы на маркетинг;
 - расходы на страхование.

7. Накладные расходы.

5.3.1. Материальные затраты.

В состав материальных затрат входят: сырье, основные материалы, покупные полуфабрикаты, комплектующие изделия, вспомогательные материалы.

Расчет затрат на материалы производится исходя из годовой потребности и цен на материальные ресурсы.

Годовая потребность зависит от стехиометрических соотношений протекающих реакций, норм расхода сырья и материалов и общей производительности.

Различают следующие виды цен: у изготовителя (оптовые цены), у продавца (посредника), с учетом растаможивания, с учетом транспортных издержек.

Выбирать поставщика (посредника) необходимо с учетом качества товара, условий поставки, условий оплаты, цены товара и надежности поставщика.

В материальные затраты включаются также расходы на тару, упаковочные материалы, инструмент, запасные части и др.

Расчет затрат на материалы - в виде таблицы.

Наименование товара	Ед. изм	Цена Поставщика и условия поставки	Тран сп.- заготов. расходы	Цена приобретения	Годовая потребность	Стоимость
---------------------	---------	------------------------------------	----------------------------	-------------------	---------------------	-----------

5.3.2. Топливо и энергия всех видов.

Затраты на топливо (твердое, жидкое, газообразное) и энергию всех видов (электрическая, тепловая, сжатого воздуха, холода и др.), приобретаемые со стороны, выделяются особо в связи с их высокой стоимостью и важным стратегическим значением.

Потребности производства в электроэнергии, тепле и воде определены при расчете балансов. При расчете затрат учитываются тарифы, устанавливаемые местными властями.

Кроме того, необходимо учесть затраты на энергию, тепло и воду, которые расходуются на освещение, отопление, вентиляцию и водоснабжение цеха. Они рассчитываются по нормативам как 5% от стоимости помещений.

Наименование ресурса	Ед. изм.	Годовая потребность	Цена (тариф)	Стоимость
----------------------	----------	---------------------	--------------	-----------

5.3.3. Затраты на оплату труда.

Затраты на оплату труда включают заработную плату основного производственного персонала (осуществляющие технологический процесс – аппаратчики и операторы), вспомогательного (уход, надзор и ремонт – слесари, электрики, наладчики КИП), инженерно-технического персонала (мастера, технологи) и обслуживающего персонала (уборщица, грузчик) предприятия, включая премии рабочим и служащим за производственные результаты, стимулирующие и компенсационные выплаты, в том числе компенсации по оплате труда в связи с повышением цен, компенсация женщинам, находящимся в частично оплачиваемом отпуске по уходу за ребенком, а также оплата труда несостоящих в штате работников, занятых в основной деятельности.

1-ый шаг. Определение числа работающих.

Численность основных производственных рабочих определяется исходя из норм обслуживания или по необходимым точкам наблюдения за технологическим процессом. При этом различают:

- номинальная численность – число рабочих в смену;
- явочная численность – число рабочих в сутки при многосменной работе;
- списочная численность – число рабочих, учитывающее необходимые подмены в связи с болезнью, отпуском и по другим уважительным причинам.

Списочная численность больше явочной в среднем на 15%.

Таким же образом определяется численность вспомогательного и обслуживающего персонала.

Численность инженерно-технического персонала определяется в зависимости от сложности оборудования и необходимых для производств функций.

2-ой шаг. Определение квалификации работников и величины месячного заработка.

Для каждого работающего необходимо установить уровень квалификации (наличие профессионального образования, разряд, категорию и прочее).

Для каждого определяется система оплаты труда:

- сдельная – по количеству выработанной продукции (выполненных работ), действующих расценок (тарифных ставок);
- повременная – по количеству отработанного времени;
- окладная – по штатному расписанию;
- договорная – по условиям контракта.

Для каждого работающего устанавливается средняя величина месячного заработка (с учетом квалификации, требований КЗОТ, районного коэффициента, возможных премий и т. п.).

3-ий шаг. Расчет фонда заработной платы.

Государство регулирует оплату труда, в частности, путем установления гарантий. Система основных государственных гарантий по оплате труда работников включает в себя установленные федеральными законами:

- величину минимального размера оплаты труда (МРОТ) в РФ;
- меры по поддержанию уровня реального содержания заработной платы;
- ограничения размеров обязательных удержаний из заработной платы, в том числе размеров налогообложения доходов от оплаты труда (13%);
- государственный надзор и контроль за своевременностью выплаты заработной платы и реализацией государственных гарантий в части ее размеров;
- ответственность работодателей за нарушение требований законов, иных нормативно-правовых актов, условий соглашений по оплате труда.

№ п/п	Долж- ность	Списоч- ная числен- ность	Средний месяч-ный зарплаток, тыс.руб.	Месячный фонд зар.платы, тыс.руб.	Годовой фонд зарплаты, тыс.руб.
ИТОГО					

5.3.4. Единый социальный налог.

Работодатель оплачивает социальный налог (до 2001 года-начисления на заработную плату):

- пенсионный фонд (оплата пенсий и накопление для пенсионного обеспечения работника в будущем) - 18%;
- социальное страхование (оплата больничных листов, декретного отпуска, льготы на отдых) - 4%;
- медицинское страхование (оплата медицинских услуг в некоммерческих медицинских учреждениях) - 3,6%.

Всего - 25,6% от фонда заработной платы.

5.3.5. Расчет амортизационных отчислений.

Амортизация основных фондов – это сумма амортизационных отчислений на полное восстановление элементов основных производственных фондов. Определяется она исходя из стоимости основных фондов и норм амортизационных отчислений.

Амортизация – процесс переноса стоимости основных производственных фондов на производимый продукт.

Амортизационные отчисления – элемент затрат предприятия на производство продукции. (Источник простого воспроизводства основных фондов).

На практике амортизационные отчисления по каждому объекту не накапливаются на специальном счете, а поступившая на определенный период сумма амортизационных отчислений по всем объектам направляется на финансирование капитальных вложений в этом периоде. Целевое использование амортизационных отчислений – финансирование замены элементов основных фондов.

Организация при принятии объекта определяет срок его полезного использования. Определение срока полезного использования объекта основных средств производится исходя из ожидаемого срока использования этого объекта в соответствии с ожидаемой производительностью или мощностью; ожидаемого физического износа, зависящего от режима эксплуатации, естественных условий и влияния агрессивной среды; нормативно-правовых и других ограничений использования этого объекта.

Определенные предприятиями сроки полезного использования объектов необходимы для расчета норм (сумм) амортизационных отчислений.

Годовая сумма амортизационных отчислений определяется исходя из первоначальной стоимости или текущей (восстановительной) стоимости объекта и нормы амортизации, исчисленной исходя из срока полезного использования этого объекта.

Нормы амортизационных отчислений устанавливаются либо постановлениями правительства, либо руководством предприятия. Расчет приводится в виде таблицы.

Таблица 1.

Амортизационные отчисления (пример).

Наименование объекта	Итоговая стоимость	Средняя норма амортизации, %	Сумма амортизационных отчислений
2-хэтажное здание		2.0	
Насосы Сушилка		10.0	
Фильтр		12.5	
Теплообменник		10.0	
Мембранные аппараты		16.7	

ИТОГО:

5.3.6. Прочие расходы.

Расходы по охране труда.

Стоимость профилактических мероприятий, мероприятий по охране труда и технике безопасности, наглядных пособий, контролирующих приборов, автоматизированной системы управления производством, расходуемых материалов, заработная плата и социальный налог работников. Все вместе – до 25% от фонда зарплаты производственных рабочих.

Расходы по охране окружающей среды.

Стоимость эксплуатации очистных сооружений по газовым, жидким и твердым отходам. Стоимость вывоза, утилизации, захоронения отходов. Плата за ущерб. Плата за сброс стоков в канализацию. Выплата штрафов. Заработная плата и социальный налог работников.

Общая стоимость зависит от места нахождения предприятия, экологичности его технологии.

Расходы по охране окружающей среды определяется % от фонда заработной платы производственных рабочих (% необходимо согласовать с руководителем работы).

Расходы на маркетинг.

Предприятие разрабатывает маркетинговый план и финансирует его реализацию. Оплачивается:

- распространение информации о продукте;
- преодоление конкуренции;
- создание собственного рынка продаж;
- содержание персонала отдела сбыта.

5.3.7. Накладные расходы.

Это расходы, связанные с обслуживанием производства. Они делятся на цеховые (если на предприятии несколько производственных цехов, выпускающих разную продукцию) и заводские.

В любом случае в перечень входят следующие статьи:

1. Заработная плата аппарата управления (составляется штатное расписание с указанием должности, количества вакансий по должности и должностного оклада).
2. Социальный налог на фонд зарплаты АУП.
3. Страхование имущества предприятия.
4. Выплаты за землю.
5. Содержание транспорта.
6. Оплата лицензий на право деятельности.
7. Содержание систем связи (внутренней и внешней).
8. Содержание офиса и вспомогательных зданий - гаража, склада и т.п. (аренда, уборка, коммунальные платежи).
9. Содержание охраны.
10. Канцелярские и организационные расходы.
11. Командировочные расходы.
12. Представительские расходы.
13. Издержки на социальное обслуживание (жилье, здравоохранение, общественное питание и т.п.).
14. Сертификация продукции.
15. Повышение квалификации персонала.
16. Расходы на повышение качества продукции.
17. Налог на пользователей автомобильных дорог.
18. Местные налоги.
19. Содержание научных подразделений (ЦЗЛ, конструкторский отдел).
20. Непредвиденные расходы.

Часто сумма накладных расходов определяется как доля ФОП производственного персонала - от 500% до 10%.

5.3.8. Расчет себестоимости продукции.

Определив величины всех затратных статей, необходимо рассчитать себестоимость единицы продукции, воспользовавшись приведенной ниже таблицей. Обязательно рассчитайте доли каждой статьи затрат в себестоимости, что будет в дальнейшем служить материалом для анализа и поиска путей повышения эффективности производства.

Статьи калькуляции	Сумма годовых затрат	Сумма на единицу продукции	Доля себестоимости, %
1. Материальные затраты.			
2. Топливо и энергия.			
3. Затраты на оплату труда.			
4. Социальный налог.			
5. Амортизационные отчисления и т.д.			
	Текущие издержки	Себестоимость	100,0%

5.4. Разработка прогноза доходов от продажи продукции.

5.4. Разработка прогноза доходов от продажи продукции.

Доходом или выручкой называется вся сумма денег, поступивших в определенный период времени на счет предприятия от реализации его продукции. В практике бухгалтерского учета этим периодом является либо календарный месяц, либо квартал. В наших расчетах этим периодом является один год (для упрощения).

Доход определяется как произведение цены единицы продукции на количество проданных единиц.

5.4.1. Установление цены продукции.

5.4.1. Установление цены продукции.

В соответствии с законом спроса уровень цен зависит от соотношения спроса и предложения: товарный дефицит вызывает рост цен, а избыток – их падение. При присутствии на рынке производителей аналогичной продукции преодоление сопротивления конкурентов достигается прежде всего снижением цены. Устанавливается при этом цена безразличия, когда покупателю все равно, чью продукцию покупать.

Начинать расчет надо с величины себестоимости продукции. Это будет минимальная цена. На этапе проникновения на рынок продукцию можно продавать и по цене ниже минимальной, но недолго, чтобы не дойти до банкротства.

Цены бывают базисные, мировые, прогнозные и расчетные.

Базисная цена – сложившаяся на внутреннем рынке на данный определенный момент времени.

Мировая цена – сложившаяся на мировом рынке на аналогичную продукцию в тот же момент времени.

Прогнозная цена – предполагаемая на рынке в конце расчетного периода (с учетом изменения цен потребляемых ресурсов и влияния на рыночную цену изменений объема продаж).

Расчетная цена – учитывающая влияние инфляции на мировую цену.

Инфляция – обесценивание ресурсов, услуг, продукции, что, естественно, повышает уровень цен на внутреннем рынке.

Инфляция влияет на реализацию проекта не только в денежном, но и в натуральном выражении. Например, изменяет план реализации (полезно сделать запасы сырья и комплектующих, взять рублевый кредит, быстрее реализовывать продукцию и т. д.).

Существенно уменьшает инфляционные ожидания установление цены в твердой валюте.

Для более правильной оценки финансовой эффективности предприятия затраты следует рассчитывать в расчетных ценах, а продукцию – в прогнозных.

Фирма устанавливает исходную цену, а затем корректирует ее с учетом факторов, действующих на рынке. Существуют методики ценообразования, позволяющие оптимизировать этот процесс.

Выручка – это денежное выражение суммарного финансового поступления на счет предприятия за реализованную продукцию. Деньги могут поступать также от продажи имущества, интеллектуальной собственности, запасов сырья и др. Для прогнозного баланса важна только выручка от реализации произведенной продукции на внутреннем и внешнем рынках.

Выручка определяется как произведение прогнозной цены на годовой выпуск продукции.

5.4.2. Обслуживание кредитов.

В обслуживание кредитов входит: 1 – возврат предоставленных средств; 2 – выплата процентов по кредитам.

Порядок обслуживания (кредитная ставка, сроки погашения и график платежей, санкции за нарушение) определяется кредитным договором.

Пример: получен кредит в 100 единиц, погашение – через 5 лет, кредитная ставка – 10%, платежи – в конце расчетного года. Тогда схема обслуживания кредита выглядит следующим образом:

Продолжительность	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год	6 год	
График погашения	льготный период	льготный период	-200	-300	-500	0	
Оплата процентов	-	-100	-100	-80	-50	-50	
Годовой платеж	-	-100	-300	-380	-550	-50	Всего - 1380

5.4.3. Распределение выручки.

5.4.3. Распределение выручки.

Раздел баланса	Номер статьи	Наименование статьи	Суммы по годам				Т. д.*
Поступление денег от реализации продукции	1.	Объем продаж (выпуска) продукции					
	2.	Прогнозная цена продукции					
	3.	Выручка (Ст.1 x Ст.2)					
Издержки на производство и реализацию продукции	4.	Затраты на производство (Σ)					

	4.1	Ст.4.1+...+Ст.4.9)				
	4.2	Материальные затраты				
	4.3	Топливо и энергия				
	4.4	Заработная плата				
	4.5	Социальный налог				
	4.6	Амортизационные отчисления				
	4.7	Расходы по охране труда				
	4.8	Расходы по охране окружающей среды				
	4.9	Расходы на маркетинг				
		Накладные расходы				
Доходная часть	5.	Балансовая прибыль (Ст.3-Ст.4)				
Дополнительные расходы	6.	Обслуживание кредитов, т. е. выплата процентов и погашение долгов				
	7.	Налоги: земельный, на имущество				
Налог на прибыль	8.	Налогооблагаемая прибыль (Ст.5-Ст.6-Ст.7)				
	9.	Выплата налога на прибыль (Ст.8 хналоговая ставка)				
Средства предприятия	10.	Чистая прибыль (Ст.8-Ст.9)				
	11.	Амортизационные отчисления (Ст.4.5)				
	12.	Чистый доход (Ст.10+Ст.11)				

* - столбцов должно быть только, сколько лет будет обслуживаться кредит.

5.5. Оценка экономической состоятельности проекта.

Инвестиционный проект считается эффективным, если поступления от его реализации позволяют покрыть все затраты (как инвестиционные, так и эксплуатационные), связанные с осуществлением проекта, а также обеспечивают желаемую норму прибыли для его участников.

Есть несколько простых методов оценки экономической состоятельности проекта.

Предварительно надо разделить статьи издержек на производство на две части – переменные затраты и постоянные затраты.

Переменные затраты – это расходы, величина которых пропорциональна количеству выпускаемой продукции. Сюда относятся расходы:

Ст. 4.1. – стоимость сырья, материалов и комплектующих;

Ст. 4.3. – заработная плата производственных рабочих;

Ст. 4.4. – социальный налог;

Ст. 4(V) = Ст. 4.1. + Ст. 4.3. + Ст. 4.4.

Постоянные затраты – это расходы, величина которых не зависит от количества выпускаемой продукции.

Сюда относятся расходы:

Ст. 4.2. – топливо и энергия;

Ст. 4.5. – амортизация оборудования и зданий;

Ст. 4.6. – расходы по охране труда;

Ст. 4.7. – расходы по охране окружающей среды;

Ст. 4.8. – расходы на маркетинг;

Ст. 4.9. – накладные расходы.

Ст. 4(C) = Ст. 4.3. + Ст. 4.5. + Ст. 4.6. + Ст. 4.7. + Ст. 4.8. + Ст. 4.9.

Таблица. 1.

Переменные и постоянные затраты на производство.

Наименование расходов	Величина по годам							
	1		2		3		4	
	$\sum$ Д оля		$\sum$ Д оля		$\sum$ Д оля		$\sum$ Д оля	
Ст.4 Затраты на производство								
Ст.4(V) Переменные затраты								
Ст.4(C) Постоянные затраты								

5.5.1. Расчет рентабельности.

5.5.1. Расчет рентабельности.

Рентабельность – отношение чистого дохода к суммарным расходам.

$$РЕНТ. = \frac{Ст.12}{Ст.4 + Ст.6 + Ст.7}$$

5.5.2. Расчет точки безубыточности.

5.5.2. Расчет точки безубыточности.

В ряде случаев для оценки эффективности проекта осуществляется анализ безубыточности, смысл которого состоит в том, чтобы определить объем производства, при котором предприятие уже не имеет убытков, но еще не получает прибыли.

По мере нарастания мощности производства наступает момент, когда суммарные затраты на производство

Ст.4 = Ст.4(V) + Ст.4(C)

сравниваются с выручкой от продаж – Ст. 3.

Этот момент называется точкой безубыточности.

$$Ст.4(C) + Ст.4(V) = Ст.3 \text{ или } \frac{Ст.4(C)}{Ст.3 - Ст.4(V)} = 1$$

Величина этого соотношения при достижении проектной мощности ($K_m = 1$) характеризует экономическую устойчивость проекта. Если она больше 0,8 (т. е. 80%), то проект считается неустойчивым, слишком много средств проедается. Надо проанализировать издержки и возможность увеличения мощности производства.

5.5.3. Расчет срока окупаемости.

Срок окупаемости – это продолжительность функционирования производства до момента погашения всей суммы инвестиций, включая оплату процентов за кредит, из собственной прибыли.

Чем меньше срок окупаемости, тем лучше. Как правило, срок окупаемости проекта не должен превышать срок реализации проекта либо срок, на который предприятие привлекает финансовые ресурсы.

Ст.13 – сумма инвестиций (определена ранее)

Ст.14 – сумма процентных платежей за кредит (определена ранее)

Доходная часть проекта и сумма амортизационных отчислений (определена ранее)

При полном погашении инвестиций соблюдается равенство:

$N(\text{Ст.5}-\text{Ст.7}) = \text{Ст.13} + \text{Ст.14}$, где

N – срок окупаемости в годах.

$$N = \frac{\text{Ст.13} + \text{Ст.14}}{\text{Ст.5} - \text{Ст.7}}$$

Методика ценообразования.

Дополнение 5.1.

Методика ценообразования.

Установление цен на новый товар.

Стратегический подход фирмы к ценообразованию частично зависит от этапов жизненного цикла товара. Особенно большие требования к цене предъявляет этап вывода товара на рынок.

Многие фирмы, создавшие защищенные патентом товары, поначалу устанавливают на них высокие цены. После того как покупка предлагаемой рынку продукции замедляется, фирма снижает на нее цену, чтобы привлечь новых покупателей, которых устраивает новая цена.

Использование этого метода происходит при следующих условиях:

- Если наблюдается высокий уровень текущего спроса на продукцию фирмы со стороны достаточно большого числа покупателей;
- Если издержки малосерийного производства не настолько высоки, чтобы уменьшить прибыль фирмы;
- Если высокая начальная цена не будет привлекать новых конкурентов;
- Если высокая цена товара поддерживает высокое качество товара.

Некоторые фирмы устанавливают на свою новую продукцию сравнительно низкую цену в надежде на привлечение большого числа покупателей и завоевание большей доли рынка.

Установлению низкой цены благоприятствуют следующие условия:

- Чувствительность рынка к ценовой политике фирмы на новую продукцию при низкой цене способствует его расширению;
- С ростом объемов производства нового продукта издержки на его производство, а также издержки по его реализации сокращаются;

Ценообразование в рамках товарной номенклатуры.

Определение цен в рамках товарной номенклатуры связано с тем, что разные товары взаимосвязаны друг с другом с точки зрения спроса и издержек на их производство и что они имеют разную степень конкурентного противодействия. Рассмотрим четыре варианта:

1 Установление цен в рамках товарного ассортимента. Фирма обычно создает не отдельный товар, а целый товарный ассортимент.

2 Установление цен на дополняющие товары. Многие фирмы наряду с основным товаром предлагают ряд дополняемых к основным или вспомогательных изделий.

3 Установление цен на обязательные принадлежности. В ряде фирм отдельных отраслей промышленности производят так называемые обязательные принадлежности, которые подлежат использованию вместе с основным товаром.

4 Установление цен на побочные продукты производства. Если эти побочные продукты не имеют ценностной значимости, а избавление от них обходится не дешево, все это скажется на уровне цены основного товара. Производитель стремится найти рынок для этих побочных продуктов и зачастую готов принять любую цену, если она покрывает издержки по их хранению и доставке. Это позволит ему снизить цену на основной товар, сделав его более конкурентоспособным.

Установление цен по географическому принципу.

Географический подход к ценообразованию предполагает принятие решения об установлении фирмой разных цен для потребителей в разных регионах страны. Доставка товаров далеко находящемуся клиенту обходится фирме дороже, чем клиенту, расположенному поблизости. Целесообразно ли для покрытия более высоких транспортных расходов взимать с отдельных заказчиков более высокую плату за товар, рискуя тем самым потерять клиентуру? А может быть, лучше взимать одинаковую плату со всех потребителей независимо от их удаленности.

Установление цен со скидками и зачетами.

В качестве вознаграждения потребителей за определенные действия, такие как ранняя оплата счетов, закупки большого объема или сезонные закупки, многие фирмы готовы изменять исходные цены на свою продукцию.

Под скидкой за платеж наличными понимают уменьшение цены для покупателей, которые оперативно оплачивают свои счета. Подобные скидки помогают улучшить состояние ликвидности фирмы-продавца и сократить расходы в связи с взысканием кредитов и безнадежных долгов.

Под скидкой за количество товара понимают уменьшение цены для покупателей, приобретающих большое количество товара. Скидки служат для потребителя стимулом делать покупки у одного продавца, а не у разных.

Функциональные скидки производители предлагают службам товародвижения, выполняющим определенные функции по продаже товара, его хранению, ведению учета.

Под сезонной скидкой понимают уменьшение цены для потребителей, совершающих внесезонные покупки товаров или услуг фирмы. Сезонные скидки позволяют продавцу поддерживать более стабильный уровень производства в течение всего года.

VI. РЕЗЮМЕ ПРОЕКТА.

Резюме – часть плана, с которой знакомятся в первую очередь и которая в определенном смысле представляет собой «визитную карточку» дела. Этот документ не должен содержать больше 3-х страниц текста. При защите диплома резюме является текстом Вашего доклада.

Ваше резюме касается всего, что важно для бизнес-плана. Это не просто введение; это целый план, но краткий. Во многих случаях люди, которые будут читать Ваш план, ограничиваются прочтением краткого резюме; если же они хотят подробнее ознакомиться с бизнес-планом, резюме направит их к нужному разделу.

В связи с этим резюме нужно составить так, чтобы дать понять инвестору, в чем уникальность Вашей идеи, показать конкурентоспособность Вашего предприятия и конкурентные преимущества проектной продукции.

В резюме нужно коротко (в тезисной форме) предоставить наиболее важные сведения по проекту:

- наименование проекта;
- цели проекта;
- выбранный способ производства продукции и описание технологической схемы;
- уровень автоматизации и контроля за технологическим процессом;
- описание устройства мембранного аппарата;
- принятие решения по охране окружающей среды, по охране труда и технике безопасности;
- представление строительной части проекта;
- краткое описание организационных решений;
- представление финансового плана проекта.

В качестве иллюстрационного материала к докладу необходимо представить следующие листы:

1. Основные математические уравнения, используемые при расчете мембранного аппарата и других узлов.
2. Чертеж технологической схемы.
3. Чертеж мембранного аппарата.
4. Строительный чертеж.
5. Диаграммы, таблицы и результаты экономических расчетов.