

В. Я. БОРЩЕВ

БЕЗОПАСНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**Учебное электронное мультимедийное издание
на компакт-диске**



**Тамбов
Издательство ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2016**

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тамбовский государственный технический университет»

В. Я. БОРЩЕВ

БЕЗОПАСНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Утверждено Ученым советом университета
в качестве учебного пособия
для бакалавров дневного и заочного отделений
по направлению 20.03.01 «Техносферная безопасность»
(профиль «Безопасность технологических процессов
и производств»)

*Учебное электронное мультимедийное издание
комплексного распространения*



Тамбов
Издательство ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2016

УДК 66.022.5
ББК Л116-5я73-2
Б82

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор
заведующий лабораторией ГНУ ВНИИТиН
С. Н. Сазонов

Кандидат технических наук, доцент кафедры ТиОПиХП ТГТУ
В. А. Пронин

- Борщев, В. Я.**
Б82 Безопасная эксплуатация технологического оборудования [Электронный ресурс, мультимедиа] : учебное пособие для бакалавров дневного и заочного отделений по направлению «Техносферная безопасность» (профиль «Безопасность технологических процессов и производств») / В. Я. Борщев. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже Pentium IV ; CD-ROM-дисковод ; 15,5 Мб ; RAM ; Windows XP/Vista/7 ; мышь. – Загл. с экрана.
ISBN 978-5-8265-1587-7.

Изложены основные понятия в области управления недвижимостью, сделок с недвижимостью, основы договорного права, договоры по оформлению недвижимости в собственность, временного пользования жилыми помещениями, международных и маркетинговых аспектов в области недвижимости и прочие.

Предназначено для бакалавров дневного и заочного отделений по направлению 20.03.01 «Техносферная безопасность» (профиль «Безопасность технологических процессов и производств»).

УДК 66.022.5
ББК Л116-5я73-2

Все права на размножение и распространение в любой форме остаются за разработчиком.
Нелегальное копирование и использование данного продукта запрещено.

ISBN 978-5-8265-1587-7

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2016

ВВЕДЕНИЕ

Техногенные катастрофы и аварии последних десятилетий как в России, так и за рубежом часто сопровождаются большим количеством человеческих жертв. Вследствие этого существенно изменилось отношение общества к проблеме безопасности населения. Практический опыт эксплуатации технологического оборудования свидетельствует, что основная причина повышения аварийности заключается, в первую очередь, в критическом уровне его износа. Техническое состояние технологического оборудования, его высокая работоспособность, а также высокопроизводительная работа определяются надёжной и грамотной эксплуатацией машин и аппаратов в заданных режимах.

Результатом изучения материала учебного пособия должно быть приобретение знаний по принципиальному устройству технологического оборудования, а также методам его безопасной эксплуатации.

В настоящем учебном пособии в соответствии с программой курса рассмотрены основы безопасной эксплуатации технологического оборудования химических производств. В пособии приведены примеры эксплуатации конкретных видов технологического оборудования, изложены устройство и принцип его действия, а также основные правила безопасной эксплуатации.

Материал, изложенный в учебном пособии, окажется полезным студентам в процессе изучения основ безопасной эксплуатации технологического оборудования химических производств.

Изучение дисциплины служит формированию профессиональных компетенций: способность принимать участие в инженерных разработках среднего уровня сложности в составе коллектива (ПК-1);

Учебное пособие соответствует требованиям к уровню подготовки студентов, изложенных в федеральном государственном образовательном стандарте по направлению «Техносферная безопасность».

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

1.1. Основные понятия о машинах и аппаратах химических производств

Технологическое оборудование предназначено для реализации различных технологических процессов.

В зависимости от характера воздействия на перерабатываемый материал технологическое оборудование условно делят на машины и аппараты.

Машиной называется механическое устройство, которое состоит из согласованно работающих частей и осуществляет определенные движения для преобразования энергии, материала или информации.

Различают три класса машин: машины-двигатели, технологические и вычислительные машины. В машинах-двигателях происходит преобразование одного вида энергии в другой. К ним относятся электродвигатели, генераторы, двигатели внутреннего сгорания и т.д. В вычислительных машинах происходит преобразование информации. Технологические машины предназначены для выполнения технологического процесса в соответствии с заданной программой. Для технологических машин характерной особенностью является наличие движущихся рабочих органов, которые непосредственно воздействуют на перерабатываемый материал. В результате под воздействием рабочих органов машины изменяются физические свойства, форма, положение обрабатываемого материала, т.е. материал испытывает механическое воздействие. В машинах химических и смежных производств (производство строительных материалов, нефтегазопереработка и т.д.) кроме механического процесса может иметь место одна или несколько типовых процессов химической технологии – химическое превращение, межфазный массообмен, нагрев и др.

Машина химических производств представляет собой сложный технический объект, состоящий из большого числа взаимодействующих элементов. Как правило, машина содержит следующие функциональные системы: корпус, устройство для загрузки и выгрузки перерабатываемых материалов, исполнительные механизмы, привод, систему обогрева или охлаждения рабочих зон, систему контроля технологических параметров и управления машиной, смазочного устройства.

К технологическому оборудованию кроме технологических машин относятся аппараты, отличительной особенностью которых является наличие реакционного пространства или рабочей камеры.

Аппарат представляет собой инженерное сооружение, состоящее из рабочего объёма и имеющее энергетические и контрольно-измерительные средства ведения и управления технологическим процессом.

В аппаратах реализуются тепловые, электрические, физико-химические и другие воздействия на обрабатываемый материал. При этом происходит изменение физических или химических свойств или агрегатного состояния обрабатываемого продукта.

Классификацию технологического оборудования осуществляют в соответствии с Общероссийским классификатором продукции ОК 005–93.

1.2. Основные правила безопасной эксплуатации технологического оборудования

Техническое состояние машин, сохранение их высокой работоспособности в значительной степени определяется правильной эксплуатацией оборудования в установленных режимах. Правила технической эксплуатации оборудования предусматривают ряд мероприятий, в которые входит, в частности, обеспечение нормальных внешних условий работы оборудования, т.е. соответствие помещений, температуры и влажности воздуха и т.д. Кроме того, необходимо обеспечить надлежащее состояние рабочего места (содержание подходов к оборудованию, хранение инвентаря и др.). Предусматривается также поддержание оборудования в чистоте, своевременная и правильная смазка, соблюдение допустимых режимов работы механизмов. Необходимо соблюдать правила управления машиной и выполнять правила межремонтного обслуживания.

Надзор за техническим состоянием оборудования на заводе осуществляет отдел главного механика, в его функции входит не только контроль условий эксплуатации, но и подготовка технических рекомендаций по улучшению состояния оборудования. Инспекторская служба этого отдела имеет право останавливать машины при неудовлетворительном их состоянии, неправильной эксплуатации или нарушении графика планово-предупредительного ремонта.

Рабочий должен знать устройство и взаимодействие основных механизмов машины, уметь их регулировать, выполнять мелкий ремонт, тщательно убирать машину и рабочее место. Техническое состояние техники, сохранение ее эксплуатационных качеств зависят от знания и выполнения правил эксплуатации оборудования любым производственным рабочим, должны хорошо знать мастера по ремонту, механики, обеспечивающие соблюдение этих правил производственным персоналом.

- Работоспособность оборудования в значительной мере зависит от ухода за ним. При тщательном уходе можно увеличить срок до очередного

ремонта. Перед началом работы рабочий обязан осмотреть машину, проверить ее рабочее состояние, осмотреть места смазки, наличие смазки в них.

- При обнаружении каких-либо повреждений или неисправностей рабочий, не приступая к работе, обязан доложить о них мастеру.

- В процессе работы необходимо следить за исправностью рабочих органов машины. За поломку, вызванную неправильной эксплуатацией, несут ответственность как рабочий, так и мастер. Рабочий не имеет права оставлять работающую машину без присмотра. При мелких поломках, не вызывающих простоя, следует немедленно заменить сломавшуюся часть запасной; при поломках, вызывающих простой машины, рабочий обязан известить об этом мастера.

Теплообменные аппараты и установки должны эксплуатироваться в строгом соответствии с Правилами технической эксплуатации теплоиспользующих установок и тепловых сетей.

На каждый вид оборудования администрация предприятия составляет Правила по технической эксплуатации и технике безопасности, один экземпляр которых вывешивается рядом с оборудованием.

Неправильная эксплуатация оборудования может вызвать поломки и аварии. Незначительное повреждение деталей машин, не нарушившее производственный процесс в цехе, называется *поломкой*. *Авария* – это выход из строя машины, сопровождающийся нарушением производственного процесса или повреждением ответственных механизмов, отдельных деталей. Обстановку аварии или поломки необходимо сохранить до прихода комиссии по расследованию.

За поломку или аварию оборудования несут персональную ответственность работники, непосредственно обслуживающие оборудование, при неправильной его эксплуатации; работники, производящие ремонт оборудования – за каждую поломку или аварию, происшедшие из-за низкого качества ремонта; инженерно-технические работники предприятия – за поломки и аварии, происшедшие из-за несвоевременного проведения ремонта и некачественной приемки оборудования после ремонта; главные инженеры, главные механики, начальники цехов, механики цехов – за поломки и аварии в работе оборудования; происшедшие по их вине, по вине подчиненного им персонала, а также в результате неудовлетворительной организации эксплуатации, проведения ремонта и невыполнения противоаварийных мероприятий.

1.2.1. Безопасная эксплуатация машин химических производств

Безопасная эксплуатация машин химических и смежных производств (измельчители, смесители, центрифуги, центробежные сепараторы, фильтры и др.) подразумевает выполнение ряда общих требований, осу-

ществование которых гарантирует их безопасную работу. К таким основным требованиям относятся следующие:

- для предохранения доступа к движущимся и передаточным механизмам в процессе работы (клиноременные передачи, муфты и т.д.) они должны иметь ограждения;
- при обработке вредных материалов необходимо обеспечивать эффективное уплотнение валов, разъемных соединений (крышки, штуцеры) и других элементов конструкций, в которых может иметь место утечка материалов в окружающую среду;
- пусковые устройства необходимо располагать, исходя из удобства осмотра оператором всех рабочих места и проходов возле работающей машины;
- машину следует немедленно остановить, если появляется недопустимо большая вибрация, изменяется характер шума во время работы (резкие звуки, стуки), а подшипники нагреваются выше нормы;
- для защиты обслуживающего персонала от статического электричества и предотвращения возможного возгорания пыли машину следует заземлять.

Рассмотрим общие условия безопасной работы для некоторых машин химических и смежных производств.

Безопасная работа *измельчающих машин* обеспечивается следующими мероприятиями:

- механизированной равномерной загрузкой и выгрузкой обрабатываемых материалов;
- предотвращением выброса материала из машины;
- установкой устройств, которые предупреждают поломку деталей и обеспечивают быструю остановку машины в случае поломки;
- мерами, предотвращающими или уменьшающими пыление.

Для предотвращения выделения пыли измельчители необходимо закрывать и обеспечивать аспирационными отсосами, которые должны блокироваться с пусковыми устройствами. При этом аспирационные отсосы должны поддерживать внутри машины небольшое разрежение.

Для предотвращения загорания и взрыва пыли при измельчении горючих материалов, а также многих органических веществ, должна быть исключена возможность воспламенения, прежде всего, от статического электричества (например, заземлением), необходимо обеспечивать высокую концентрацию пыли, при которой она не способна воспламениться, иногда процесс измельчения можно проводить в среде инертного газа.

Металлические предметы, которые могут попасть в загрузочные устройства *щёковых* и *конусных* дробилок, улавливают с помощью магнитных ловушек, устанавливаемых на пути транспортирования перерабатываемого материала.

В процессе эксплуатации *дезинтеграторов, молотковых дробилок и мельниц* возможен выброс центробежной силой износившихся частей пальцев или бил. С целью снижения опасности разрушения машин их корпус необходимо изготавливать очень прочным.

Основными вредными факторами при эксплуатации *вибрационных мельниц* являются вибрация и шум. Снижение шума и вибраций обеспечиваются применением опорных элементов, гасящих вибрацию, которая передаётся на опорные конструкции. Рабочие места обслуживающего персонала следует устанавливать на вибрационных прокладках из пористой резины. Кроме того рабочие должны иметь специальную противовибрационную одежду – ботинки и рукавицы, в которых в качестве изолирующего материала используют мягкую крупнопористую резину.

Ослабление креплений пружин-амортизаторов приводит к увеличению уровня шума, поэтому в процессе профилактических осмотров мельниц кроме ревизии технического состояния узлов и деталей необходимо тщательно осматривать узлы крепления пружин, футеровки, люков и т.п.

В процессе работы корпус мельницы сильно нагревается, поэтому его необходимо защищать ограждениями, которые исключают возможный контакт обслуживающего персонала с нагретыми частями мельниц.

Большинство *смесителей* имеют движущие части, поэтому к ним предъявляются требования, как и к другим машинам химических производств.

Для удаления пылевоздушной смеси от разгрузочных и загрузочных устройств и последующего отделения частиц пыли от воздуха в смесителях периодического действия необходимо предусматривать установку аспирационных систем.

Безопасная эксплуатация смесителей для смешивания полимерных материалов предполагает эффективный контроль исправности системы охлаждения корпуса и ротора смесителя. Это вызвано тем, что превышение температуры сверх установленной нормы может вызвать нарушение технологического процесса. Кроме того, может произойти нарушение герметичности машины вследствие возникновения дополнительных напряжений в узлах и деталях, как следствие, уменьшение зазоров в подшипниках, заклинивание роторов и в итоге поломка смесителя. При эксплуатации смесителей для смешивания высоковязких материалов особое внимание следует уделять защите двигателей от перегрузки.

В процессе работы смесителей, а также при выгрузке готового продукта может образовываться взрывоопасная смесь. Вследствие этого предъявляются жесткие требования по соблюдению установленных режимов вентиляции. Кроме того, следует применять инертные газы, когда имеет место выделение горючих газов в процессе приготовления смеси.

Центрифуги относятся к быстроходным машинам, вследствие этого предъявляются повышенные требования к вращению барабана. В случае нарушения балансировки барабана при появлении визуально заметной вибрации центрифугу следует немедленно остановить.

Для безопасной работы центрифуг необходимо обеспечивать соответствие обрабатываемого материала условиям эксплуатации, а также непрерывную и равномерную загрузку барабана. Перед включением центрифуги необходимо исключить наличие посторонних предметов внутри барабана. В процессе работы следует постоянно осуществлять контроль количества масла в подшипниках привода, состояния шаровых опор в подвесках колонок и станины, надежность крепления всех узлов, состояния ограждения гидромuffты, шкива и ремней.

После каждого ремонта барабана следует производить его статическую и динамическую балансировку.

1.2.2. Безопасная эксплуатация теплообменных аппаратов

С целью безопасной эксплуатации теплообменников необходимо:

- постоянно контролировать давление и температуру в теплообменниках, чтобы не допустить их увеличение сверх установленных норм;
- систематически наблюдать за исправностью конденсатоотводчиков, предохранительных клапанов и воздушных кранов, служащих для отвода из парового пространства аппарата воздуха или других неконденсирующихся газов;
- контролировать состояние тепловой изоляции корпуса теплообменников, чтобы исключить возможность ожога персонала при случайном контакте с обнаженными поверхностями аппарата.

В аппаратах, работающих под вакуумом, следует контролировать величину разряжения, а в кожухотрубных теплообменниках обеспечивать качественную компенсацию температурных напряжений.

Безопасная эксплуатация теплообменников предполагает систематическую очистку поверхности их рабочих элементов от загрязнений. Очистку загрязнений осуществляют механическим, химическим, гидравлическим или термическим способами.

В теплообменниках запрещено применять теплоносители, которые в процессе химического взаимодействия с технологической средой могут образовывать взрывоопасные вещества.

Организовывать теплообмен и выбирать теплоносители и их параметры следует с учетом физико-химических свойств технологической среды, чтобы исключить возможность перегрева и разложения продукта.

1.2.3. Безопасная эксплуатация массообменных колонных аппаратов

В процессе эксплуатации корпус колонных аппаратов подвергается механическому и коррозионному износу, поэтому его надежность постепенно снижается. Для предотвращения выхода аппарата из строя следует осуществлять постоянный надзор и уход за ним как в процессе работы, так и в процессе ремонта. Только строгое соблюдение правил эксплуатации позволяет обеспечить высокую работоспособность аппарата и исключить аварии. Использование аппарата возможно только строго в соответствии с его назначением и только для сред и технологических параметров, на которые рассчитан конструкционный материал аппарата. Аппараты необходимо снабжать предусмотренными проектами предохранительными и защитными устройствами.

Особые требования безопасности следует соблюдать в процессе эксплуатации аппаратов, работающих под давлением. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением, утвержденные Ростехнадзором, предусматривают, в частности, наличие в аппаратах приборов для измерения давления и температуры среды, предохранительных устройств и запорной арматуры. Если для аппарата характерна изменяющаяся температура стенок, то его следует снабжать приборами по длине корпуса и реперами (контрольными планками) для контроля тепловых перемещений.

Дополнительные меры безопасности необходимо разрабатывать для массообменных аппаратов при обработке веществ, склонных к окислению с образованием полимерных и других высоковязких материалов, которые могут вызвать закупоривание трубопроводов, вследствие чего давление может превысить заданное. При этом в качестве основных мер безопасности применяются эффективные ингибиторы процессов полимеризации и поликонденсации, также реализуют процессы при низких оптимальных температурах и давлениях, под вакуумом и т.д.

По условиям безопасной эксплуатации запрещается: ремонтировать аппараты в процессе их работы; использовать неисправную арматуру, контрольно-измерительные приборы и предохранительные устройства; выполнять инструкции по режиму работы и обслуживания. В соответствии с действующими на предприятиях инструкциями при возникновении аварийных ситуаций аппарат необходимо немедленно остановить.

Очень тщательно необходимо контролировать корпуса аппаратов, коррозия которых не просто приводит к нарушению их прочности, но опасна еще и тем, что продукты коррозии могут загрязнить содержащийся в аппарате продукт, закупорить трубопроводы малого сечения, теплообменники и другие аппараты, связанные единой технологической схемой. В связи с этим следует предотвращать коррозию аппаратов любой силы и характера.

Для снижения опасности образования взрывных смесей, массообменные аппараты следует размещать на открытых площадках. Монтаж оборудования на открытых площадках позволяет снизить действие тепловыделений на рабочих, уменьшить опасность их отравления токсичными газовыделениями, позволяет обходиться без дорогостоящей вентиляции.

1.2.4. Безопасная эксплуатация сушилок

Сушилки непрерывного действия в местах выгрузки и загрузки сыпучих материалов для исключения пыления должны быть герметизированы и иметь вытяжную вентиляцию. Сушку вредных веществ следует проводить в вакуумных сушилках, поскольку в них проще обеспечить улавливание пыли, вредных паров и высушивать материал при низких температурах.

Взрывоопасные материалы следует сушить в потоке инертного газа, циркулирующего по замкнутому контуру. При этом влагу и органические вещества извлекают из газа в герметичном скруббере, который после скруббера нагревают в калорифере и затем возвращают в сушилку. Для предотвращения взрыва иногда взрывоопасные материалы смешивают с негорючим инертным наполнителем и высушивают полученную смесь. Процесс сушки в кипящем слое может сопровождаться образованием застойных зон, в которых происходит комкование материала. Последнее вызывает перегрев, а иногда разложение и воспламенение материала. Для исключения образования комков в сушилках монтируют рыхлители, подвижные решетки, а также реализуют пульсирующую подачу газа.

Движение и трение частиц материала в процессе сушки может вызывать электризацию и образование зарядов статического электричества. Наиболее интенсивно электризация протекает в аппаратах с кипящим слоем при сушке органических веществ, особенно пластмасс. Для исключения образования зарядов статического электричества рекомендуется применять специальные устройства для его снятия.

Сушка пожароопасных материалов предполагает применение в сушилках устройств автоматического водяного и парового пожаротушения. Например, при сушке каучука используют трубопроводы водяного пожаротушения. Их располагают над верхними ветвями конвейеров с смонтированными спринклерными головками, которые автоматически срабатывают при температуре 182 °С. Трубопроводы парового пожаротушения монтируют под верхними ветвями конвейеров.

1.3. Декларирование промышленной безопасности производственных объектов

Федеральным законом № 116-ФЗ от 21.07.1997 года «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» определены ви-

ды деятельности в области промышленной безопасности. Различают следующие виды деятельности: эксплуатация, изготовление, монтаж, наладка, обслуживание и ремонт технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте. Обязательным условием при принятии решения для выдачи лицензии на эксплуатацию является наличие декларации промышленной безопасности опасного производственного объекта.

В приложениях к закону № 116-ФЗ указаны признаки опасных производственных объектов и предельные количества опасных веществ, наличие которых на производственном объекте является основанием для лицензирования и обязательной разработки декларации промышленной безопасности. К опасным производственным объектам относятся объекты, на которых:

1) получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются следующие опасные вещества:

а) воспламеняющиеся вещества – газы, которые при нормальном давлении и в смеси с воздухом становятся воспламеняющимися и температура кипения которых при нормальном давлении составляет 20 °С или ниже;

б) окисляющие вещества – вещества, поддерживающие горение, вызывающие воспламенение и (или) способствующие воспламенению других веществ в результате окислительно-восстановительной экотермической реакции:

в) горючие вещества – жидкости, газы, пыли, способные самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самопроизвольно гореть после его удаления;

г) взрывоопасные вещества – вещества, которые при определенных видах внешнего воздействия способны на очень быстрое самораспространяющееся химическое превращение с выделением тепла и образованием газов;

д) токсичные вещества – вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить их к гибели и имеющие следующие характеристики:

– средняя смертельная доза при введении в желудок от 15 мг на 1 кг до 200 мг на 1 кг включительно;

– средняя смертельная доза при нанесении на кожу от 50 мг на 1 кг до 400 мг на 1 кг включительно;

– средняя смертельная концентрация в воздухе от 0,5 мг на литр до 2 мг на литр включительно;

е) высокотоксичные вещества – вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить их к гибели и имеющие следующие характеристики:

- средняя смертельная доза при введении в желудок не более 15 мг на килограмм;
- средняя смертельная доза при нанесении на кожу не более 50 мг на 1 кг;
- средняя смертельная концентрация в воздухе не более 0,5 мг на литр;
- ж) вещества, представляющие опасность для окружающей среды, – вещества, характеризующиеся в водной среде следующими показателями острой токсичности:
 - средняя смертельная доза при ингаляционном воздействии на рыбу в течение 96 часов не более 10 мг на литр;
 - средняя концентрация яда, вызывающая определенный эффект при воздействии на дафнии в течение 48 часов, не более 10 мг на литр;
 - средняя ингибирующая концентрация при воздействии на водоросли в течение 72 часов не более 10 мг на литр;
- 2) используется оборудование, работающее под давлением более 0,07 МПа или при температуре нагрева воды более 115 °С;
- 3) используются грузоподъемные механизмы, эскалаторы, канатные дороги, фуникулеры;
- 4) получают расплавы черных и цветных металлов и сплавы на основе этих расплавов;
- 5) ведутся горные работы, работы по обогащению полезных ископаемых, а также работы в подземных условиях.

Как отмечалось выше, в приложении к закону № 116-ФЗ приведен список опасных веществ и их предельные количества, которые являются основанием для обязательной разработки декларации промышленной безопасности. При этом указывается, что в случае если расстояние между опасными производственными объектами при проектировании окажется менее 500 метров, тогда необходимо учитывать суммарное количество опасного вещества.

Опасные производственные объекты должны регистрироваться в государственном реестре опасных производственных объектов и декларироваться в соответствии с Положением о порядке оформления декларации промышленной безопасности и Правилами экспертизы декларации промышленной безопасности.

Содержание и порядок разработки декларации промышленной безопасности (нормативного документа) определяется Федеральным законом № 116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Разработка декларации промышленной безопасности предполагает:

- всестороннюю оценку риска аварии и связанной с ней угрозы;
- анализ достаточности принятых мер по предупреждению аварий, по обеспечению готовности организации к эксплуатации опасного произ-

водственного объекта в соответствии с требованиями промышленной безопасности, а также к локализации и ликвидации последствий аварии на опасном производственном объекте;

– разработку мероприятий, направленных на снижение масштаба последствий аварии и размера ущерба, нанесенного в случае аварии на опасном производственном объекте.

Перечень сведений, содержащихся в декларации промышленной безопасности, и порядок ее оформления определяются федеральным органом исполнительной власти, специально уполномоченным в области промышленной безопасности.

В настоящее время органом, контролирующим работу предприятий по составлению деклараций промышленной безопасности, является Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор).

Декларация промышленной безопасности утверждается руководителем организации, эксплуатирующей опасный производственный объект. Он несет ответственность за полноту и достоверность сведений, содержащихся в декларации промышленной безопасности, в соответствии с действующим законодательством. Декларация промышленной безопасности проходит экспертизу в установленном порядке.

Положение о порядке оформления декларации безопасности и перечне сведений, содержащихся в ней, утверждено Постановлением Ростехнадзора России. Наиболее значимыми с позиции промышленной безопасности в декларации являются следующие структурные элементы:

- раздел 1 «Общие сведения»;
- раздел 2 «Результаты анализа безопасности»;
- раздел 3 «Обеспечение требований промышленной безопасности»;
- раздел 4 «Выводы»;
- раздел 5 «Ситуационный план».

Раздел 1 должен содержать следующие сведения:

- 1) реквизиты организации;
- 2) обоснование декларации;
- 3) сведения о месторасположении объекта;
- 4) сведения о персонале;
- 5) страховые сведения (для деклараций, действующих объектов).

В разделе 2 приводятся сведения об опасных веществах, обращающихся на декларируемом объекте, сведения о технологии и основные результаты анализа риска. Последние включают результаты анализа условий возникновения и развития аварий, результаты оценки риска аварий. Результаты анализа условий возникновения и развития аварий должны включать перечень факторов и основных возможных причин, способст-

вующих возникновению и развитию аварий, краткое описание сценариев наиболее крупных и наиболее вероятных аварий. Результаты оценки риска аварий должны включать:

- 1) список применяемых моделей и методов расчета;
- 2) данные о количестве опасных веществ, участвующих в аварии;
- 3) данные о размерах вероятных зон действия поражающих факторов;
- 4) данные о возможном числе пострадавших;
- 5) данные о возможном ущербе;
- 6) данные о вероятности причинения вреда персоналу, населению и ущербу имуществу и окружающей среде.

В разделе 3 отражаются сведения по обеспечению требований промышленной безопасности к эксплуатации декларируемого объекта и к действиям по локализации и ликвидации последствий аварий.

В разделе 4 должны содержаться:

- 1) обобщенная оценка условий безопасности с указанием наиболее опасных составляющих декларируемого объекта и наиболее значимых факторов, влияющих на показатели риска;
- 2) перечень планируемых мер, направленных на уменьшение риска аварий.

Раздел 5 должен включать графическое отображение максимальных зон возможного поражения для наиболее опасного по своим последствиям и для наиболее вероятного (типичного) сценария аварии на декларируемом объекте.

В Положении о порядке оформления декларации содержатся также «Дополнительные требования по оформлению декларации промышленной безопасности опасного производственного объекта, аварии на котором создают угрозу возникновения чрезвычайной ситуации техногенного характера».

1.4. Требования к аппаратурному оформлению технологических процессов и размещению оборудования

Выбор оборудования осуществляется в соответствии с исходными данными на проектирование, требованиями действующих нормативных документов и «Общих правил взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» ПБ 09-540-03. Исходя из категории взрывоопасности технологических блоков, входящих в технологическую систему, осуществляется выбор оборудования по показателям надежности.

Для технологического оборудования и трубопроводной арматуры устанавливается допустимый срок службы с учетом конкретных условий эксплуатации. Данные о сроке службы должны приводиться изготовите-

лем в паспортах оборудования и трубопроводной арматуры. Для трубопроводов проектной организацией устанавливается расчетный срок эксплуатации, что должно быть отражено в проектной документации и внесено в паспорт трубопроводов.

Продление срока безопасной эксплуатации технологического оборудования, трубопроводной арматуры и трубопроводов, выработавших установленный срок службы, осуществляется в порядке, установленном Ростехнадзором.

Для оборудования, где невозможно исключить образование взрывоопасных сред и возникновение источников энергии, величина которой превышает минимальную энергию зажигания обращающихся в процессе веществ, предусматриваются методы и средства по взрывозащите и локализации пламени, а в обоснованных случаях – повышение механической прочности в расчете на полное давление взрыва.

Эффективность и надежность средств взрывозащиты, локализации пламени и других противоаварийных устройств должны подтверждаться испытанием промышленных образцов оборудования на взрывозащищенность.

Не допускается применять для изготовления оборудования и трубопроводов материалы, которые при взаимодействии с рабочей средой могут образовывать нестабильные соединения – инициаторы взрыва перерабатываемых продуктов.

Качество изготовления технологического оборудования и трубопроводов должно соответствовать требованиям нормативных документов и технической документации на них.

Устройство аппаратов, работающих под избыточным давлением, должно соответствовать требованиям нормативных документов для сосудов, работающих под давлением, и Правил ПБ 09-540-03.

Монтаж технологического оборудования и трубопроводов производится в соответствии с проектом, требованиями строительных норм и правил, стандартов и других нормативных документов.

Оборудование и трубопроводы, материалы и комплектующие изделия не могут быть допущены к монтажу при отсутствии документов, подтверждающих качество их изготовления и соответствие требованиям нормативно-технических документов.

В паспортах оборудования, трубопроводной арматуры, средств защиты и приборной техники должны указываться показатели надежности, предусмотренные государственными стандартами.

На установках с технологическими блоками I категории взрывоопасности сварные соединения трубопроводов I категории, транспортирую-

щих взрывопожароопасные и токсичные продукты, подлежат 100%-ному контролю неразрушающими методами.

Выбор методов неразрушающего контроля и объем контроля других категорий трубопроводов должны определяться проектной документацией и быть достаточными для обеспечения их безопасной эксплуатации.

Технологические системы должны быть герметичными. В обоснованных случаях допускается применение оборудования, в котором по паспортным данным возможны регламентированные утечки горючих веществ (с указанием допустимых величин этих утечек в рабочем режиме). В проектной документации должен быть определен порядок их сбора и отвода.

Для герметизации подвижных соединений технологического оборудования, работающих в контакте с легковоспламеняющимися жидкостями (ЛВЖ) и сжиженными газами (СГ), применяются преимущественно уплотнения торцевого типа.

При необходимости устройства наружной теплоизоляции технологических аппаратов и трубопроводов предусматриваются меры защиты от попадания в нее горючих продуктов.

Температура наружных поверхностей оборудования и (или) кожухов теплоизоляционных покрытий не должна превышать температуры самовоспламенения наиболее взрывопожароопасного продукта, а в местах, доступных для обслуживающего персонала, быть не более 45 °С внутри помещений и 60 °С на наружных установках.

Конструкция теплообменных элементов технологического оборудования должна исключать возможность взаимного проникновения теплоносителя и технологической среды. Требования к устройству, изготовлению и надежности, порядок испытаний, контроля за состоянием и эксплуатацией теплообменных элементов определяются соответствующими нормативными документами.

Для аппаратуры с газофазными процессами и газопроводов, в которых по условиям проведения технологического процесса возможна конденсация паров, при необходимости следует предусматривать устройства для сбора и удаления жидкой фазы.

Для проведения периодических, установленных регламентом работ по очистке технологического оборудования, как правило, предусматриваются средства гидравлической, механической или химической чистки, исключающие пребывание людей внутри оборудования.

Аппараты с взрывопожароопасными продуктами оборудуются устройствами для подключения линий воды, пара, инертного газа. Аппараты могут быть оснащены устройствами для проветривания.

Для взрывопожароопасных технологических систем, оборудование и трубопроводы которых в процессе эксплуатации по роду работы подвер-

гаются вибрации, предусматриваются меры и средства по исключению ее воздействия на уплотнительные элементы и снижению воздействия на смежные элементы технологической системы и строительные конструкции.

Допустимые уровни вибрации для отдельных видов оборудования и его элементов (узлов и деталей), методы и средства контроля этих величин и способы снижения их значений должны соответствовать требованиям государственных стандартов, нормативных документов и отражаться в технической документации на оборудование.

Размещение технологического оборудования, трубопроводной арматуры и т.д. в производственных зданиях и на открытых площадках должно обеспечивать удобство и безопасность их эксплуатации, возможность проведения ремонтных работ и принятия оперативных мер по предотвращению аварийных ситуаций или локализации аварий.

Размещение технологического оборудования и трубопроводов в помещениях, на наружных установках, а также трубопроводов на эстакадах должно осуществляться с учетом возможности проведения визуального контроля за их состоянием, выполнения работ по обслуживанию, ремонту и замене.

Запрещается размещение технологического оборудования взрывопожароопасных производств над и под вспомогательными помещениями; под эстакадами технологических трубопроводов с горючими, едкими и взрывоопасными продуктами; над площадками открытых насосных и компрессорных установок, кроме случаев применения герметичных бессальниковых насосов или когда осуществляются специальные меры безопасности, исключающие попадание взрывопожароопасных веществ на оборудование, установленное ниже.

2. МАШИНЫ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

2.1. Процессы измельчения, классификация измельчителей

Процесс измельчения широко используется в различных технологических процессах химической и ряда смежных отраслей промышленности. Под измельчением понимается процесс уменьшения размеров кусков твердого материала механическим воздействием. В результате измельчения увеличивается поверхность фазового контакта взаимодействующих масс, что приводит к интенсификации различных технологических процессов (растворение, химическое воздействие и др.). Основной характеристикой процесса измельчения является степень измельчения – отношение средних диаметров кусков материала до и после измельчения (соответственно, d_n и d_k):

$$i = d_n / d_k .$$

Степень измельчения отражает технологию и определяет параметры машин.

В зависимости от размеров кусков получаемого продукта измельчение делят на дробление и помол. При этом различают дробление – крупное, среднее и мелкое, а помол – грубый, средний, тонкий и сверхтонкий.

Измельчение твердых материалов на практике осуществляют, как правило, по стадиям с последовательным переходом от крупного дробления к более мелкому и к помолу. При этом измельчение сопровождается постадийным разделением материала по классам.

Подвергаемые измельчению материалы могут быть твердыми, мягкими, хрупкими, вязкими, липкими и т.д. Разнообразные требования к продуктам измельчения предопределяет большое количество различных машин для измельчения материала: раздавливанием, истиранием, ударом, изломом и раскалыванием (рис. 2.1). При этом основным оборудованием являются дробилки и мельницы.

В дробилках материал разрушается сжатием и ударом. Преобладание того или иного способа силового воздействия на материал зависит, в первую очередь, от конструкции машины. Так, в щековых, конусных и валковых дробилках материал измельчается сжатием, а в роторных и молотковых – ударом.

Помол твердых материалов в мельницах осуществляется ударом и истиранием.

Как правило, каждый вид измельчителей имеет несколько конструктивных разновидностей. Из большого числа измельчителей в настоящем пособии рассмотрены конструкции машин для дробления материалов сжатием и для помола материалов.

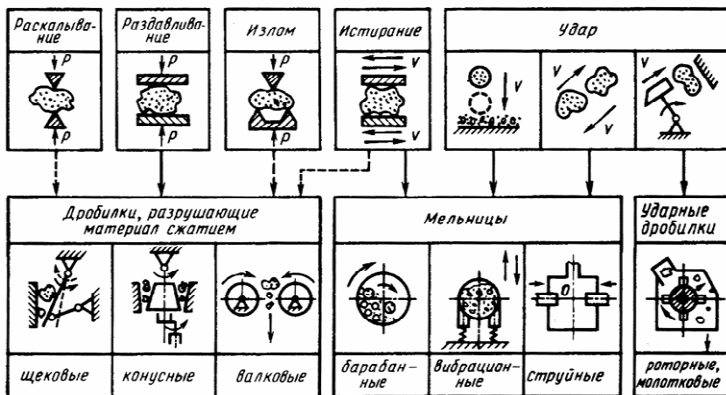


Рис.2.1. Способы механического разрушения материалов:
 ---- – преобладающие; - - - - - – отсутствующие

2.2. Дробилки, разрушающие материал сжатием

К машинам, разрушающим материалы сжатием, относятся щековые, конусные и валковые дробилки, среди которых широкое применение в различных отраслях промышленности для крупного и среднего дробления материалов нашли щековые дробилки, способные разрушать материалы практически всех разновидностей. Промышленные щековые дробилки обеспечивают степень измельчения $i = 3...5$. По принципиальным кинематическим схемам их различают с простым и сложным движением щеки (рис. 2.2).

В дробилке с простым движением щеки 1 (рис. 2.2, а) последняя подвешена на оси 2 и совершает качательные движения по дуге окружности под действием вращающегося эксцентрикового вала 3, через шатун 4 и распорные плиты 5. Куски измельчаемого материала подаются в камеру дробления, образованную неподвижной и подвижной щеками и боковыми стенками дробилки. Подвижная щека периодически приближается к неподвижной и удаляется от нее. При сближении щек материал дробится, а при удалении – куски материала под действием силы тяжести опускаются вниз и выпадают из камеры, если их размеры меньше ширины выходной щели. Затем цикл повторяется.

В дробилке со сложным движением щеки 1 (рис. 2.2, б) последняя верхним концом подвешена непосредственно на эксцентриковом валу 3, а нижним шарнирно опирается на распорную плиту 5. При вращении эксцентрикового вала щека совершает сложное движение; любая точка щеки

движется по замкнутым траекториям, по форме близким к эллипсам. Вследствие сложного движения щеки материал измельчается как раздавливанием, так и истиранием.

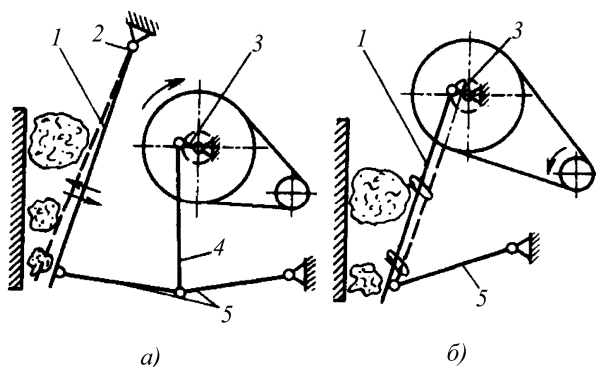


Рис. 2.2. Принципиальные схемы щековых дробилок

Работа щековых дробилок характеризуется циклическим характером. При этом наблюдаются максимальные нагрузки при сближении щек (рабочий ход) и холостой ход при их расхождении. Вследствие этого на двигатель действует неравномерная нагрузка. Для выравнивания нагрузки на приводном валу устанавливают массивные маховики б.

2.3. Барабанные шаровые мельницы

Во многих отраслях промышленности осуществляется измельчение материалов в порошок до частиц размером менее десятых долей миллиметра. Это объясняется тем, что тонкость помола важна для интенсификации различных технологических процессов. Однако следует отметить, что с увеличением тонкости помола резко возрастает энергоёмкость процесса измельчения.

Для помола различных химических продуктов в крупнотоннажных производствах широко используют барабанные мельницы, в которых помол материала происходит внутри футерованного барабана находящимися в нем мелющими телами – шарами или стержнями. При вращении барабана мелющие тела центробежной силой прижимаются к его стенке, поднимаются на некоторую высоту и затем падают или скатываются вниз. При падении мелющих тел подлежащий измельчению материал разрушается под воздействием удара, а при их скатывании – раздавливанием и истиранием.

По режиму работы различают барабанные мельницы периодического и непрерывного действия. По способу помола их делят на машины сухого и мокрого помола. По виду мелющих тел мельницы бывают шаровые и стержневые. Используют также машины, работающие по принципу самоизмельчения. В этих мельницах мелющие тела отсутствуют, а их функцию выполняют куски измельчаемого материала. Наибольшее применение в химической промышленности нашли барабанные шаровые мельницы.

По способу разгрузки различают мельницы с центральной разгрузкой через полу цапфу барабана и с периферийной разгрузкой через решетку в корпусе барабана. По количеству рабочих камер различают мельницы однокамерные и многокамерные (трубные). В последних барабан по длине делится на несколько камер внутренними перегородками.

Барабанные мельницы просты по конструкции и удобны в эксплуатации. В качестве недостатков следует отметить невысокие скорости движения загрузки, в измельчении участвует только часть мелющих тел, рабочий объем барабана используется на 35...40%.

В различных отраслях промышленности, как правило, применяют мельницы непрерывного действия. Для интенсификации процесса помола рекомендуется выгружать из мельницы несколько укрупненный продукт, затем осуществлять его классификацию и крупную нетоварную фракцию возвращать в мельницу на домол, т.е. работать в замкнутом цикле. Такая схема работы увеличивает эффективность помола, так как из мельницы непрерывно выводятся мелкие фракции, которые гасят контактные взаимодействия частиц между собой и мелющими телами.

На рисунке 2.3 изображена многокамерная барабанная шаровая мельница непрерывного действия, которая состоит из полого сварного барабана 2, закрытого с обеих сторон крышками с полыми цапфами 1. Внутренняя полость барабана делится составными диафрагменными перегородками 6 с щелевидными отверстиями на три камеры 3, заполненные мелющими телами (стальными шарами) 5.

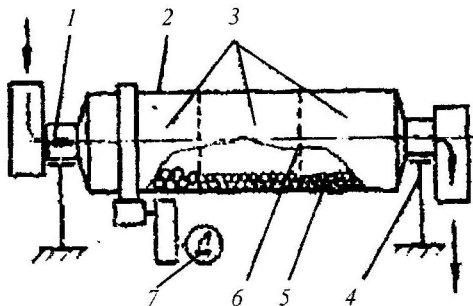


Рис. 2.3. Схема многокамерной барабанной шаровой мельницы

В первую камеру по ходу движения материала загружают более крупные шары, чем в последующие. Тем самым повышается эффективность помола, благодаря обеспечению соответствия размеров мелющих тел и кусков измельчаемого материала.

Барабан цапфами опирается на подшипники 4 и имеет периферийный привод 7 (электродвигатель, редуктор и зубчатую пару). Внутренняя поверхность барабана и крышек футерована плитами, защищающими их от износа.

В барабанных мельницах непрерывного действия измельчаемый материал загружается и выгружается из барабана через полые цапфы. Материал в барабане движется или вследствие разности уровней его на входе и выходе, или с помощью газового потока, или под действием потока жидкости.

2.4. Особенности эксплуатации машин для измельчения

Современные машины для измельчения по своим санитарно-гигиеническим показателям полностью не удовлетворяют установленным требованиям и нормам обеспечения комфортных условий работы обслуживающего персонала. Поэтому следует уделять особое внимание выбору способа установки и эксплуатации дробилок и мельниц.

Безопасная работа машин для измельчения обеспечивается следующими мероприятиями: механизированная равномерная загрузка и выгрузка материалов; предотвращение выброса материала из машины; установка устройств, предупреждающих поломку деталей и обеспечивающих быстрый останов машины в случае поломки; меры по предотвращению или уменьшению пылеобразования; снижение шума и вибрации во время работы.

Основными источниками вредных воздействий при эксплуатации машин для измельчения являются пыление, вибрация и шум. Для исключения попадания пыли в окружающее пространство необходимо тщательно герметизировать все каналы движения материала и газов и перед каждой сменой проверять состояние уплотняющих устройств. Во время работы установок необходимо следить за показаниями приборов, контролирующих работу аспирационных устройств и запыленность воздуха. Производственные помещения должны быть оборудованы системами вентиляции и обеспыливания, исключающими выброс пыли в окружающее пространство.

При работе дробилок на фундаменты передаются большие горизонтальные динамические нагрузки, которые наиболее опасны для строительных конструкций при расположении оборудования на высоких отметках. В связи с этим фундаменты дробилок изготавливают, как правило, из монолитного железобетона. Кроме массивных фундаментов для уменьшения вибрации в дробилках и мельницах применяют демпфирующие устройст-

ва (пружины, эластичные прокладки и т.д.). Для снижения уровня шума применяют амортизирующие прокладки между футеровкой и корпусом мельницы.

При осмотрах особое внимание следует обращать на состояние узлов крепления пружин, люков и т.п. Корпуса мельниц сильно нагреваются, и они должны быть защищены соответствующими ограждениями во избежание ожогов персонала.

В связи с высокой энергоемкостью машин для измельчения в системе управления электродвигателями предусматривается надежная тепловая защита, которая предохраняет выход из строя двигателя при попадании в рабочую камеру недробимого материала или других нарушений работы машины.

ТЕСТ

1. Процесс измельчения – это процесс ...
 - 1) истирания кусков твердого материала
 - 2) помола твердого материала
 - 3) дробления твердого материала
 - 4) уменьшения кусков твердого материала механическим воздействием
2. Назовите основную характеристику процесса измельчения:
 - 1) степень измельчения
 - 2) средний размер кусков материала до измельчения
 - 3) средний размер кусков материала после измельчения
 - 4) гранулометрический состав продукта
3. Что показывает степень измельчения?
 - 1) крупность частиц исходного продукта
 - 2) крупность частиц готового продукта
 - 3) соотношение средних диаметров частиц материала «до» и «после» измельчения
 - 4) соотношение средних диаметров частиц материала «после» и «до» измельчения
4. От чего зависит число стадий измельчения?
 - 1) от производительности измельчителя
 - 2) от требуемой степени измельчения
 - 3) от крупности частиц измельчаемого материала
 - 4) от мощности, которая затрачивается на измельчение

5. Способность перерабатываемого материала изнашивать рабочие органы машины называется...

- 1) прочностью
- 2) хрупкостью
- 3) абразивностью
- 4) измельчением

6. Какие нагрузки **НЕ** применяются в машинах для измельчения?

- 1) изгибающие
- 2) ударные
- 3) кручения
- 4) раздавливающие

7. Дробление твердых материалов может быть:

- 1) сухое
- 2) мокрое
- 3) сухое и мокрое
- 4) все ответы не верны

8. С какой целью измельчают твердые материалы?

- 1) увеличение удельной поверхности частиц материала
- 2) удобство расфасовки продукта
- 3) соответствие продукта требованиям стандартов
- 4) уменьшение потерь при транспортировке

9. С какой целью проводят предварительную классификацию материала, подаваемого на измельчение?

- 1) отделить слишком крупные куски сырья
- 2) выявить и удалить недробимые предметы
- 3) отделить частицы, размеры которых соответствуют продукту
- 4) использовать для измельчения разных фракций разные машины

10. Основное преимущество мокрого дробления заключается в ...

- 1) высокой производительности дробилок
- 2) низких энергозатратах
- 3) уменьшении потерь готового продукта
- 4) исключении пылеобразования

11. У какой из перечисленных дробилок отсутствует угол захвата?

- 1) щековая
- 2) конусная
- 3) валковая
- 4) молотковая

12. Какими способами измельчается материал в щековой дробилке со сложным движением щеки?

- 1) ударом и раздавливанием
- 2) раздавливанием и истиранием
- 3) ударом и раскалыванием
- 4) раскалыванием и истиранием

13. Почему одну из нажимных плит щековых дробилок специально ослабляют?

- 1) для удобства монтажа и разборки машины
- 2) для предотвращения поломок основных узлов дробилки при попадании недробимых тел
- 3) для повышения прочности
- 4) для уменьшения износа

14. Основным недостатком щековых дробилок является ...

- 1) неполная уравновешенность движущихся масс
- 2) быстрый износ броневых плит
- 3) периодичность воздействия подвижной плиты на материал
- 4) высокая энергоемкость

15. Какие дробилки используются для крупного дробления?

- 1) щековые
- 2) валковые с гладкими валками
- 3) конусные с двумя конусными участками
- 4) молотковые

16. Как предотвращают попадание металлических предметов в загрузочные устройства щековых и конусных дробилок?

- 1) измельчаемый материал предварительно классифицируют
- 2) используют блокирующие устройства
- 3) используют магнитные ловушки
- 4) используют демпфирующие устройства

17. Маховик в щековой дробилке служит для ...

- 1) уменьшения вибрации дробилки
- 2) обеспечения качания подвижной щеки
- 3) выравнивания нагрузки на электродвигатель
- 4) уменьшения энергозатрат на измельчение

18. С какой целью внутри измельчителя создают небольшое разряжение?

- 1) для повышения степени измельчения
- 2) для облегчения загрузки исходного материала

- 3) для уменьшения пыления
- 4) для уменьшения энергозатрат на измельчение

19. Для защиты двигателя при попадании в рабочую камеру измельчителя недробимого материала применяют ...

- 1) тепловую защиту
- 2) броневые плиты
- 3) блокировку
- 4) ограждение

20. Для исключения ожогов персонала о стенки корпуса барабанной мельницы применяют...

- 1) броневые плиты
- 2) ограждение
- 3) блокировку
- 4) тепловую защиту

21. Перечислите основные факторы, оказывающие вредное воздействие на персонал при работе измельчителей:

- 1) пыль
- 2) шум
- 3) вибрация
- 4) все ответы верны

22. С какой целью нижнюю конусную часть чаши и конус футеруют плитами из марганцовистой стали?

- 1) для защиты от износа
- 2) для повышения производительности дробилки
- 3) для регулирования степени измельчения
- 4) для повышения металлоёмкости

23. Какой способ измельчения преобладает при работе щековой дробилки с простым движением щеки?

- 1) раскалывание
- 2) истирание
- 3) раздавливание
- 4) разламывание

24. Какие индивидуальные средства применяют для защиты от пыли?

- 1) респираторы
- 2) тканевая маска
- 3) фильтрующие противогазы
- 4) все ответы верны

25. Какие индивидуальные средства применяют для защиты от шума?

- 1) противошумные шлемофоны
- 2) наушники
- 3) вкладыши
- 4) все ответы верны

26. В барабанной шаровой мельнице материал измельчается за счет

- 1) удара
- 2) удара и раздавливания
- 3) удара, раздавливания и истирания
- 4) раздавливания и истирания

27. Что является рабочим органом барабанных шаровых мельниц?

- 1) футерованный барабан
- 2) мелющие тела
- 3) барабан и мелющие тела
- 4) привод барабана

28. В качестве мелющих тел в барабанных мельницах, работающих по принципу самоизмельчения, используются ...

- 1) шары
- 2) мелющие тела отсутствуют
- 3) стержни
- 4) цилиндры

29. Назовите устройства, применяемые для уменьшения вибрации в дробилках и мельницах.

- 1) тормозные устройства
- 2) амортизирующие устройства
- 3) блокирующие устройства
- 4) демпфирующие устройства

30. Назовите устройства для снижения уровня шума в мельницах.

- 1) амортизирующие прокладки
- 2) блокирующие устройства
- 3) амортизирующие прокладки между футеровкой и корпусом мельницы
- 4) демпфирующие устройства

3. МАШИНЫ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

3.1. Основные понятия

Большинство материалов в процессе их переработки необходимо разделять по крупности на различные классы. Процесс разделения сыпучих материалов по крупности кусков называется *классификацией*. Различают три вида классификации: механическую, пневматическую (воздушную) и гидравлическую. При механическом способе разделения (грохочении) материал по крупности разделяется с помощью машин, называемых грохотами, которые снабжены разделительными просеивающими элементами – ситами или решетками. Пневматическая классификация заключается в разделении материала за счет различных скоростей движения крупных и мелких частиц в воздушном потоке. Гидравлическая классификация по своей сущности аналогична пневматической, но реализуется в жидкостном потоке. В перечисленных видах классификации разделение смесей происходит в поле гравитационных, гравитационно-инерционных и гравитационно-центробежных сил. Первые два вида силовых полей, как правило, используются для грохочения и гидравлической классификации, а третий вид – для воздушной классификации.

В химической промышленности наибольшее распространение получили грохочение и воздушная классификация.

Для пояснения сущности грохочения рассмотрим схему классификации материала при помощи неподвижного сита (рис. 3.1). В процессе разделения исходный материал подается на верхнюю часть сита и под действием силы тяжести перемещается по его наклонной поверхности. При этом мелкие частицы просеиваются сквозь отверстия сита и образуют подрешетный (нижний) класс 1. В свою очередь крупные частицы, размер которых больше размера отверстий сита, скатываются по его поверхности и образуют надрешетный (верхний) класс 2. С помощью одного сита исходная смесь делится на два класса. При последовательном сортировании на ситах получается классов на один больше общего числа сит.

Анализ механизма процесса грохочения показывает, что разделение возможно лишь при относительном движении материала по просеивающему элементу. Причем материал при движении по ситу должен перемещиваться, чтобы крупные частицы не преграждали путь к отверстиям сита мелким частицам.

Воздушная классификация заключается в разделении материала по крупности частиц в потоке воздуха. В воздушных классификаторах целесообразно сортировать мелкодисперсные сухие материалы с размером частиц менее одного миллиметра.

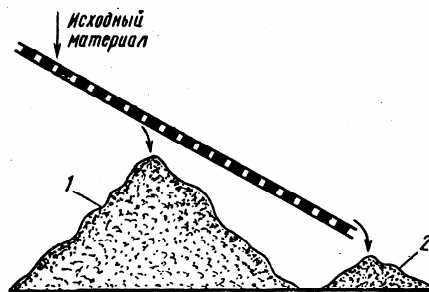


Рис. 3.1. Схема классификации материала

Принцип работы воздушных классификаторов (сепараторов) основан на том, что в них при определенных условиях более крупные частицы выпадают из потока под действием сил тяжести или центробежных сил, а мелкие – выносятся в осадительные устройства. Путем изменения скорости потока можно регулировать размер выносимых частиц. Воздушные сепараторы широко применяются в помольных устройствах производства фосфоритной муки, извести, пигментов. В промышленности применяют, в основном, сепараторы воздушно-проходные, в которых вихревое движение создается воздушным потоком, и циркуляционные, имеющие вращающиеся лопасти.

3.2. Конструкции грохотов

В настоящее время в химической промышленности применяют, в основном, грохоты трех типов: барабанные, плоские качающиеся и вибрационные. Наиболее распространены в промышленности вибрационные грохоты, так как имеют высокие эксплуатационные качества. Эти грохоты делят на инерционные и эксцентриковые (гирационные).

Инерционный грохот (рис. 3.2, а) состоит из сита 1, установленного на пружинах 2, и вращающегося вала 3 с дебалансами 4. Центробежные силы инерции, возникающие при вращении дебалансов, вызывают близкие к круговым колебания корпуса. Амплитуда колебаний зависит от центробежной силы вибратора, жесткости амортизаторов и нагрузки на грохот. Траектория движения сита определяется величиной, направлением и частотой колебаний вынуждающей силы, а также массой движущихся частей и жесткостью упругих элементов.

*Эксцентрик*овый грохот (рис. 3.2, б) состоит из аналогичных конструктивных элементов. Отличительной его особенностью является наличие эксцентрикового вала 3, установленного в коренных подшипниках, прикрепленных к раме. На валу установлены дебалансы 4, служащие для разгрузки коренных подшипников от центробежной силы инерции. В эксцентриковом грохоте корпус с расположенными в нем ситами совершает круговые колебания в вертикальной плоскости. При этом сита остаются практически параллельными самим себе в течение всего оборота вала.

Эксцентриковые грохоты целесообразно применять для сортировки крупнокусковых материалов. В качестве недостатка эксцентриковых грохотов следует отметить относительную сложность их конструкции.

Вибрационные инерционные грохоты изготавливают в двух вариантах: для установки на фундаменте и для подвески на перекрытии.

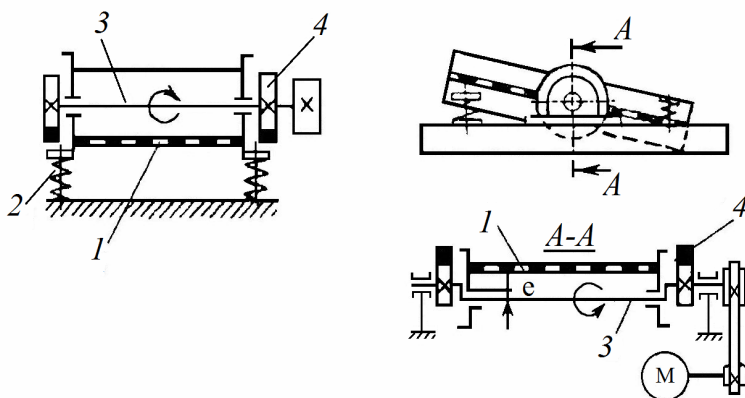


Рис. 3.2. Схемы грохотов

Просеивающие элементы грохотов выполняют в виде проволочных или стержневых сит, штампованных из листов решет и колосников. Форма отверстий просеивающих поверхностей может быть прямоугольной, квадратной, круглой и др. Просеивающие поверхности должны обеспечивать постоянство размеров отверстий, иметь наибольшее отношение площади отверстий ко всей площади сита и быть коррозионно- и износостойкими. Для обеспечения стабильного режима работы грохота сетка должна быть равномерно натянута по всей площади.

3.3. Конструкции воздушных сепараторов

В химической промышленности, в основном, применяют проходные и циркуляционные сепараторы.

Проходной сепаратор (рис. 3.3) представляет собой статический аппарат, в котором разделение материала происходит только за счет энергии сжатого воздуха.

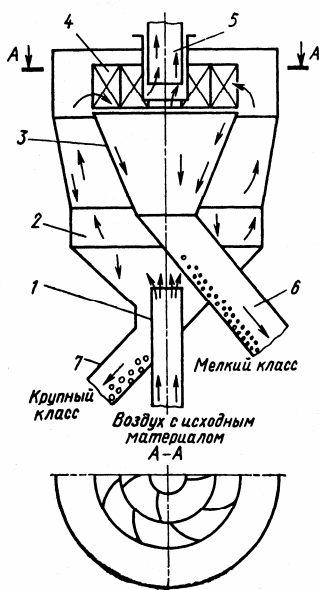


Рис. 3.3. Схема проходного сепаратора

Исходный материал подается вместе со сжатым воздухом по патрубку 1 в корпус сепаратора 2. Из-за расширения канала, по которому движется поток, его скорость уменьшается и крупные частицы выпадают из смеси под действием силы тяжести. Воздушный поток проходит по направляющим лопастям 4 во внутренний корпус 3, закручивается, и из него под действием центробежной силы выпадают мелкие частицы. Крупные частицы отводятся из сепаратора по патрубку 7, мелкие – по трубе 6, отработанный воздух – по трубе 5. В конструкции сепаратора предусмотрена возможность регулирования границы разделения сыпучего материала по размеру частиц путем дросселирования входящего потока или изменением угла поворота лопастей 4.

3.4. Безопасная эксплуатация оборудования для классификации материалов

Работа механических классификаторов сопровождается значительным шумом, вибрацией и пылевыделением. Борьба с этими вредными воздействиями предполагает применение виброизолирующих прокладок, аспирационных устройств, шумопоглощающих укрытий машин, а также индивидуальных средств защиты персонала: респираторы, шумофоны, изолированные кабины.

Грохоты должны иметь специальные укрытия короба из листовой стали с аспирационным отсосом. Внутренние стенки коробов облицовывают звукопоглощающим материалом, а снаружи покрывают противозащумной мастикой. Для исключения запыленности все каналы движения материалов должны быть герметичны.

Запыленный воздух из аспирационных систем перед выбросом в атмосферу должен очищаться в циклонах и фильтрах.

Для защиты от вредных воздействий, персоналу целесообразно находиться в специальных кабинах, оснащенных пультом управления, кондиционером, системами освещения и отопления.

Эксплуатация аппаратов для воздушной классификации предусматривает обязательную защиту от статического электричества.

ТЕСТ

1. По какому признаку механические классификаторы разделяют полидисперсный твердый сыпучий материал на фракции?

- 1) по плотности частиц
- 2) по размерам частиц
- 3) по форме частиц
- 4) по шероховатости частиц

2. При каком размере частиц полидисперсный твердый сыпучий материал рекомендуют разделять воздушной классификацией?

- 1) менее 1 мм
- 2) менее 3 мм
- 3) менее 7...8 мм
- 4) менее 15 мм

3. Почему просеивающие элементы грохотов наклонны и подвижны?

- 1) чтобы крупные частицы не задерживали мелкие
- 2) для увеличения производительности
- 3) для уменьшения затрат энергии на грохочение
- 4) для уменьшения нагрузки на сита

4. Что значит: эффективность грохочения равна 80%?
- 1) 80% материала не прошло сквозь сито
 - 2) 80% материала прошло сквозь сито
 - 3) 20% массы нижнего класса осталось в верхнем
 - 4) 20% массы верхнего класса оказалось в нижнем
5. В каком порядке, как правило, располагают отверстия листовых сит?
- 1) в произвольном
 - 2) в коридорном
 - 3) в радиальном
 - 4) в шахматном
6. Назовите основные требования к проволочным ситам:
- 1) точность размеров отверстий и их неизменность при грохочении
 - 2) достаточная механическая прочность, надежность и долговечность
 - 3) максимальная световая поверхность
 - 4) все ответы верны
7. В чём заключается основное преимущество вибрационного грохота перед другими?
- 1) высокая производительность
 - 2) высокая эффективность грохочения
 - 3) малая металлоемкость
 - 4) небольшая удельная энергоемкость
8. За счет чего в сепараторах из твердого полидисперсного сыпучего материала выделяется крупная фракция?
- 1) расширение канала подачи воздуха с частицами материала
 - 2) сужение канала подачи воздуха с частицами материала
 - 3) закручивание потока воздуха с частицами материала
 - 4) изменение производительности воздуходувки
9. За счёт чего в сепараторах из твердого полидисперсного сыпучего материала выделяется мелкая фракция?
- 1) расширение канала подачи воздуха с частицами материала
 - 2) сужение канала подачи воздуха с частицами материала
 - 3) закручивание потока воздуха с частицами материала
 - 4) изменение производительности воздуходувки
10. Перечислите основные факторы, оказывающие вредное воздействие на персонал при работе классификаторов:
- 1) пыль
 - 2) шум

- 3) вибрация
- 4) все ответы верны

11. В чём заключается сущность воздушной классификации?

- 1) материал делится на классы за счет различных скоростей воздушного потока
- 2) материал делится на классы за счет различных скоростей движения рабочего органа классификатора
- 3) материал делится на классы за счет различных скоростей движения крупных и мелких частиц в воздушном потоке
- 4) материал делится на классы за счет различных скоростей движения крупных и мелких частиц

12. Назовите основные недостатки грохотов, влияющие на эффективность разделения материала:

- 1) шум и вибрация
- 2) шум и пыление
- 3) износ и забивание сит
- 4) малая световая поверхность сит

13. Какие просеивающие элементы имеют наибольшую световую площадь?

- 1) колосники
- 2) проволочные сетки
- 3) листовые сита
- 4) решётки

14. Какие грохоты имеют наибольшее применение в промышленности?

- 1) барабанные
- 2) плоские качающиеся
- 3) вибрационные
- 4) нет верного ответа

15. Какие индивидуальные средства применяют для защиты от пыли?

- 1) респираторы
- 2) тканевая маска
- 3) фильтрующие противогазы
- 4) все ответы верны

16. Какие индивидуальные средства применяют для защиты от шума?

- 1) противозумные шлемофоны
- 2) наушники

- 3) вкладыши
- 4) все ответы верны

17. Что является основным рабочим элементом вибрационного грохота?

- 1) вибратор
- 2) вращающийся вал
- 3) сито
- 4) корпус

18. Какие материалы целесообразно разделять с помощью колосниковых решеток?

- 1) крупнокусковые
- 2) мелкозернистые
- 3) порошкообразные
- 4) любые

19. Что побуждает сыпучий материал делиться на классы в вибрационном грохоте?

- 1) движение сит
- 2) колебания сит
- 3) вращение сит
- 4) движение корпуса

20. Фракция сыпучего материала □ это ...

- 1) весь сыпучий материал
- 2) часть сыпучего материала, загружаемого в классификатор
- 3) часть сыпучего материала, выделенная по размеру частиц
- 4) часть сыпучего материала, выгружаемого из классификатора

21. Куда следует направлять запыленный воздух из аспирационных систем перед выбросом в атмосферу?

- 1) в здание цеха
- 2) на дальнейшую переработку
- 3) на очистку в циклон и рукавный фильтр
- 4) в атмосферу

22. Какую защиту необходимо предусматривать при эксплуатации воздушных классификаторов?

- 1) от перегрузки
- 2) от зарядов статического электричества
- 3) от повышенной влажности
- 4) от переизмельчения

4. МАШИНЫ ДЛЯ СМЕШИВАНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

4.1. Основы процесса смешивания и классификация оборудования

В современных производствах, использующих многокомпонентные смеси, предъявляются повышенные требования к процессу смешивания, поскольку качество готового продукта во многом зависит от однородности смесей.

Машины и аппараты, предназначенные для осуществления процесса смешивания материалов, называются *смесителями*. *Смешивание* – это механический процесс образования однородных систем из сыпучих, жидких (вязкотекучих) компонентов. Механизм процесса смешивания зависит от многих факторов и, в первую очередь, от свойств материалов, режимов работы и конструкции смесителей.

Процесс смешивания состоит из трех элементарных процессов: перемещения групп смежных частиц из одного положения в другое (конвективное смешивание); перераспределения частиц через обновляемую поверхность раздела (диффузионное смешивание) и сегрегации – разделение компонентов и сосредоточение частиц в отдельных местах смесителя под действием сил тяжести и инерции.

Качество смеси характеризуется степенью приближения ее к материалу с некоторым идеальным порядком распределения компонентов. Так, если смесь готовится из трех компонентов, массы которых относятся как некоторые числа A , B , C , то в любом микрообъеме смеси после идеального смешения массы компонентов должны иметь заданные соотношения. Однако в реальных условиях такое идеальное смешивание не может быть достигнуто, так как всегда имеет место наложение элементов процесса смешивания и сегрегации. В связи с этим каждый микрообъем смеси характеризуется случайным соотношением компонентов и существующие методы количественного описания процесса смешивания основаны на статистическом анализе.

Для упрощения расчетов все смеси условно считают двухкомпонентными, состоящими из основного компонента и условного, включающего все остальные компоненты смесей. При использовании данного метода однородность смеси оценивается параметрами распределения одной случайной величины – содержанием основного компонента в пробах смеси. В качестве основного компонента выбирают компонент, который либо легко анализировать, либо распределение его в смеси особенно важно по техническим требованиям.

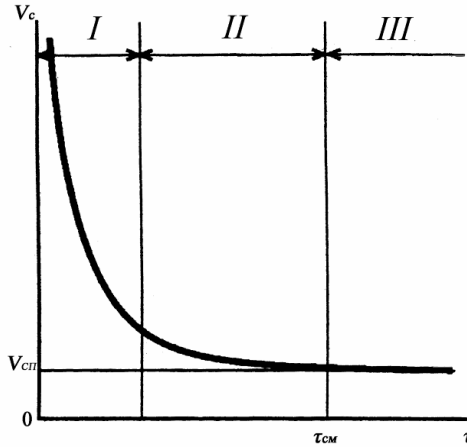


Рис. 4.1. График зависимости качества смеси

Характерная кривая процесса смешивания сыпучих материалов в смесителях периодического действия показана на рис. 4.1. В начальный период (участок I) преобладает конвективное смешивание, при котором неравномерность распределения компонентов резко снижается. На участке II качество смеси повышается, в основном, за счет диффузионного смешивания. Затем через определенное время (участок III) наступает динамическое равновесие между элементами процесса смешивания и сегрегацией и дальнейшее ведение процесса становится нецелесообразным.

Наибольшее, распространение для оценки качества смеси получил коэффициент вариации V_c , %:

$$V_c = \frac{100}{c} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (c_i - \bar{c})^2},$$

где \bar{c} — среднее арифметическое значений концентрации основного компонента во всех n пробах смеси, %; c_i — концентрация основного компонента в i -й пробе смеси, %.

Критерий вариации часто называют коэффициентом неоднородности, так как с его увеличением неоднородность смеси возрастает. Его рассчитывают на основании отбора и последующего анализа проб на содержание в них основного компонента. Необходимую массу пробы смеси сыпучих материалов принимают в зависимости от метода анализа проб на

содержание в них основного компонента. Рекомендуют отбирать пробы массой 1...10 г.

Смешивание сыпучих, жидких, вязкопластических материалов, составляющих смесь в различных сочетаниях, осуществляется механическим, пневматическим и комбинированным способами. Наиболее распространенным является механический способ приготовления смесей в смесителях.

Смесители классифицируют по следующим признакам:

- физическое состояние рабочей среды (смесители для сыпучих материалов, паст и т.д.);
- режим работы (смесители периодического и непрерывного действия),
- природа силового воздействия на частицы (смесители гравитационные, центробежные, пневматические и т.д.);
- механизм перемешивания частиц (смесители циркуляционные, объемного смешивания, диффузионного смешивания);
- конструкция (смесители барабанные, ленточные, лопастные и т.д);
- способ управления (смесители с ручным управлением, автоматическим или программным управлением).

4.2. Конструкции смесителей периодического действия

В химических производствах для приготовления однородных по составу композиций из твердых сыпучих или пастообразных материалов применяют, в основном, смесители периодического действия. Это объясняется тем, что в них можно обеспечить точное соотношение между компонентами смеси, так как их загружают в смеситель по массе. Кроме того, при большом числе компонентов их дозирование в смеситель непрерывного действия весьма затруднено.

По механизму переноса вещества смесители периодического действия делят на циркуляционные, объемного смешивания и диффузионного смешивания. Наиболее распространенными смесителями порошкообразных и мелкозернистых сыпучих материалов являются циркуляционные смесители. Отличительной особенностью этих смесителей является циркуляция основного потока смешиваемого материала по замкнутому контуру под действием перемешивающего органа. Причем зона действия перемешивающего органа составляет незначительную долю общего рабочего объема смесителя.

К циркуляционным смесителям относятся планетарно-шнековый и центробежный лопастной.

Смеситель с планетарно-шнековой мешалкой (рис. 4.2) состоит из конического корпуса 1, крышки 4, имеющей ряд технологических штуцеров (для загрузки компонентов смеси, подачи инертного газа, установки взрывной мембраны и т.п.), привода шнека 3, привода водила 2, шнека 7, запорного механизма 8, коробки 9, коробок передач 5 и 6. Шнек 7 вращается вокруг собственной оси от мотор-редуктора 3 через две пары конических шестерен, находящихся в коробках передач 5 а, б. Кроме того, шнек совершает планетарное вращение вокруг оси корпуса смесителя от мотор-редуктора 2 через червячный редуктор, пары конических шестерен и водило 10. Верхний конец вала шнека 7 имеет опору в коробке передач 6, а нижний – в шарнирной опоре, закрепленной в нижней части корпуса смесителя. Приводы шнека и водила смонтированы на крышке 4 корпуса смесителя.

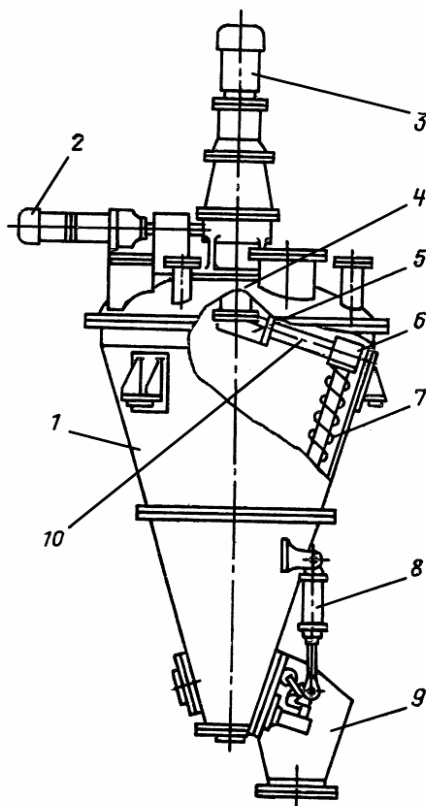


Рис. 4.2. Смеситель с планетарно-шнековой мешалкой

На коническом корпусе 1 имеется люк для осмотра шарнирной опоры и коробка 9 для выпуска готовой смеси. Отверстие в корпусе для выгрузки готовой смеси в коробку 9 закрыто клапаном, имеющим шарнирную опору. Открытие и закрытие клапана осуществляется с помощью механизма 8, состоящего из пневмо- или гидроцилиндра и рычажной передачи.

В процессе эксплуатации особое внимание следует уделять шарнирной опоре вала шнека, которая работает в неблагоприятных условиях, так как размещена в сыпучем материале. Конструкция опоры должна обеспечить работу без смазочного материала и предотвратить истирание шейки вала шнека частицами сыпучего материала.

Планетарно-шнековый смеситель работает следующим образом. Исходные компоненты загружают через штуцер в крышке 4. При планетарном вращении шнека смешиваемый материал поднимается витками шнека 7 около стенок корпуса 1. Затем материал движется к оси корпуса, где образуются нисходящий поток материала. В узкой части корпуса материал снова захватывается витками шнека и перемещается вверх вдоль стенок корпуса. Материал движется вверх только в момент прохождения шнека через отдельные объемы около стенки корпуса. После завершения процесса смешивания пневмоцилиндром открывается клапан, и сыпучий материал начинает вытекать через отверстие в коробку, а из нее – в приемное устройство для хранения готовой смеси. Выгрузку смеси осуществляют при вращающемся шнеке.

Смешивание связанных сыпучих, а также пастообразных материалов осуществляют в смесителях объемного смешивания, в которых смешиваемые компоненты перемещаются рабочими поверхностями мешалки по всему внутреннему объему смесителя отдельными блоками. Под действием мешалки блоки из частиц одного компонента распадаются на части и разносятся в разные места смесителя. В результате разрушения блоков и их перераспределения в объеме смесителя происходит смешивание компонентов. В смесителях объемного смешивания можно смешивать как хорошо сыпучие материалы, так и увлажненные смеси и пасты. Изготавливаются данные смесители с одним или двумя валами (в большинстве случаев), на которых крепят смесительные элементы различных конструкций. Наибольшее распространение получили червячно-лопастные смесители с Z-образными лопастями.

4.3. Конструкции смесителей непрерывного действия

Смесители непрерывного действия, вследствие сложности дозирования в них потоков сыпучих компонентов в строго заданных соотношениях, не получили широкого применения в промышленности. В то же

время они имеют ряд существенных преимуществ по сравнению со смесителями периодического действия: высокую производительность, возможность полной автоматизации процесса смешивания и установления в непрерывно действующих технологических линиях без промежуточных емкостей, небольшую энерго- и металлоемкость. В связи с этим актуальным остается поиск методов обеспечения надежной и стабильной работы смесителей непрерывного действия с получением смесей заданного качества.

По механизму переноса вещества смесители непрерывного действия делят на прямоточные, диффузионного и объемного смешивания.

Для смешивания абразивных сыпучих материалов и смешивания сыпучих материалов с одновременным прокаливанием, сушкой, пропиткой жидким компонентом, проведением химической реакции в твердой фазе применяются барабанные смесители непрерывного действия, относящиеся к смесителям диффузионного смешивания.

В барабанных смесителях смешивание исходных компонентов происходит за счет вращения цилиндрического корпуса, установленного с наклоном к горизонту (до 4°). Смеситель (рис. 4.3) состоит из корпуса 1, опирающегося бандажами 2 и 4 на ролики опорных станции 6 и 10; привода; наклонного желоба 12, служащего для подачи исходных компонентов; разгрузочной камеры 5; станины 11. Привод корпуса состоит из электродвигателя 7, редуктора 8, приводной шестерни 9 и венцового (зубчатого) колеса 3. Внутри корпуса на его разгрузочном конце варивают подпорное кольцо, обеспечивающее необходимое заполнение корпуса материалом. Благодаря высокой сглаживающей способности барабанного смесителя (компенсируется изменение расходов компонентов, поступающих в смеситель), исходные компоненты можно загружать непрерывно или порционно.

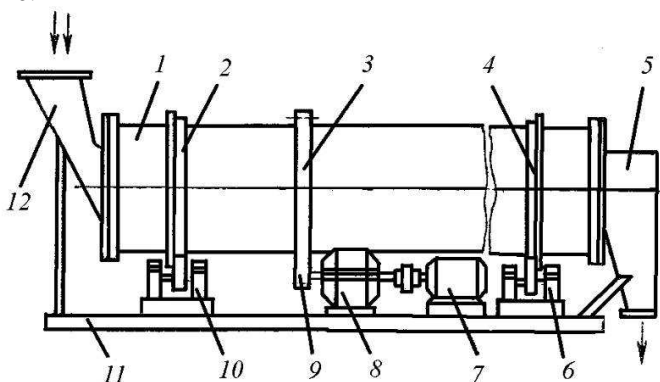


Рис. 4.3. Барабанный смеситель непрерывного действия

4.4. Особенности эксплуатации смесителей

Отличительной особенностью конструкций смесителей является наличие движущихся частей, требующих постоянного ухода и осмотра. Все движущиеся и передаточные механизмы (клиноременные передачи, муфты и т.п.) должны иметь ограждения, исключающие доступ к ним во время работы.

Смесители с вращающимися рабочими органами (лопасти, роторы и т.п.) должны иметь систему блокировки, которая позволяет запустить машину только при закрытой крышке. При смешивании сыпучих материалов в смесителях периодического действия необходимо предусматривать аспирационные системы для отсасывания пылевоздушной смеси от разгрузочных и загрузочных штуцеров.

Корпуса смесителей должны иметь надежную герметизацию. Особое внимание следует обращать на возможность образования взрывоопасной смеси как внутри смесителя, так и во время его открытия. При этом необходимо строго соблюдать установленные режимы вентиляции. Рабочий персонал при обслуживании подобных смесителей должен иметь индивидуальные средства защиты.

ТЕСТ

1. Что характеризует кривая процесса смешивания?
 - 1) изменение качества смеси во времени
 - 2) влияние сегрегации на качество смеси
 - 3) изменение сегрегации во времени
 - 4) влияние конструктивных параметров смесителя на качество смеси
2. Для чего применяется процесс смешивания сыпучих материалов?
 - 1) повышения стабильности зернистой среды
 - 2) приготовления однородной композиции из сыпучих материалов
 - 3) разделения компонентов смеси
 - 4) равномерного распределения материала по объему смесителя
3. Как оценивается степень равномерности смешивания сыпучих материалов?
 - 1) путем химического анализа пробы
 - 2) по соотношению компонентов в пробах, взятых из разных частей объема смеси
 - 3) по продолжительности смешения
 - 4) визуально

4. Как влияет сегрегация на процесс смешивания?
- 1) не влияет
 - 2) улучшает качество смеси
 - 3) ухудшает качество смеси
 - 4) уменьшает производительность смесителя
5. Процесс разделения смеси на отдельные компоненты называется ...
- 1) дозированием
 - 2) смешиванием
 - 3) сегрегацией
 - 4) перемешиванием
6. Почему смесители непрерывного действия не получили широкого распространения?
- 1) сложность конструкции и высокая стоимость
 - 2) сложность дозирования компонентов смеси
 - 3) большая энергоёмкость
 - 4) невысокая надёжность
7. Процесс смешивания – это процесс ...
- 1) образования однородных систем из сыпучих компонентов
 - 2) распределения компонентов по объёму смесителя
 - 3) равномерного распределения твёрдого вещества в жидкости
 - 4) разделения смеси на отдельные компоненты
8. Из скольких элементарных процессов состоит процесс смешивания сыпучих материалов?
- 1) двух
 - 2) четырех
 - 3) трех
 - 4) пяти
9. Основной компонент смеси – это компонент, ...
- 1) имеющий наибольшее содержание в смеси
 - 2) имеющий наименьшее содержание в смеси
 - 3) по содержанию которого в пробах оценивают качество смеси
 - 4) по содержанию которого в пробах оценивают интенсивность сегрегации
10. Качество смеси оценивают с помощью...
- 1) коэффициента сегрегации
 - 2) коэффициента вариации
 - 3) концентрации основного компонента
 - 4) концентрации условного компонента

11. Основное преимущество смесителей периодического действия:
- 1) простота конструкции
 - 2) низкая металлоемкость
 - 3) низкая энергоемкость
 - 4) легкость обеспечения заданного соотношения при загрузке компонентов
12. Процесс, обратный процессу смешивания, называется ...
- 1) агрегацией
 - 2) агломерированием
 - 3) коагулированием
 - 4) сегрегацией
- 13). Почему клиноременные передачи, муфты и т.п. должны иметь ограждения?
- 1) чтобы исключить ожог персонала
 - 2) чтобы исключить доступ к ним во время работы
 - 3) чтобы облегчить их монтаж
 - 4) чтобы обеспечить их безопасную эксплуатацию
14. Назовите методы отбора проб смеси из смесителей.
- 1) точечный и линейный
 - 2) квартования
 - 3) линейный и квартования
 - 4) точечный и квартования
15. Назовите основной фактор, оказывающий вредное воздействие на персонал при работе смесителей периодического действия.
- 1) пыль
 - 2) шум
 - 3) вибрация
 - 4) излучение
16. Смешивание относится к ... процессам.
- 1) тепловым
 - 2) массообменным
 - 3) механическим
 - 4) тепломассообменным
17. Что является основным результатом процесса сегрегации?
- 1) равномерное распределение компонентов в объеме смесителя
 - 2) разделение смеси на отдельные компоненты
 - 3) измельчение компонентов смеси
 - 4) перераспределение компонентов смеси

18. Аспирационные системы в смесителях периодического действия служат для ...

- 1) обеспечения устойчивой работы
- 2) герметизации корпуса
- 3) загрузки исходных компонентов
- 4) удаления пылевоздушной смеси от разгрузочных и загрузочных

штуцеров

19. Приводы, передачи, муфты смесителей должны иметь ...

- 1) блокировку
- 2) виброизоляцию
- 3) демпфирующее устройство
- 4) исправное ограждение

20. Назначение системы блокировки в смесителях с вращающимися рабочими органами?

- 1) позволяет включить смеситель только при закрытой крышке
- 2) позволяет включить смеситель только при открытой крышке
- 3) исключает включение смесителя
- 4) повышает качество процесса смешивания

5. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ЖИДКИХ НЕОДНОРОДНЫХ СИСТЕМ

5.1. Основные понятия

К жидким неоднородным системам относятся суспензии и эмульсии.

Суспензии – дисперсные системы, состоящие из частиц твердого вещества, распределенных в жидкой сплошной фазе. Во многих производствах суспензии являются промежуточным продуктом, из которого затем выделяют твердую фазу.

Эмульсия – дисперсная система, состоящая из двух (или более) не-растворимых одна в другой жидкостей. Одна из этих жидкостей является сплошной фазой, а другая (или другие), находящаяся в ней в виде капель, – дисперсной фазой.

Разделение суспензий и эмульсий осуществляют фильтрованием и центрифугированием. Фильтрование осуществляется с помощью фильтров. Центрифугирование реализуется в центрифугах, в которых отстаивание и фильтрация осуществляется в поле центробежных сил.

5.2. Назначение и классификация фильтров

Фильтры для жидкости предназначены для полного или частичного разделения суспензии на жидкую фазу в виде фильтрата и твердую фазу в виде осадка фильтрованием через пористую фильтрующую перегородку. Кроме того, фильтр производит промывку осадка (очистку осадка от остатков сплошной фазы), а также его отжим и просушку.

Движущей силой процесса фильтрования, под действием которой происходит разделение суспензии, является перепад давлений по обе стороны фильтрующей перегородки. Перепад давлений может возникать за счет вакуума, гидростатического давления столба жидкости или избыточного давления, создаваемого гидравлическими насосами.

Для выполнения своего функционального назначения фильтрующие перегородки должны отвечать следующим требованиям: обладать сквозными порами, через которые легко проходит фильтрат и которые задерживают твердые частицы осадка; быть устойчивыми к химическим и механическим воздействиям разделяемой суспензии; обладать достаточной механической прочностью.

В качестве фильтрующих перегородок применяют, как правило, гибкие перегородки (металлические сетки или ткань), изготовленные из волокон капрона, лавсана, полиэтилена, полипропилена, хлорина, нитрона и другие, а также перегородки из бумажной ленты одноразового использования. В исключительных случаях фильтрующие перегородки изготавливают из хлопка, шелка, шерсти.

Современные фильтры классифицируются по различным признакам.

По режиму работы различают фильтры периодического и непрерывного действия. В зависимости от способа создания перепада давлений фильтры делят на вакуум-фильтры и фильтры, работающие под давлением. По форме фильтрующей поверхности фильтры бывают с плоскими и криволинейными фильтрующими перегородками. Внутри каждой из этих групп фильтров имеется большое разнообразие конструкций.

5.3. Типовые конструкции фильтров

Большое распространение в промышленности имеет фильтр-пресс автоматический камерный с механизмом зажима (ФПАКМ). Фильтр предназначен для разделения под давлением тонкодисперсных суспензий, концентрацией $10...500 \text{ кг/м}^3$, образующих осадки с большим гидравлическим сопротивлением.

Фильтрующая плита (рис. 5.1) состоит из корпуса 2 и рамки 5 с зажатой между ними болтовым соединением резиновой диафрагмой 4. В корпусе находится пластмассовое дренажное основание 3. Полость корпуса боковым патрубком соединена с втулкой 1 блока слива, а полость рамки - с втулкой 6 блока подачи суспензии.

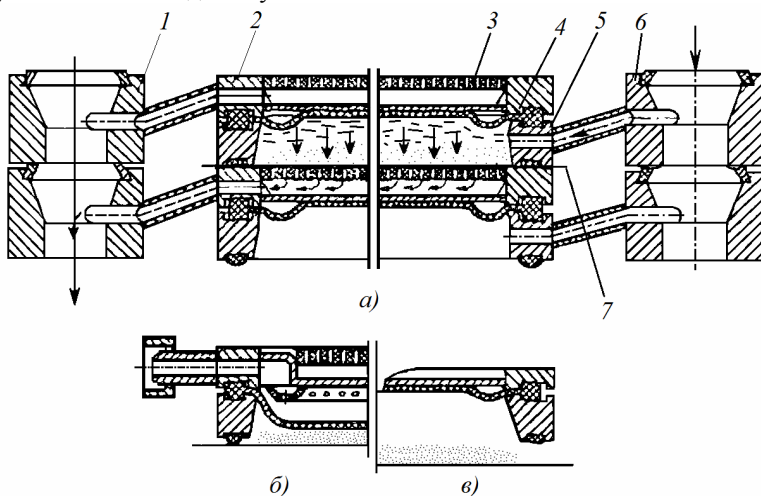


Рис. 5.1. Схема работы ФПАКМ

Цикл работы фильтра состоит из шести операций. Суспензия под давлением подается в рамку (рис. 5.1, а) при сжатых плитах. При этом жидкая фаза суспензии проходит через фильтрующую ткань 7 и дренаж-

ное основание в корпус следующей, расположенной ниже, плиты и далее поступает на слив. Дисперсная фаза образует на ткани осадок, который отжимается с помощью диафрагмы. Для этого из коллектора на нее подается под давлением вода (рис. 5.1, б). После этого осадок промывается (рис. 5.1, а), повторно отжимается (рис. 5.1, в), и просушивается сжатым воздухом. Затем фильтрующие плиты размыкаются, включается механизм передвижения ткани и осадок выходит на выгрузку (рис. 5.1, в).

Фильтр-пресс автоматический камерный (рис. 5.2) состоит из набора горизонтальных фильтрующих плит 2, закрепленных на раме с возможностью вертикального перемещения. Рама состоит из нижней опорной 6 и верхней упорной 1 плит, соединенных четырьмя вертикальными плоскими стяжками 5, которые служат одновременно направляющими для фильтровальных плит.

Поднятие и опускание плит осуществляется с помощью электромеханического зажима 4 и нажимной плиты 3. В поднятом состоянии плиты 2 прижаты одна к другой и зажаты между нажимной 3 и упорной 1 плитами. При опускании плит между ними образуется зазор 45 мм. Время закрытия или раскрытия фильтр-пресса 50...70 с. Фильтровальная ткань 9 в виде непрерывной замкнутой ленты натянута на ряд направляющих роликов 10 и протянута между фильтровальными плитами.

В стадии фильтрования ткань зажата между сомкнутыми плитами и на ней образуется осадок. При выгрузке осадка плиты раздвигаются, ткань освобождается и приводится в движение приводным валиком 8. Огибая направляющие ролики 10, ткань освобождается ножами 11 от осадка, который сыпается в бункеры или на конвейеры. В камере регенерации 7 для очистки фильтровальной ткани от остатков осадка установлены валки активатора, ножи очистки и оросительные трубы для промывки ткани.

Камера регенерации включается во время операции выгрузки осадка. В фильтрующие плиты суспензия, промывная жидкость и воздух подвоятся по соответствующим коллекторам.

К преимуществам фильтра относятся: полная автоматизация процесса, эффективная промывка осадка, развитая фильтрующая поверхность при сравнительно небольшой занимаемой площади.

Наиболее распространенной конструкцией фильтров непрерывного действия является барабанный вакуум-фильтр с наружной фильтрующей поверхностью. Данные фильтры целесообразно применять при концентрации суспензии не менее 5% и скорости осаждения частиц не более 0,012 м/с. Барабанные вакуум-фильтры достаточно эффективно промывают и обезвоживают осадок.

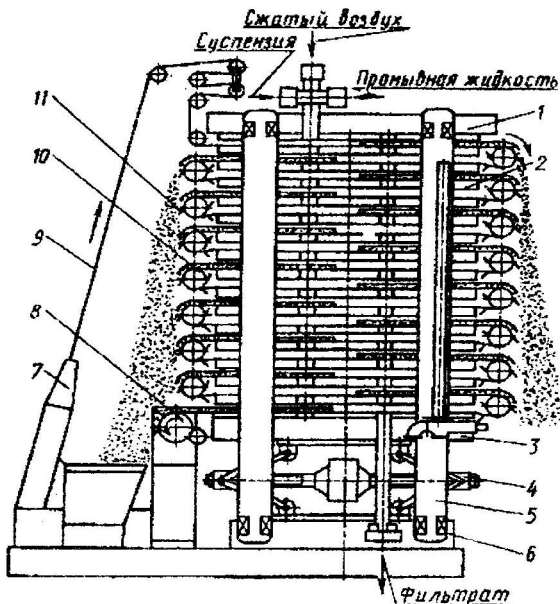


Рис. 5.2. Фильтр-пресс автоматический камерный

Принцип действия барабанного вакуум-фильтра заключается в следующем. Фильтрующая перегородка 1 располагается на наружной цилиндрической поверхности горизонтального вращающегося барабана 2, который частично погружен в суспензию (рис. 5.3). Пространство между фильтрующей перегородкой и корпусом барабана делится продольными ребрами 3 на изолированные секции (ячейки). Каждая ячейка имеет отводные трубки 5, которые соединяются неподвижной распределительной головкой 6 с линиями вакуума или сжатого воздуха.

За один оборот барабана каждая ячейка проходит все операции цикла. В зоне фильтрования (I) в полости ячейки создается вакуум, фильтрат проходит через фильтрующую перегородку и отводится через штуцер 11 распределительной головки. Одновременно с этим на поверхности ячейки образуется осадок. В зоне первого обезвоживания (II) осадок соприкасается с атмосферным воздухом, а ячейка продолжает сообщаться с вакуумом. При этом из осадка удаляется остаток фильтрата. Во время промывки и второго обезвоживания (III и IV) ячейка также вакуумируется, а воздушно-водяная смесь отводится через штуцер 4 головки. Для исключения образования в осадке трещин во время промывки и последующего обезвоживания на него накладывается бесконечная лента, которая пере-

мещается вместе с осадком, разравнивая его поверхность. В зоне съема осадка (V) через штуцер 7 под осадок подается сжатый воздух и разрыхляет его. После этого осадок легко снимается ножом 8. На стадии регенерации (VI) ткань продувается сжатым воздухом, поступающим в головку через штуцер 9. Для предотвращения отстаивания суспензии служит качающаяся мешалка 10.

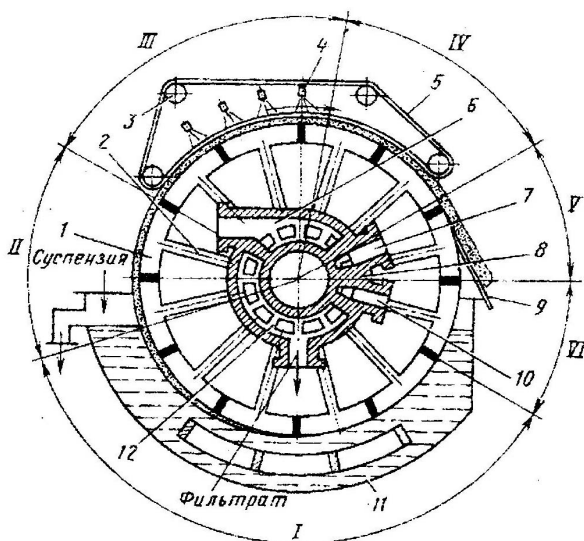


Рис. 5.3. Схема работы барабанного вакуум-фильтра

Основными элементами конструкции барабанного вакуум-фильтра являются полый барабан 1 (рис. 5.4) с перфорированной цилиндрической поверхностью, разделенный на ячейки 2, которые образованы внутренними прямоугольными перегородками и сообщаются с помощью соединительных трубок 3 с распределительной головкой 6. С помощью соединительных трубок барабан крепится к полый цапфе 4, которая жестко соединяется с полым валом 5. Барабан приводится во вращение через зубчатое колесо, закрепленное на валу. Нижняя часть барабана погружена в корыто с суспензией. Под барабаном в нижней части корыта помещена маятниковая мешалка 7 с приводом, закрепленная на шарнирах и совершающая качательное движение. Мешалка препятствует гравитационному осаждению суспензии и образованию осадка на дне корыта. Над барабаном расположено устройство для промывки осадка, состоящее из коллектора и ряда форсунок для разбрызгивания промывной жидкости.

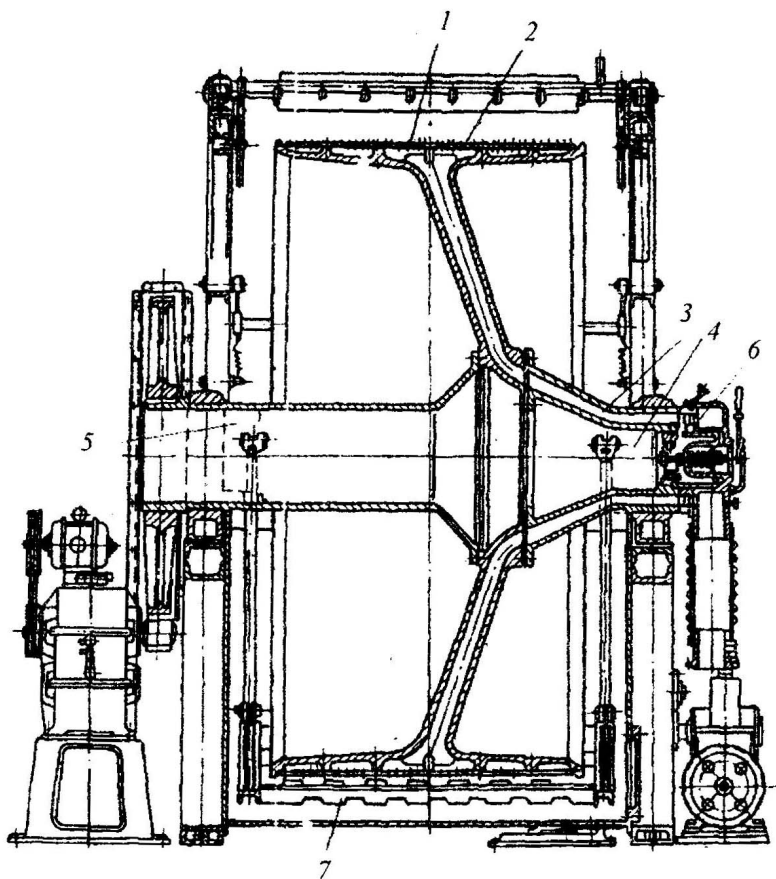


Рис. 5.4. Барабанный вакуум фильтр с наружной фильтрующей поверхностью

Перфорированный металлический барабан покрывается сверху фильтровальной тканью.

Распределительная головка служит для последовательного соединения каждой ячейки с источниками вакуума или сжатого воздуха.

5.4. Центрифуги

В современной промышленности обработка жидких неоднородных систем – суспензий и эмульсий – часто осуществляется в центрифугах, в которых эти смеси разделяются на составные элементы в поле центробежных сил. Методом центрифугирования достигается достаточно четкое и одновременно быстрое разделение суспензий и эмульсий в центробежном поле. В центрифугах разделяют самые разнообразные жидкие неоднородные системы: сырую нефть, смазочные и растительные масла, суспензию крахмала, дрожжевую суспензию и др.

В практике центрифугирования используют два основных способа разделения суспензий: центробежное фильтрование и центробежное осаждение. Применяемые для этой цели центрифуги имеют общие конструктивные признаки. Отличительной конструктивной особенностью осадительных центрифуг является наличие барабана со сплошной (неперфорированной) стенкой. Разделение суспензии или эмульсии в такой центрифуге происходит осаждением (или всплыванием) взвешенных в жидкости твердых частиц или капель другой жидкости под действием центробежных сил.

Фильтрующие центрифуги, используемые только для разделения суспензий, имеют барабаны с перфорированной стенкой. Поверхность барабана изнутри, обычно, покрыта фильтровальной перегородкой (тканью, сеткой). В этих центрифугах твердые частицы удерживаются фильтрующей перегородкой и образуют осадок, т.е. совокупность твердых частиц с заполняющей их поры жидкостью. Данная жидкость и жидкость, расположенная над осадком, продавливаются через слой осадка и фильтрующую перегородку и удаляются через отверстия в роторе, образуя фильтрат. Следует отметить, что при этом часть твердой фазы уносится вместе с жидкостью. По сути, фильтрующие центрифуги являются фильтрами, в которых движущая сила (разность давлений) создается под действием центробежных сил, действующих на вращающуюся в барабане жидкость. В центрифугах значительно проще организовать тщательную промывку осадка и непрерывную или механизированную его выгрузку. Кроме того, в фильтрующих центрифугах обеспечивается эффективная осушка осадка.

Фильтрующие центрифуги применяют для разделения суспензий с крупно- и среднеизмельченной твердой фазой, с возможной промывкой осадка, а также при необходимости получения осадков малой влажности.

Эффективность центрифуг оценивают с помощью фактора разделения, который позволяет сопоставить основные показатели различных центрифуг. Фактор разделения (центробежный критерий Фруда) характери-

зует степень интенсификации процесса в центрифуге по сравнению с аналогичным процессом в гравитационном поле. При этом осадительное центрифугирование сопоставляют с гравитационным отстаиванием, а центробежное фильтрование – с фильтрованием под гидростатическим давлением при одинаковых толщинах слоев суспензии. С физической точки зрения фактор разделения определяет отношение ускорения поля центробежных сил, создаваемого центрифугой, к ускорению свободного падения:

$$Fr' = w^2 r / g,$$

где w – угловая скорость ротора, рад/с; r – внутренний радиус ротора, м.

С ростом фактора разделения увеличивается воздействие центробежных сил на частицы твердого материала и улучшаются возможности их осаждения.

Центрифуги делятся на две группы: центрифуги с фактором разделения $Fr' < 3500$ (нормальные) и центрифуги с $Fr' > 3500$ (сверхцентрифуги).

5.4.1. Классификация центрифуг

На рисунке 5.5 приведена классификация основных видов центрифуг с учетом расположения оси вращения ротора в пространстве, режима работы центрифуги и способа выгрузки осадка из ротора.

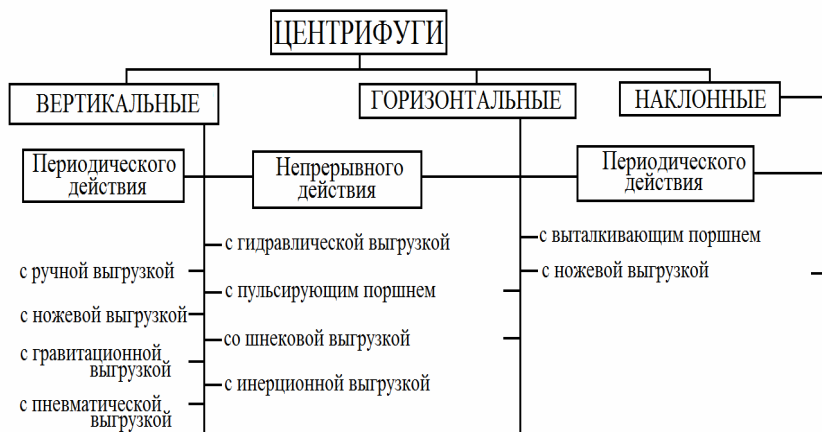


Рис. 5.5. Классификация центрифуг

Нормальные центрифуги по характеру протекающих в них процессов делят на фильтрующие, осадительные и разделяющие.

По способу выгрузки осадка различают центрифуги с ручной, шнековой, гравитационной, поршневой, инерционной, ножевой, механо-пневматической и гидравлической выгрузкой.

По расположению оси ротора центрифуги делят на горизонтальные, вертикальные и наклонные.

По принципу работы центрифуги делятся на машины периодического действия, непрерывного действия и комбинированные.

5.4.2. Центрифуги периодического действия

Центрифуги периодического действия могут быть как осадительными, так и фильтрующими.

Осадительные центрифуги периодического действия используют для обработки суспензий с размерами частиц твердой фазы до 40 мкм при их концентрации в жидкости 5...30 %.

Фильтрующие центрифуги периодического действия применяют для суспензий с растворимой и нерастворимой твердой фазой при концентрации 5...0 %. Влажность получаемого осадка может достигать 1...5% при крупно- и среднезернистых осадках и 5...40% – при мелкозернистых осадках.

Центрифуги периодического действия находят достаточно широкое применение в химической промышленности. Во-первых, иногда просто невыгодно использовать высокопроизводительные центрифуги непрерывного действия. Во-вторых, машины периодического действия позволяют, благодаря простоте их регулирования, обрабатывать материалы в течение любого заданного времени, а также проводить многократные промывку и сушку осадка.

В химической промышленности применяют, в основном, вертикальные малолитражные, маятниковые, подвесные и горизонтальные автоматизированные с ножевой выгрузкой осадка центрифуги периодического действия.

Наибольшее распространение получили горизонтальные автоматизированные центрифуги с ножевой выгрузкой осадка. Различают горизонтальные фильтрующие и осадительные горизонтальные центрифуги. Для центрифуг с ножевой выгрузкой осадка характерно, что все операции (наполнение ротора суспензией, центрифугирование, промывка и отжим осадка, а также его выгрузка) осуществляются при одинаковой частоте вращения ротора.

Фильтрующие центрифуги целесообразно применять для обработки волокнистых материалов и суспензий со средне- и мелкоизмельченной

твердой фазой при концентрации ее в суспензии более 10%. При этом допускается измельчение осадка при выгрузке, но степень измельчения не должна превышать допустимого значения. Осадительные центрифуги применяют для выделения твердого вещества из труднофильтруемых суспензий средней дисперсности.

Основным элементом механизма среза осадка является нож. Различают следующие виды ножей: широкий радиально перемещающийся, широкий поворотный и нож, совершающий поворотное и возвратно-поступательное движение вдоль оси ротора. Во время центрифугирования лезвия ножей отведены от осадка. Перед началом выгрузки осадка привод ножа получает сигнал от системы управления и перемещает нож так, чтобы его лезвие врезалось в осадок.

Механизмы среза осадка с широким радиально перемещающимся ножом обычно применяют в центрифугах с расположением ротора между опорами. Данный механизм имеет высокую жесткость и мало подвержен вибрации. Однако из-за значительной массы требуется дополнительный расход энергии для перемещения ножа.

В центрифугах с консольнорасположенным ротором можно применять механизм среза осадка с возвратно-поступательным движением ножа. При срезе осадка возникают значительные динамические нагрузки на несущие конструкции. Поэтому центрифуги этого типа следует виброизолировать.

Фильтрующая центрифуга (рис. 5.6) состоит из кожуха 5, поворотного ножа 6, гидроцилиндра для поворота ножа 4.

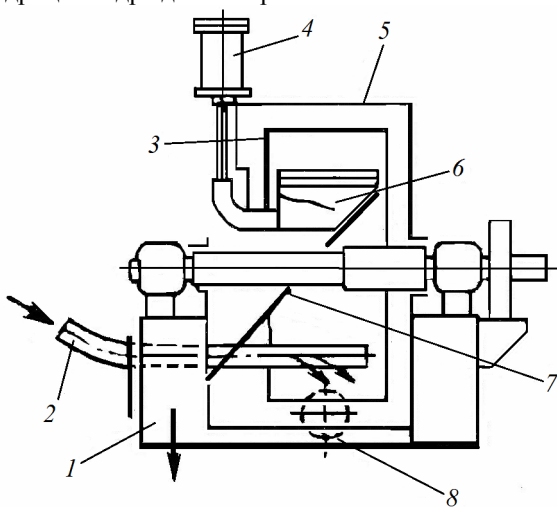


Рис. 5.6. Фильтрующая центрифуга с ножевой выгрузкой осадка

Перфорированный ротор 3 расположен на валу, опирающемся на подшипники. Вращение на вал ротора передается от электродвигателя через клиноременную передачу и шкивы. Все основные узлы укреплены на станине. Суспензия и промывная жидкость подаются в центрифугу через загрузочный клапан и питающую трубу 2. Фильтрат удаляется из кожуха по патрубку 8. Осадок срезается ножом, который путем поворота подводится к ротору с помощью гидроцилиндра, попадает в наклонно расположенный желоб 7 и выводится из центрифуги по каналу 1. Фильтрующую перегородку можно очищать после каждого цикла или после группы циклов специальными щетками или гидравлическим методом.

Количество осадка в роторе фиксируется по толщине слоя осадка флажковым устройством, связанным с системой управления. Если ротор недогружен, то система управления включает его подпитку до достижения заданного количества осадка.

Основным недостатком автоматических центрифуг с ножевым съемом осадка является возможность измельчения частиц при его срезе.

Возможность выгрузки осадка на рабочей скорости вращения ротора благоприятно сказывается на режиме работы привода и способствует экономии электроэнергии.

5.4.3. Центрифуги непрерывного действия

Центрифуги непрерывного действия являются высокопроизводительными машинами. Однако возможность их широкого применения ограничивается технологическими требованиями и свойствами обрабатываемых материалов. Наибольшее распространение имеют непрерывно действующие фильтрующие центрифуги. В качестве осадительных применяют, в основном, центрифуги со шнековой выгрузкой осадка. В фильтрующих центрифугах обрабатывают суспензии с повышенной концентрацией твердой фазы. Принцип их действия заключается в следующем. Суспензия непрерывно подается в ротор, жидкость проходит через фильтрующую перегородку, образует фильтрат; осадок подсушивается, промывается, выгружается.

Осадительные центрифуги со шнековой выгрузкой осадка отличаются от других машин непрерывного действия тем, что в них обеспечивается осаждение частиц твердой фазы с последующей сушкой осадка при транспортировании его в зоне сушки. Как правило, эти центрифуги имеют цилиндрикоконический ротор, внутри которого находится шнек. Скорость вращения шнека отличается от скорости вращения ротора на несколько процентов.

Область применения осадительных центрифуг со шнековой выгрузкой осадка: разделений суспензий с нерастворимой твердой фазой; обез-

воживание кристаллических и зернистых продуктов; классификация материалов по крупности и плотности; осветление суспензий. Осадок, получаемый в этих центрифугах, имеет влажность приблизительно такую же, как после фильтрации на барабанных вакуум-фильтрах. Эти центрифуги отличаются универсальностью: их успешно используют для разделения суспензий с размером частиц 1...0,005 мм и объемной концентрацией 1...40 %.

В зависимости от направления движения в роторе осадка и разделяемой суспензии различают противоточные и проточные центрифуги со шнековой выгрузкой осадка. Роторы центрифуг могут быть горизонтальными или вертикальными, иметь коническую или цилиндрическую форму.

Осадительная центрифуга со шнековой выгрузкой осадка (рис. 5.7) состоит из конического ротора 3, помещенного в кожух 4 и опирающегося на подшипниковые узлы. Суспензия подается через кольцевое пространство между наружной трубой 7 и внутренней трубой 6, служащей для подачи промывной жидкости. Через отверстия 2 и 11 суспензия поступает в зону между коническим ротором 3 и цилиндрическим основанием шнека 12. Ротор вращается в полых цапфах. Шнек 10 вращается в цапфах, находящихся внутри цапф ротора, со скоростью на 1,5...2 % меньше скорости вращения ротора. Под действием центробежной силы твердые частицы суспензии отбрасываются к стенкам ротора и в виде осадка медленно перемещаются к отверстию 1 в роторе для выгрузки осадка, который удаляется через камеру 13.

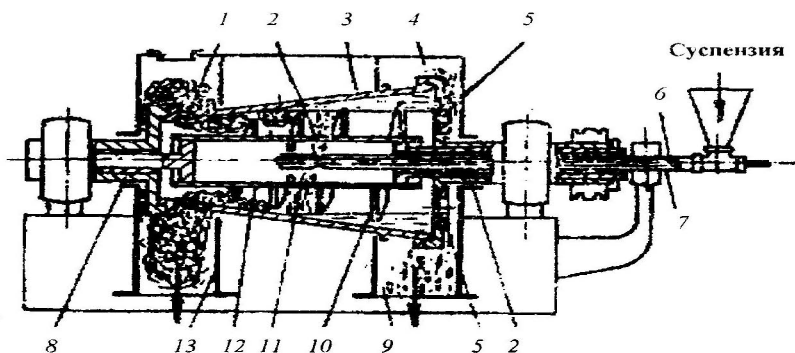


Рис. 5.7. Горизонтальная осадительная центрифуга со шнековой выгрузкой осадка

Образовавшаяся при отстаивании твердых частиц чистая жидкая фаза суспензии в виде фугата отводится через отверстия 5 и камеру 9. При движении в незаполненной суспензией части ротора осадок дополнительно уплотняется, вследствие чего его влажность уменьшается. Осадок может быть промыт. При необходимости промывки осадка в ротор подают промывную жидкость по трубе 6.

Для перемещения твердого осадка ротор и шнек вращаются с различными, но близкими частотами (шнек медленнее). Различие частот вращения достигается применением планетарного или специального редуктора.

Шнековые осадительные центрифуги непрерывного действия отличаются высокой производительностью и пригодны для обработки мелкоизмельченных материалов с высоким содержанием твердой фазы. К их недостаткам относятся: сравнительно высокий расход энергии на перемещение осадка и загрязнение фугата мелкоизмельченной твердой фазой.

5.5. Основы безопасной эксплуатации фильтров и центрифуг

Эксплуатация фильтров периодического действия для разделения суспензий связана с ручным или недостаточно механизированным удалением осадка, частой сменой и промывкой фильтрующей перегородки, с разливом и разбрызгиванием суспензий, контактом работающих с продуктами и газовыделениями фильтрации. Поэтому их целесообразно применять для обработки нетоксичных и взрывобезопасных продуктов. Обязательным условием эксплуатации фильтров периодического действия должно быть наличие вытяжной вентиляции на рабочих местах.

При эксплуатации фильтров непрерывного действия необходимо следить за наличием и исправностью ограждений на приводах, передачах, муфтах и прочих приводных механизмах. Во избежание разлива суспензии корыта снабжают переливными трубами. Во время работы установки нельзя очищать осадок вручную с фильтровальной ткани и срезающего ножа. При фильтрации агрессивных веществ обязательно применение индивидуальных защитных средств.

Отличительной особенностью работы центрифуг является высокая скорость вращения ротора и большое давление жидкости (до 2,5 МПа). При износе или коррозии ротора, увеличении скорости сверх расчетной, недостатках балансировки и неравномерном распределении осадка внутри ротора, вызывающих вибрацию, может произойти его разрыв, травмирование работающих, даже разрушение здания.

В конструкции центрифуг периодического действия предусматривается блокировка, допускающая открывание крышки только при полной остановке, а пуск – при закрытой крышке. Центрифуги непрерывного

действия, кроме блокировки, снабжены автоматической защитой от разноса, выключающей машину в случае превышения допустимой частоты вращения ротора. Остановка ротора осуществляется с помощью быстродействующих тормозов, которые равномерно и плавно замедляют вращение. Все движущиеся части машин ограждаются.

Нормальные условия эксплуатации центрифуг предусматривают непрерывную и равномерную загрузку ротора. При перерыве в подаче необходимо остановить центрифугу, очистить ротор от осадка, промыть его и только после этого начинать новую загрузку. При возникновении недопустимо большой вибрации, изменении характера шума во время работы (резкие звуки, стук), нагреве подшипников выше нормы центрифугу следует немедленно остановить. Не реже одного раза в три месяца центрифуги должны подвергаться проверке, а при работе с агрессивными средами – ежемесячно.

ТЕСТ

1. Движущая сила центрифугирования:
 - 1) сила тяжести, действующая на частицы твердой фазы
 - 2) центростремительная сила, действующая на жидкость
 - 3) центробежная сила, действующая на частицы твердой фазы
 - 4) разность центробежных сил, действующих на твердые частицы и жидкость
2. Как по виду обечайки ротора отличить осадительную центрифугу от фильтрующей?
 - 1) обечайка фильтрующей центрифуги изготовлена из ткани
 - 2) обечайка фильтрующей центрифуги покрыта тканью или сеткой
 - 3) обечайка фильтрующей центрифуги перфорирована
 - 4) обечайка фильтрующей центрифуги состоит из цилиндрической и конической частей
3. В чем заключается главный недостаток центрифуг?
 - 1) сложность конструкции
 - 2) высокая энергоемкость
 - 3) высокие требования к точности монтажа и балансировки
 - 4) малая рабочая поверхность
4. В каких центрифугах осадок имеет минимальную влажность?
 - 1) со шнековой выгрузкой осадка
 - 2) с выгрузкой осадка вручную
 - 3) осадительные
 - 4) фильтрующие

5. Что характеризует фактор разделения центрифуги?
- 1) величину движущей силы
 - 2) превышение центробежного ускорения над гравитационным
 - 3) максимальный размер твердых частиц, уносимых с фильтратом
 - 4) максимальную концентрацию твердой фазы в суспензии
6. Частота вращения шнека в центрифугах со шнековой выгрузкой осадка ...
- 1) больше, чем у ротора
 - 2) меньше, чем у ротора
 - 3) равна частоте вращения ротора
 - 4) шнек неподвижен
7. В чем заключается преимущество фильтрующих центрифуг перед фильтрами?
- 1) эффективная осушка осадка
 - 2) эффективная промывка осадка
 - 3) интенсивная выгрузка осадка
 - 4) интенсивная подача суспензии
8. Осадительные центрифуги применяются для разделения ...
- 1) суспензий
 - 2) эмульсий
 - 3) суспензий и эмульсий
 - 4) суспензий и растворов
9. Фильтрующие центрифуги применяются для разделения ...
- 1) суспензий
 - 2) эмульсий
 - 3) суспензий и эмульсий
 - 4) суспензий и растворов
10. Суспензия – это ...
- 1) дисперсная система, состоящая из частиц твёрдого вещества, распределённых в жидкой сплошной фазе
 - 2) дисперсная система, состоящая из двух нерастворимых одна в другой жидкостей; одна из этих жидкостей является сплошной фазой, а другая, находящиеся в ней в виде капель, – дисперсной фазой
 - 3) система, состоящая из жидких сплошной и дисперсной фаз
 - 4) система, состоящая из частиц твёрдого вещества и дисперсной фазы
11. Эмульсия – это ...
- 1) дисперсная система, состоящая из частиц твёрдого вещества, распределённых в жидкой сплошной фазе

2) дисперсная система, состоящая из двух нерастворимых одна в другой жидкостей; одна из этих жидкостей является сплошной фазой, а другая, находящиеся в ней в виде капель, – дисперсной фазой

3) система, состоящая из частиц твёрдого вещества и дисперсной фазы

4) система, состоящая из жидких сплошной и дисперсной фаз

12. Что оценивают с помощью фактора разделения?

1) производительность центрифуг

2) энергозатраты центрифуг

3) эффективность центрифуг

4) металлоёмкость центрифуг

13. Физический смысл фактора разделения?

1) отношение ускорения поля центробежных сил, создаваемого центрифугой, к ускорению свободного падения

2) отношение ускорения свободного падения к ускорению поля центробежных сил

3) отношение силы тяжести к центробежной силе

4) отношение скоростей движения частиц твёрдой фазы под действием центробежных и гравитационных сил

14. Фактор разделения определяется по формуле.

1) $Fr' = w^2 r / g$

2) $Fr' = wr / g$

3) $Fr' = w^2 / g$

4) $Fr' = r / g$

15. Чему равен фактор разделения в нормальных центрифугах?

1) $Fr' = 3500$

2) $Fr' < 3500$

3) $Fr' > 3500$

4) $Fr' \geq 3500$

16. Все движущиеся части центрифуг должны ...

1) иметь блокировку

2) иметь ограждение

3) иметь демпфирующее устройство

4) иметь тормозное устройство

17. Обязательным условием фильтров периодического действия является наличие ...

1) вытяжной вентиляции на рабочих местах

- 2) приточной вентиляции на рабочих местах
- 3) приточно-вытяжной вентиляции на рабочих местах
- 4) все ответы верны

18. Защита от разноса в центрифугах предназначена для ...

- 1) исключения перегрузки центрифуги
- 2) остановки ротора
- 3) защиты ротора
- 4) уменьшения вибрации ротора

19. Приводы, передачи, муфты фильтров непрерывного действия должны иметь ...

- 1) блокировку
- 2) виброизоляцию
- 3) демпфирующее устройство
- 4) исправное ограждение

20. Как часто необходимо проверять центрифуги в процессе эксплуатации?

- 1) не реже одного раза в месяц
- 2) не реже одного раза в шесть месяцев
- 3) не реже одного раза в год
- 4) не реже одного раза в три месяца

6. ТЕПЛОБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

6.1. Назначение, выбор и классификация теплообменных аппаратов

Значительную часть технологического оборудования в химической промышленности составляет теплообменная аппаратура. Это объясняется тем, что почти все основные процессы химической технологии связаны с необходимостью подвода или отвода тепла.

Теплообменные аппараты предназначены для проведения процессов теплообмена при необходимости нагревания или охлаждения технологической среды с целью ее обработки или утилизации теплоты.

По способу передачи тепла теплообменные аппараты делятся на поверхностные и смесительные. В поверхностных аппаратах рабочие среды обмениваются теплотой через стенки из теплопроводного материала, а в смесительных аппаратах теплота передается при непосредственном перемешивании рабочих сред. Смесительные теплообменники отличаются простотой конструкции и более полным использованием тепла. Однако их применение ограничено допустимостью смешения рабочих сред по технологическим условиям производства.

Поверхностные теплообменники делят на рекуперативные и регенеративные. В рекуперативных аппаратах теплообмен между различными теплоносителями происходит через разделительные стенки. В регенеративных теплообменниках теплоносители попеременно соприкасаются с одной и той же поверхностью нагрева.

В промышленности наиболее широко распространены рекуперативные поверхностные теплообменники непрерывного действия, которые классифицируют по следующим признакам:

- по направлению потоков рабочих сред – прямоточные, противоточные, перекрестного и смешанного тока;
- по числу ходов в рабочем пространстве – одноходовые и многоходовые;
- по конструкционному материалу – металлические и неметаллические (в частности, графитовые);
- по назначению – холодильники, подогреватели, испарители, конденсаторы;
- по конструкции – аппараты, изготовленные из труб (кожухотрубчатые, «труба в трубе», оросительные, погружные змеевиковые, воздушного охлаждения); аппараты, поверхность теплообмена которых изготовлена из листового материала (пластинчатые, спиральные, сотовые), аппараты с поверхностью теплообмена, изготовленной из неметаллических материалов (графита, пластмасс, стекла и др.).

Наиболее важными признаками для классификации теплообменников являются конфигурация теплообменной поверхности, компоновка, жесткость конструкции и т.п. На рисунке 6.1 представлена классификация рекуперативных поверхностных теплообменников, в основу которой положены их конструктивные особенности.

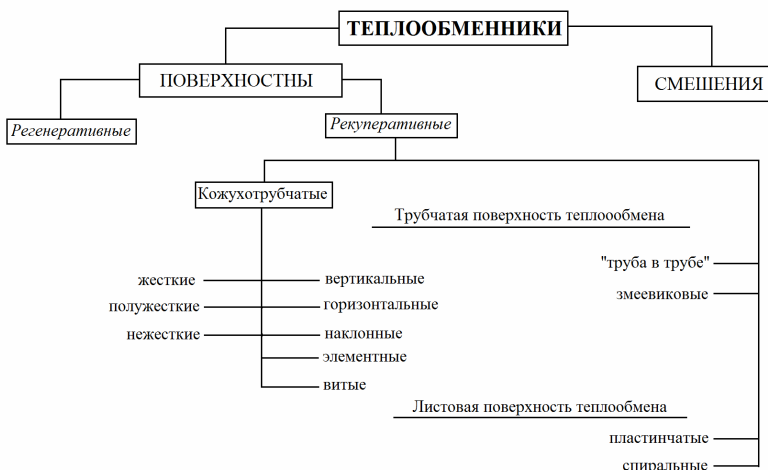


Рис. 6.1. Классификация теплообменников

Условия проведения процессов теплообмена в промышленных аппаратах чрезвычайно разнообразны. Теплообменники применяют для рабочих сред с различным агрегатным состоянием и структурой (газ, пар, капельная жидкость, эмульсия и др.) в широком диапазоне температур, давлений и физико-химических свойств.

В промышленности применяют теплообменные аппараты различных конструкций и типов, что обусловлено разнообразием предъявляемых к ним требований. Широкая номенклатура теплообменников по типам, размерам, параметрам и материалам позволяет выбрать для конкретных условий теплообмена аппарат, оптимальный по размерам и материалам.

К теплообменникам предъявляются следующие требования: высокий коэффициент теплопередачи, низкое гидравлическое сопротивление, компактность и низкая металлоемкость, надежность и герметичность, удобство разборки, доступность поверхности теплообмена для очистки, унификация узлов и деталей, технологичность изготовления, простота, удобство монтажа и ремонта.

6.2. Кожухотрубчатые теплообменники

Кожухотрубчатые теплообменники широко распространены в различных отраслях промышленности. Эти теплообменники отличаются простотой изготовления, надежностью в эксплуатации и универсальностью. В зависимости от назначения они могут быть подогревателями, холодильниками, конденсаторами и испарителями.

Изготавливают следующие типы стальных кожухотрубчатых теплообменников: с неподвижными трубными решетками; с температурным компенсатором на кожухе; с плавающей головкой; с U-образными трубами; с плавающей головкой и компенсатором на ней.

Наиболее широко в химических производствах применяют кожухотрубчатые теплообменники с неподвижными трубными решетками. Теплообменник (рис. 6.2) состоит из кожуха 1, внутри которого размещен трубный пучок. Теплообменные трубы 2 трубного пучка развальцованы в трубных решетках 3, которые жестко соединены с кожухом. С торцов кожух аппарата закрыт крышками 4 и 5. Кожух и крышки соединены фланцами. Для подвода и отвода рабочих сред (теплоносителей) аппарат имеет штуцера. В этих аппаратах один из теплоносителей движется по трубам, другой – в межтрубном пространстве, ограниченном кожухом и наружной поверхностью труб.

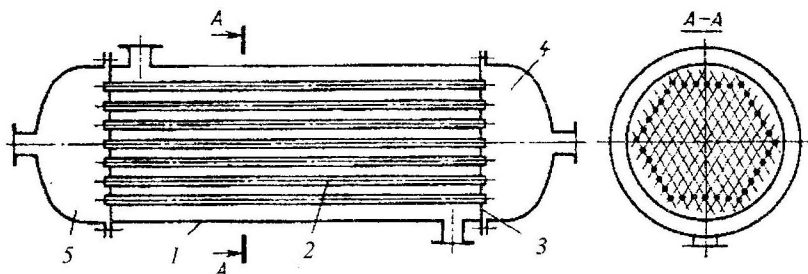


Рис. 6.2. Теплообменник с неподвижной трубной решеткой

В данных теплообменниках трубы жестко соединены с трубными решетками, которые, в свою очередь, приварены к кожуху. В связи с этим возможность взаимных перемещений труб и кожуха исключена.

Трубы в кожухотрубчатых теплообменниках следует размещать так, чтобы зазор между внутренней стенкой кожуха и поверхностью, огибающий пучок труб, был минимальным. Это делается для того, чтобы исключить проскок теплоносителя без контакта с основной поверхностью теплообмена.

Чтобы обеспечить большие коэффициенты теплоотдачи, теплоносители в теплообменниках должны иметь высокие скорости: газы 8...30 м/с, жидкости не менее 1,5 м/с. Скорость теплоносителей обеспечивают при проектировании соответствующим подбором площади сечения трубного и межтрубного пространства. Для увеличения скорости движения теплоносителей и, как следствие, повышения коэффициента теплоотдачи изготавливают многоходовые (двух-, четырех- и шестиходовые) теплообменники.

Теплообменники с неподвижными трубными решетками имеют следующие недостатки: 1) наружная поверхность труб не может быть очищена от загрязнений механическим способом; 2) область их применения ограничена возникновением в кожухе и трубах, так называемых, температурных напряжений.

Это явление объясняется тем, что кожух и трубы теплообменника при его работе из-за разных температур среды имеют разные температуры и вследствие чего претерпевают разные температурные деформации. По этой причине теплообменники с неподвижными трубными решетками используют при небольшой разности температур (менее 50 °С) кожуха и труб. В указанных температурных интервалах конструкция теплообменника обладает самокомпенсацией. При большей разности температур кожуха и труб используют теплообменники с частичной или полной компенсацией температурных напряжений.

К аппаратам с частичной компенсацией температурных напряжений относятся теплообменники с температурным компенсатором на кожухе, в качестве которого используют специальные гибкие элементы (расширители и компенсаторы).

Вертикальный кожухотрубчатый теплообменник с температурным компенсатором на кожухе (рис. 6.3) отличается от теплообменника с неподвижной трубной решеткой наличием вваренного между двумя частями кожуха 1 линзового компенсатора 2 и обтекателя 3. Последний служит для уменьшения гидравлического сопротивления межтрубного пространства теплообменника. Обтекатель приваривается к кожуху со стороны входа теплоносителя в межтрубное пространство.

Наиболее часто в качестве компенсаторов используют одно- или многоэлементные линзовые компенсаторы, изготавливаемые обкаткой из коротких цилиндрических обечаек. Компенсирующая способность линзового компенсатора примерно пропорциональна числу линзовых элементов в нем. Однако применять компенсаторы с числом линз более четырех не рекомендуется, чтобы не уменьшать сопротивление кожуха изгибу. Для увеличения компенсирующей способности линзового компенсатора его предварительно сжимают (если предназначен для работы на растяжение) или растягивают (при работе на сжатие).

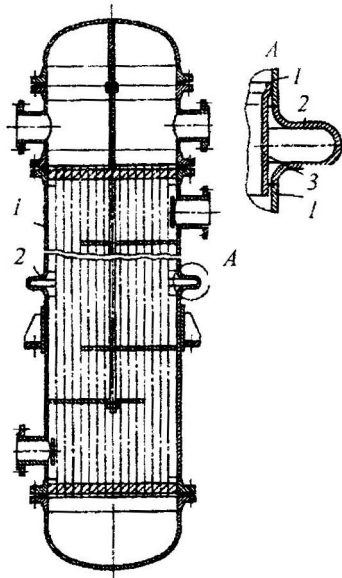


Рис. 6.3. Вертикальный кожухотрубчатый теплообменник с температурным компенсатором на кожухе

Использование линзового компенсатора допускает гораздо больший температурный перепад, однако при этом возрастает стоимость теплообменника.

К аппаратам с полной компенсацией температурных напряжений относятся теплообменники с U-образными трубами. В аппаратах этой конструкции обеспечивается свободное удлинение труб, что исключает возможность возникновения температурных напряжений.

Теплообменник с U-образными трубами (рис. 6.4) состоит из кожуха 2 и трубного пучка, имеющего одну трубную решетку 3 и U-образные трубы 1. Трубная решетка вместе с распределительной камерой 4 крепится к кожуху аппарата на фланце.

Для обеспечения раздельного ввода и вывода циркулирующего по трубам теплоносителя в распределительной камере устанавливают перегородку 5. Известно, что интенсивность теплоотдачи при поперечном обтекании труб теплоносителем выше, чем при продольном. Поэтому для интенсификации теплоотдачи в межтрубном пространстве теплообменника устанавливают перегородки 6, обеспечивающие зигзагообразное по длине аппарата движение теплоносителя. Для предохранения труб от ме-

стного эрозионного износа на входе теплоносителя в межтрубное пространство устанавливают отбойник 7 в виде круглой или прямоугольной пластины.

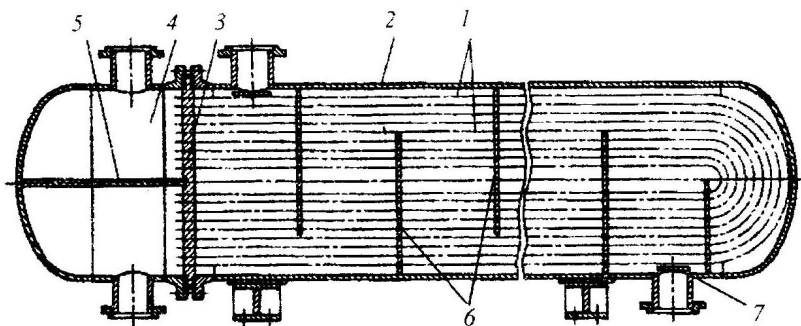


Рис. 6.4. Теплообменник с U-образными трубками

В теплообменниках с U-образными трубами обеспечивается свободное температурное удлинение труб. При этом каждая труба может расширяться независимо от кожуха и соседних труб. Разность температур стенок труб по ходам (эти аппараты являются двухходовыми по трубному пространству) не должна превышать 100 °С. При большей разности температур могут возникнуть опасные температурные напряжения в трубной решетке вследствие температурного скачка на линии стыка двух ее частей.

Основным преимуществом теплообменника с U-образными трубами является возможность извлечения трубного пучка для очистки наружной поверхности труб или полной замены пучка. Однако механическая очистка наружной поверхности труб затруднена, а внутренней поверхности труб – практически невозможна. Вследствие этого в трубное пространство следует направлять среду, не образующую отложений, которые требуют механической очистки. Для очистки внутренней поверхности труб используют воду, водяной пар, горячие нефтепродукты или химические реагенты. Иногда используют гидромеханический способ, заключающийся в подаче в трубное пространство жидкости, содержащей абразивный материал, твердые шары и др.

Недостатками данных теплообменников являются: 1) относительно плохое заполнение кожуха трубами из-за ограничений, обусловленных изгибом труб; 2) невозможность замены труб (за исключением крайних труб); 3) сложность размещения труб, особенно при большом их числе.

Из-за указанных недостатков теплообменники с U-образными трубами применяются редко.

6.3. Теплообменники с поверхностью теплообмена, изготовленные из листового материала

Теплообменники из труб отличаются простотой конструкции и используются в довольно широком диапазоне давлений и температур рабочих сред. Однако они имеют ряд серьезных недостатков: 1) низкая технологичность при производстве большого ряда типоразмеров; 2) большая металлоемкость. Отсутствие этих недостатков, а также легкость очистки делают аппараты из листового материала перспективными и эффективными аппаратами общего назначения. К теплообменникам из листового материала относятся пластинчатые и спиральные.

Пластинчатые теплообменники представляют собой аппараты, теплообменная поверхность которых образована набором тонких штампованных пластин с гофрированной поверхностью. По степени доступности поверхности теплообмена для механической очистки и осмотра различают разборные, полуразборные и неразборные (сварные) теплообменники.

В промышленности широко применяют разборные пластинчатые теплообменники, в которых пластины отделены друг от друга прокладками. Разборные пластинчатые теплообменники отличаются удобством монтажа и демонтажа и легкостью очистки теплообменных поверхностей. В полуразборных теплообменниках пластины попарно сварены, и доступ к поверхности теплообмена возможен только со стороны хода одной из рабочих сред. Пластины неразборных теплообменников сварены в блоки, соединенные на прокладках в общий пакет.

Пластинчатые теплообменники изготовляют с поверхностью теплообмена 2...600 м². Их используют при давлении до 1,6 МПа и температуре рабочих сред от -30 до +180 °С в качестве холодильников, подогревателей и конденсаторов. Разборные пластинчатые теплообменники могут работать с загрязненными рабочими средами при размере твердых включений не более четырех миллиметров.

Разборный пластинчатый теплообменник (рис. 6.5) состоит из ряда теплообменных пластин 4, размещенных на верхней и нижней горизонтальных штангах 3, концы которых закреплены в неподвижной плите 2 и на стойке 7. С помощью нажимной плиты 11 и винта 8 пластины сжимаются, образуя теплообменную секцию.

Теплообменные пластины имеют четыре проходных отверстия (*a, б, в, г*), которые образуют две изолированные одна от другой системы каналов. Пластины и каналы уплотняются с помощью резиновых прокладок 5 и 6. Ввод и вывод теплоносителей осуществляется через штуцера 1, 9, 10, 12, расположенные на неподвижной и подвижной плитах.

Пластины теплообменников изготавливают штамповкой из листового металла толщиной один миллиметр. Гофры пластин обычно имеют в сечении профиль равностороннего треугольника; выполняют их горизонтальными, «в елочку», под углом к горизонтали и др. Пластины изготавливают из оцинкованной или коррозионностойкой стали, титана, алюминия, мельхиора.

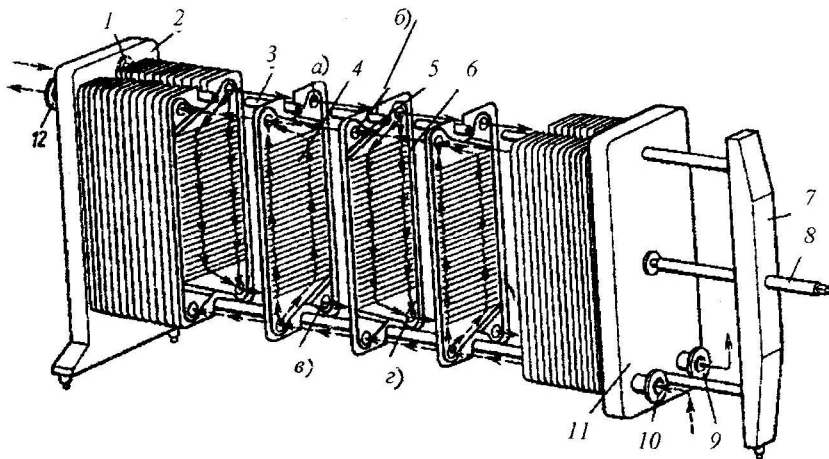


Рис. 6.5. Пластинчатый теплообменник

Основным недостатком пластинчатых теплообменников является невозможность использования их при давлении более 1,6 МПа.

Все большее распространение в последнее время получают спиральные теплообменники, которые изготавливают с поверхностью теплообмена 10...100 м². Эти теплообменники работают как под вакуумом, так и при давлении до 1 МПа при температуре рабочей среды 20...200 °С.

Спиральные теплообменники (рис. 6.6) представляют собой тонкие металлические листы 1 и 2, свернутые в виде спирали и приваренные к разделительной перегородке 3. К листам с обеих сторон приваривают дистанционные бобышки, чтобы обеспечить требуемый зазор между листами и придать им жесткость и прочность. Два соседних листа образуют каналы прямоугольного сечения, которые ограничиваются торцевыми крышками 4 и 5.

В спиральном теплообменнике один из теплоносителей поступает в периферийный канал аппарата и, двигаясь по спирали, выходит из верхнего центрального канала. Другой теплоноситель поступает в нижний центральный канал и выходит из периферийного канала.

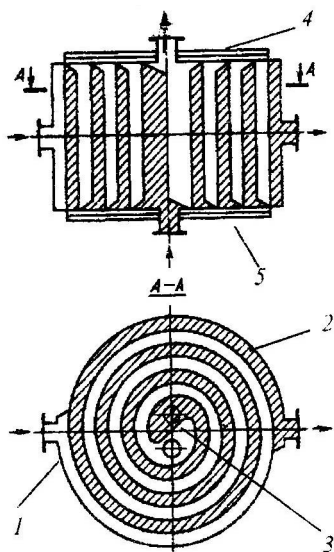


Рис. 6.6. Спиральный теплообменник

Площадь поперечного сечения каналов в теплообменнике по всей длине постоянна, поэтому он может работать с загрязненными жидкостями. При этом загрязнение смывается потоком теплоносителя.

Достоинствами спиральных теплообменников являются: компактность, малое гидравлическое сопротивление, высокая интенсивность теплообмена при повышенных скоростях теплоносителей. Недостатками этих теплообменников являются: сложность изготовления и ремонта, невозможность использования при давлениях рабочих сред выше 1 МПа.

6.4. Особенности эксплуатации теплообменных аппаратов

В кожухотрубчатых теплообменниках одним из основных условий безопасной эксплуатации является компенсация температурных напряжений.

Другим условием безопасной работы является очистка от накипи на стенках трубного пучка, а также от отложений и грязи, забивающих трубы. Для удобства очистки труб в конструкции теплообменника предусматривается установка легкоосъемных крышек и достаточно легко демонтируемых трубных пучков.

Чтобы исключить ожоги при случайном контакте с нагретыми поверхностями аппаратов, значительное внимание необходимо уделять качественной тепловой изоляции теплообменников.

ТЕСТ

1. По способу передачи тепла теплообменники делятся на...
 - 1) поверхностные
 - 2) смесительные
 - 3) поверхностные и смесительные
 - 4) все ответы верны
2. Теплообмен между теплоносителями в рекуперативных теплообменниках происходит...
 - 1) через разделительные стенки
 - 2) путем непосредственного смешивания
 - 3) теплоносители попеременно соприкасаются с аккумуляторами тепла
 - 4) теплоносители попеременно соприкасаются с одной и той же поверхностью нагрева
3. Многоходовые теплообменники изготавливают для ...
 - 1) повышения гидравлического сопротивления
 - 2) повышения металлоемкости
 - 3) повышения коэффициента теплоотдачи
 - 4) удобства очистки от загрязнения
4. Температурные напряжения в кожухе и трубах возникают из-за ...
 - 1) высокой температуры теплоносителей
 - 2) разных температур среды кожух и трубы имеют разные температуры
 - 3) разных скоростей теплоносителей в кожухе и трубах
 - 4) разных конструкционных материалов
5. При какой разности температур кожуха и труб следует применять компенсаторы?
 - 1) менее 50 °С
 - 2) менее 40 °С
 - 3) более 50 °С
 - 4) более 40 °С
6. Какое количество линз допускается использовать в линзовом компенсаторе?
 - 1) четыре

- 2) три
- 3) пять
- 4) два

7. Полную компенсацию температурных напряжений обеспечивают теплообменники ...

- 1) с неподвижными трубными решетками
- 2) с температурным компенсатором на кожухе
- 3) с U-образными трубами
- 4) многоходовые

8. Какую рабочую среду целесообразно направлять в трубное пространство теплообменника?

- 1) с более высокой температурой
- 2) загрязненную среду или среду, образующую отложения
- 3) наиболее чистую среду
- 4) любую среду

9. В межтрубном пространстве кожухотрубчатого теплообменника устанавливают поперечные перегородки для ...

- 1) обеспечения жесткости конструкции
- 2) увеличения гидравлического сопротивления
- 3) увеличения интенсивности теплоотдачи
- 4) обеспечения раздельного ввода и вывода теплоносителей

10. Для работы с загрязненными средами наиболее подходит теплообменник ...

- 1) кожухотрубчатый
- 2) спиральный
- 3) змеевиковый
- 4) пластинчатый

11. Почему в теплообменниках необходимо компенсировать температурные напряжения?

- 1) чтобы исключить загрязнение трубного пространства
- 2) чтобы исключить напряжения в конструкционном материале теплообменника
- 3) чтобы исключить загрязнение межтрубного пространства
- 4) чтобы уменьшить гидравлическое сопротивление

12. Тепловая изоляция нагретых поверхностей теплообменника служит для ...

- 1) исключения ожогов
- 2) компенсации температурных напряжений

- 3) обеспечения жесткости конструкции
- 4) увеличения интенсивности теплоотдачи

13. Что является причиной возникновения температурных напряжений в конструкции кожухотрубчатых теплообменников?

- 1) загрязнение теплоносителей
- 2) свойства конструкционного материала
- 3) разные температуры рабочих сред в кожухе и трубах
- 4) все ответы верны

14. Назовите способы очистки загрязнений в теплообменных аппаратах.

- 1) механический
- 2) химический
- 3) гидравлический
- 4) все ответы верны

15. Каких **НЕ** существует способов очистки загрязнений в теплообменных аппаратах?

- 1) пневматический
- 2) химический
- 3) гидравлический
- 4) механический

16. Какие вещества **ЗАПРЕЩЕНО** использовать в теплообменниках в качестве теплоносителей?

- 1) которые в процессе химического взаимодействия с технологической средой могут образовывать взрывоопасные вещества
- 2) которые имеют высокую вязкость
- 3) которые имеют высокую стоимость
- 4) которые загрязняют рабочие поверхности

17. Теплоносители **НЕ ДОЛЖНЫ** допускать ...

- 1) загрязнение рабочих поверхностей
- 2) возможность возникновения температурных напряжений
- 3) возможность сильного нагрева рабочих поверхностей
- 4) возможность перегрева и разложения продукта

18. В чем заключается гидромеханический способ очистки труб?

- 1) в подаче в трубы жидкости
- 2) в подаче в трубы жидкости с абразивным материалом
- 3) в подаче в трубы эмульсии
- 4) в подаче в трубы нагретой жидкости

19. Какие теплообменники наиболее широко применяются в химической промышленности?

- 1) спиральные
- 2) листовые
- 3) кожухотрубчатые
- 4) змеевиковые

20. Назовите основной недостаток пластинчатых теплообменников.

- 1) невозможность использования их при давлении менее 1,6 МПа
- 2) невозможность использования для загрязненных сред
- 3) сложность обслуживания и ремонта
- 4) невозможность использования их при давлении более 1,6 МПа

7. МАССООБМЕННАЯ АППАРАТУРА

7.1. Общие сведения и классификация аппаратов

Массообменные процессы – это процессы, при которых вещество из одной фазы переходит в другую путем диффузии при определенных рабочих условиях.

Аппараты, предназначенные для проведения технологических процессов, протекание которых определяется скоростью переноса вещества из одной фазы в другую, называются массообменными.

Производственные установки химической промышленности, как правило, работают по следующей схеме: исходное сырье поступает в реактор, где частично превращается в продукты реакции; затем смесь из реактора направляется в массообменную разделительную аппаратуру для разделения на продукты реакции и непрореагировавшее сырье; последнее возвращается в реактор, а продукты реакции поступают на дальнейшую переработку.

Таким образом, между реакторами и массообменными аппаратами существует тесная технологическая связь. При этом наблюдается следующая закономерность: чем меньше нагрузка на реактор, т.е. чем меньше превращение исходного сырья в продукты реакции, тем больше нагрузка на разделительный аппарат, и наоборот.

В разделительном аппарате могут протекать разнообразные процессы, важнейшими из которых являются абсорбция, экстракция, ректификация, адсорбция, кристаллизация.

Абсорбция – избирательное поглощение газов или паров жидкими поглотителями – абсорбентами. В этом процессе вещество или группа веществ из газовой фазы переходит в жидкую. Абсорбция осуществляется в аппаратах, называемых абсорберами.

Экстракция – избирательное извлечение отдельных компонентов из смеси жидких или твердых веществ с помощью растворителей (экстрагентов). В промышленности наиболее распространена жидкостная экстракция, которая осуществляется в экстракторах.

Ректификация – разделение жидкой смеси на чистые или обогащенные составляющие в результате противоточного взаимодействия потоков пара и жидкости. С помощью ректификации осуществляют частичное или полное разделение жидких однородных систем на чистые компоненты или их группы. При этом вещества из жидкой фазы переходят в паровую и наоборот. Аппараты для проведения процесса ректификации называются ректификационными колоннами.

Адсорбция – избирательное поглощение газов, паров или растворенных в жидкостях веществ твердым поглотителем – адсорбентом. Процесс адсорбции осуществляется в адсорберах.

Кристаллизация – выделение твердой фазы в виде кристаллов из растворов и расплавов.

Наиболее распространенными аппаратами для проведения процессов абсорбции и ректификации являются аппараты колонного типа, представляющие собой цилиндрические сосуды с большим отношением высоты к диаметру. С целью обеспечения необходимого контакта взаимодействующих фаз внутри колонны устанавливают различные устройства, конструкции которых весьма разнообразны. Контактные устройства выбирают в зависимости от вида массообменного процесса и физико-химических свойств компонентов.

Основной характеристикой массообменных аппаратов является состояние межфазной поверхности. В соответствии с этим в основу классификации массообменных аппаратов положен принцип образования межфазной поверхности. На рисунке 7.1 показана классификация наиболее типичных массообменных аппаратов.



Рис 7.1. Классификация массообменных аппаратов

По режиму работы различают массообменные аппараты непрерывного и периодического действия. Их изготовляют цельносварными и сборными, состоящими из отдельных частей (царг), которые соединяются между собой с помощью фланцев.

В зависимости от способа организации контакта фаз колонные аппараты делят на тарельчатые, насадочные и пленочные, а в зависимости от рабочего давления □ на работающие под давлением, атмосферные и вакуумные. Большинство аппаратов (около 60%) для абсорбции и ректифика-

ции представляют собой тарельчатые колонны. В то же время при правильной организации гидродинамики процесса насадочные колонны более экономичны, чем тарельчатые.

7.2. Тарельчатые массообменные аппараты

Тарельчатые колонные аппараты (рис. 7.2) состоят, как правило, из вертикального корпуса 3, сферической или эллиптической крышки 4, днища 2 и жестко скрепленной с корпусом опорной обечайки 1 цилиндрической или конической формы. Для высоких колонн небольшого диаметра целесообразно использовать конические опоры, так как при этом повышается устойчивость колонны, и уменьшаются нагрузки на опорную поверхность фундаментного кольца. Внутри корпуса колонны смонтированы тарелки 6, устройство 7 для ввода сырья, отбойное устройство 5 и штуцера для жидкости и пара.

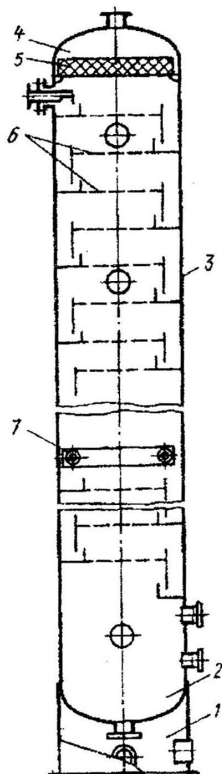


Рис. 7.2. Тарельчатая ректификационная колонна

В тарельчатых колоннах жидкость слоем определенной толщины перетекает с одной тарелки на другую, а газ (пар), движущийся снизу вверх, дробится с помощью различных контактных устройств, находящихся на тарелке, взаимодействует с жидкостью и выходит в верхней части колонны. Тарельчатые (барботажные) массообменные аппараты представляют собой вертикальные колонны, внутри которых на определенном расстоянии друг от друга установлены горизонтальные перегородки – тарелки. Тарелки служат для организации направленного движения фаз и многократного их взаимодействия.

Тарельчатые контактные устройства классифицируют по многим признакам. Так, например, по способу передачи жидкости с тарелки на тарелку различают тарелки с переточными устройствами и без переточных устройств (провальные). Тарелки с переточными устройствами имеют специальные каналы для перетока жидкости с одной тарелки на другую. Газ по этим каналам не проходит. Провальные тарелки не имеют переливных устройств. При этом жидкость и газ проходят через одни и те же отверстия или прорези тарелки. Эти прорези работают периодически: в определенный момент времени одни прорези пропускают пар, другие – жидкость; затем наоборот. К тарелкам с переточными устройствами относятся колпачковые, ситчатые, пластинчатые и др. К тарелкам без переточных устройств относятся дырчатые, решетчатые, трубчатые и др.

• *Колпачковые тарелки* с капсульными колпачками отличаются простотой эксплуатации и универсальностью. Основной частью колпачковой тарелки (рис. 7.3) является стальной диск 2 (или полотно тарелки) с отверстиями для паровых патрубков 6. Над патрубками установлены колпачки 5, имеющие прорези. Тарелка имеет сливную перегородку 3, которая служит для создания необходимого уровня жидкости на тарелке. Переливная перегородка 1 образует переливной карман, в который погружается сливная планка 4 тарелки, расположенной выше.

Колпачки могут крепиться к тарелке с возможностью регулирования по высоте (исполнение 2) или без регулирования (исполнение 1).

Тарелка работает следующим образом. Поступающая жидкость заполняет тарелку на высоту, определяемую сливной перегородкой 3. Прорези колпачков при этом должны быть погружены в жидкость. Пар, проходя через паровые патрубки и щели колпачков, барботирует сквозь слой жидкости. Взаимодействие газа и жидкости происходит в перекрестном токе. При этом жидкость движется по тарелке от переливного кармана к сливной перегородке и далее на расположенную ниже тарелку, а газ вверх по оси колонны.

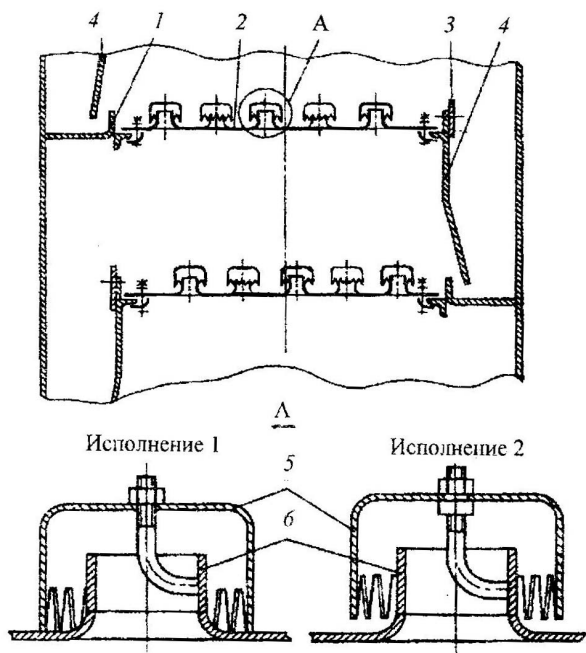


Рис. 7.3. Колпачковая тарелка

Колпачковые тарелки изготавливают из чугуна, меди, керамики, пластмасс и др. Преимуществами тарелок с капсульными колпачками являются следующие: относительно высокий КПД; возможность работы в широком диапазоне производительностей по газу и нестабильных нагрузках по жидкости и пару. К недостаткам этих тарелок относятся значительная металлоемкость и трудоемкость изготовления.

- *Клапанные тарелки* применяют в нефтехимической промышленности. Их преимуществами являются: способность обеспечить эффективный массообмен в большом интервале рабочих нагрузок, простота конструкции, низкая металлоемкость и невысокая стоимость.

Клапаны тарелок изготавливают дисковыми и прямоугольными. Различают два режима работы клапанных тарелок: прямоточного или перекрестного движения фаз. Наибольшее распространение получили клапанные прямоточные тарелки с дисковыми клапанами. На клапанной прямоточной тарелке (рис. 7.4) в шахматном порядке расположены отверстия, в которых установлены саморегулирующиеся дисковые клапаны. При движении пара (газа) клапаны поднимаются на некоторую высоту (до 6...8 мм).

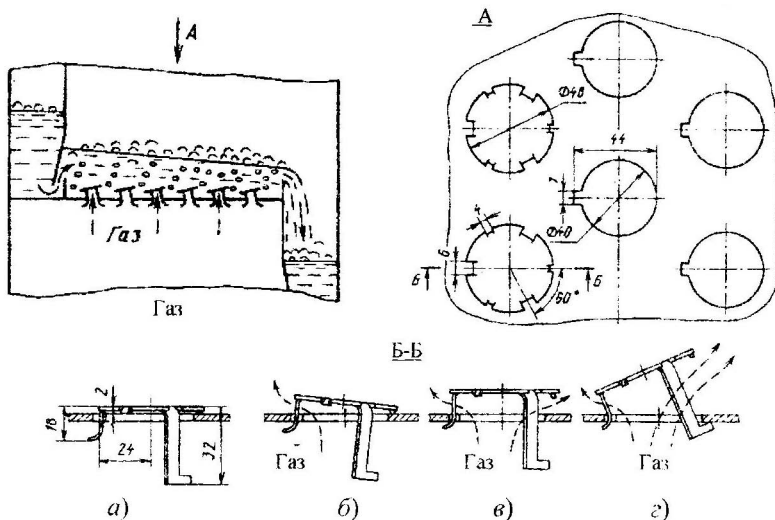


Рис. 7.4. Кранно-прямоточная тарелка

Дисковый клапан имеет три направляющие, две из которых имеют большую длину. Кроме того, на диске имеются специальные упоры, обеспечивающие начальный зазор между диском и тарелкой и исключают возможность "прилипания" клапана к тарелке (рис. 7.4, а). При небольшой производительности по пару поднимается легкая часть клапана (рис. 7.4, б) и пар выходит через образовавшуюся щель в направлении, противоположном направлению движения жидкости на тарелке. С увеличением скорости пара клапан поднимается и зависает над тарелкой (рис. 7.4, в). В этом случае пар барботирует в жидкость через кольцевую щель под клапаном. При дальнейшем увеличении производительности по пару клапан занимает положение, при котором пар выходит в направлении движения жидкости (рис. 7.4, г). За счет этого уменьшается разность уровней жидкости на тарелке.

- *Ситчатые тарелки* со сливным устройством применяют в колонных аппаратах диаметром 400...4000 мм при расстоянии между тарелками от 200 мм и более. Основным элементом ситчатых тарелок является металлический диск с отверстиями диаметром 2...6 мм, расположенными по вершинам равносторонних треугольников (рис. 7.5).

Достоинствами ситчатой тарелки являются: большое свободное (т.е. занятое отверстиями) сечение тарелки; высокая производительность по пару; простота изготовления, малая металлоемкость. В качестве недостатка следует отметить высокую чувствительность к точности монтажа.

Аппараты с ситчатыми тарелками не пригодны для работы на загрязненных средах, так как при этом забиваются отверстия.

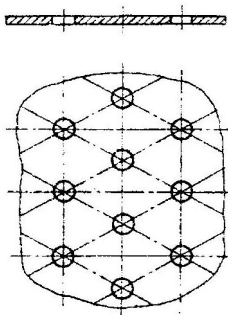


Рис. 7.5. Элемент ситчатой тарелки

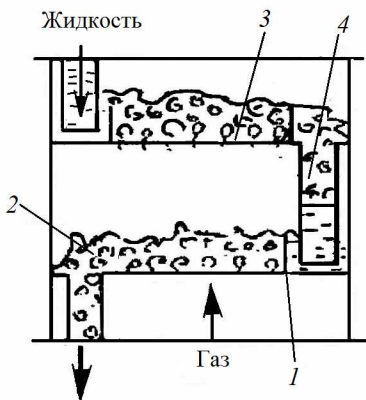


Рис 7.6. Ситчатая тарелка

Колонна с ситчатыми тарелками показана на рис. 7.6. Ситчатая тарелка 3 представляет собой металлический диск с отверстиями. Тарелка имеет сливную перегородку 2, переливную перегородку 7 и сливную трубку 4.

• *Решетчатые провальные тарелки* (рис. 7.7) изготовляют из листовой стали толщиной 2...4 мм. Тарелки состоят из трех-десяти секций 1, которые укладывают на опорное кольцо и балки 2. Полотно секций имеет продолговатые отверстия, расположенные рядами с шагом, равным 10 ... 36 мм, обычно площадь отверстий составляет 10 ... 30% всей площади тарелки.

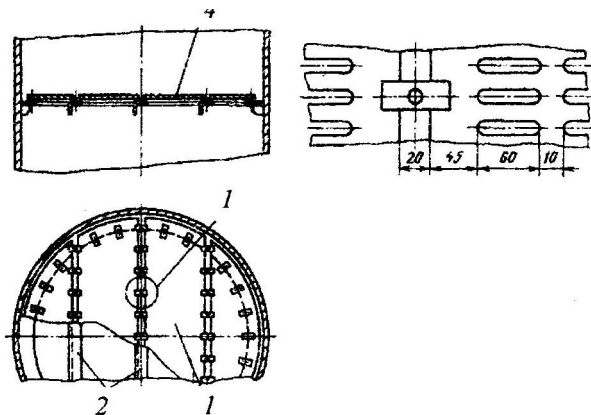


Рис. 7.7. Решетчатая провальная тарелка

При работе колонны за счет давления поступающего пара на полотне тарелки создается слой жидкости, через которую барботирует пар. Одновременно часть жидкости протекает через отверстия на расположенную ниже тарелку. Отверстия работают периодически: места прохода жидкости и пара произвольно перемещаются по полотну тарелки.

Решетчатые провальные тарелки целесообразно использовать в установках, в которых рабочая и расчетная производительность отличаются не более, чем на 25%.

Преимуществами этих тарелок являются: простота конструкции, малая металлоемкость, большая пропускная способность по жидкости, возможность использования для обработки загрязненных жидкостей, оставляющих осадок на тарелке. Эффективность решетчатых провальных тарелок сопоставима с эффективностью тарелок с переливом. В качестве их недостатка следует отметить узкий диапазон устойчивой работы и сложность обеспечения равномерного распределения орошения по поверхности тарелок в начале процесса.

В зависимости от технологического назначения и параметров работы для некоторых тарельчатых контактных устройств установлены области применения. В результате анализа работы ситчатых тарелок установлено, что их целесообразно использовать в процессах, протекающих при любом давлении, при стабильных режимах работы и производительности по жидкости до $40 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \text{ ч})$. Эти тарелки не пригодны для обработки жидкостей, вызывающих забивания осадком отверстий тарелок.

Клапанные прямоточные тарелки применяют в процессах, протекающих при атмосферном и повышенном давлении и производительности по жидкости до $100 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \text{ ч})$.

Колпачковые тарелки рекомендуется использовать в производствах относительно небольшой мощности, а также при небольших нагрузках по жидкости. При этом процессы могут протекать при любом давлении и характеризоваться нестабильным режимом.

7.3. Насадочные массообменные аппараты

Процессы абсорбции, очистки, охлаждения и увлажнения газов, экстракции и ректификации часто осуществляются в насадочных колоннах. Насадочные аппараты отличаются простотой конструкции. Эффективная работа насадочных колонн наблюдается только при обильном и равномерном орошении насадки жидкостью. Различают два основных режима работы насадочных аппаратов: пленочный и эмульгационный. При пленочном режиме жидкость, омываемая газом, стекает по элементам насадки. При реализации эмульгационного режима весь аппарат заполнен жидкостью, а через ее слой между элементами насадки барботирует газ.

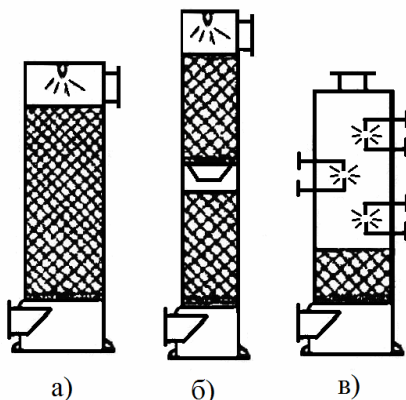


Рис. 7.8. Схемы насадочных колонн

Насадочные колонны представляют собой вертикальные цилиндрические аппараты, изготовляемые цельносварными со съемными крышками или собираемые из отдельных царг с помощью фланцев.

В зависимости от способа размещения насадки по высоте аппарата различают колонны полностью насаженные (рис. 7.8, а), разделенные на секции (б) и частично насаженные (в).

Основными элементами насадочных колонн являются: насадка, устройства для орошения и распределения жидкости, опорные устройства, поддерживающие слой насадки.

Высота полностью насаженных колонн с насадкой, загружаемой навалом, как правило, ограничена. Это связано с тем, что жидкость, стекающая по беспорядочно загруженной насадке, имеет тенденцию перемещаться к периферии. Вследствие этого часть насадки остается неорошенной. Для исключения этого явления насадочное пространство разделяют на слои и устанавливают между слоями распределительные устройства, которые собирают жидкость и распределяют ее вновь по сечению аппарата. Колонна с насадкой, разделенной на секции, может достигать высоты 30...40 м.

В настоящее время используют насадки: регулярные (правильно уложенные) и нерегулярные (засыпанные навалом).

К насадке предъявляются следующие требования: 1) большая поверхность в единице объема; 2) хорошее смачивание орошающей жидкостью; 3) низкое гидравлическое сопротивление; 4) равномерное распределение орошающей жидкости; 5) стойкость к химическому воздействию жидкости и газа; 6) малый удельный вес; 7) высокая механическая прочность; 8) низкая стоимость.

Полностью удовлетворяющих всем указанным требованиям насадок не существует. Так, например, с увеличением удельной поверхности насадки увеличивается гидравлическое сопротивление аппарата и снижаются предельные нагрузки. В связи с этим в промышленности применяют разнообразные по форме и размерам насадки, которые в той или иной мере удовлетворяют основным требованиям при проведении конкретного процесса. Их изготавливают из керамики, фарфора, стали, пластмассы и других материалов, выбор которых зависит от величины удельной поверхности насадки, смачиваемости и коррозионной стойкости. Полимерная и керамическая насадки наиболее подходят для обработки агрессивных сред.

Нерегулярная насадка имеет существенные преимущества по сравнению с регулярной по технологии изготовления, транспортирования и монтажа. В то же время регулярная насадка имеет меньшее гидравлическое сопротивление и допускает большие скорости газа.

По конструктивным признакам насадку делят на кольца и седла, хотя в отечественной и зарубежной практике применяют насадочные тела и другой формы. В отечественной химической и нефтехимической промышленности наиболее распространена нерегулярная насадка Рашига и ее модификации. Насадку Рашига изготавливают в виде колец высотой, равной диаметру. Она имеет небольшую стоимость, но малоэффективна. Кольца Рашига изготавливают самых различных размеров (диаметр 5...150 мм), хотя в промышленных колоннах чаще используют кольца диаметром 25 и 50

мм. Кольца меньшего диаметра обладают значительным гидравлическим сопротивлением, большего размера – менее эффективны.

Для повышения эффективности массообмена кольцевую насадку изготавливают перфорированной и с внутренними перегородками.

Основными достоинствами насадочных колонн являются: простота устройства и низкое гидравлическое сопротивление. В качестве недостатков следует отметить: трудность отвода тепла и плохая смачиваемость насадки при низких плотностях орошения, Насадочные колонны мало пригодны для обработки загрязненных жидкостей.

7.4. Кристаллизаторы

Кристаллизация – процесс выделения твердой фазы в виде кристаллов из пересыщенных растворов, расплавов или паров (газовой фазы).

Кристаллизация широко применяется в производстве минеральных удобрений, искусственных волокон, нефтехимической, пищевой и других отраслях промышленности при получении продуктов в чистом виде. В настоящее время кристаллизация осуществляется из растворов, расплавов и газовой фазы. Кристаллизация из растворов заключается в выделении твердой фазы в виде кристаллов за счет изменения растворимости твердых веществ. Кристаллизацией из расплавов называется процесс выделения твердой фазы при затвердевании веществ, находящихся в расплавленном состоянии.

Известны следующие способы кристаллизации: 1) изогидрическая, осуществляемая путем охлаждения горячих насыщенных растворов (без потери растворителя); 2) изотермическая, которая осуществляется удалением части растворителя путем выпаривания; 3) вакуум-кристаллизация, при которой горячий насыщенный раствор при попадании в область пониженного давления охлаждается до температуры насыщения, соответствующей этому давлению, самоиспарением части растворителя; 4) высоливанием, реализуемое добавлением к раствору вещества, понижающего растворимость выделяемой соли; 5) вымораживанием; 6) в результате химической реакции; 7) сублимация-кристаллизация из пересыщенной паровой фазы, при этом продукт переходит в твердое состояние из парообразного.

Кристаллизаторы классифицируют по нескольким признакам следующим образом:

- по режиму работы аппаратов: периодического и непрерывного действия;
- по размеру кристаллов: с регулируемым и нерегулируемым ростом кристаллов;

- по способу выгрузки кристаллов из аппарата: с гидравлической классификацией и без классификации;
- по способу охлаждения раствора: с воздушным охлаждением и вакуум-кристаллизационные аппараты;
- по способу создания пересыщения: аппараты для изогидрической кристаллизации, аппараты для изотермической кристаллизации, вакуум-аппараты и т.д.

Наибольшее распространение получила классификация по последнему признаку.

Процесс кристаллизации солей, растворимость которых значительно уменьшается с понижением температуры, осуществляется в изогидрических кристаллизаторах. Раствор в них охлаждается при постоянном количестве растворителя до температуры ниже температуры насыщения. При этом раствор становится пересыщенным, что приводит к выпадению кристаллов.

К кристаллизаторам с охлаждением раствора относятся качающиеся, шнековые, ленточные, барабанные и вальцевые.

Качающийся кристаллизатор (рис. 7.9) состоит из длинного неглубокого корыта 1, на котором закреплены бандажи 2, установленные на опорные ролики 3.

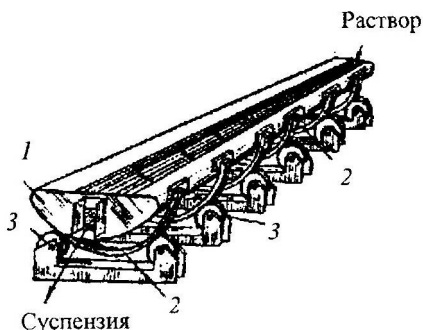


Рис. 7.9. Качающийся кристаллизатор

Кристаллизатор установлен с небольшим наклоном к горизонту. Корыто от специального привода совершает медленные маятниковые движения. Горячий раствор подается в верхнюю часть кристаллизатора и при непрерывном движении вдоль корыта отдает тепло в окружающую атмосферу. При этом часть жидкости испаряется.

Скорость образования зародышей в данном кристаллизаторе достаточно мала, вследствие медленного охлаждения раствора при слабом движении. В результате можно получить крупные кристаллы с размерами

3...25 мм. Образованию крупных кристаллов способствуют также установленные на дне корыта в шахматном порядке невысокие поперечные перегородки. Последние увеличивают время пребывания кристаллов в аппарате. В процессе движения по дну корыта кристаллы не срываются, а приобретают правильную форму.

К недостаткам качающегося кристаллизатора относятся: 1) низкая производительность; 2) увлажнение и загрязнение атмосферы цеха парами растворителя.

Преимущества качающегося кристаллизатора: 1) кристаллы вырастают не только крупными, но и правильной формы; 2) исключается механическое истирание кристаллов; 3) на стенках аппарата не образуются инкрустации, вследствие воздушного охлаждения и большого количества в растворе растущих кристаллов.

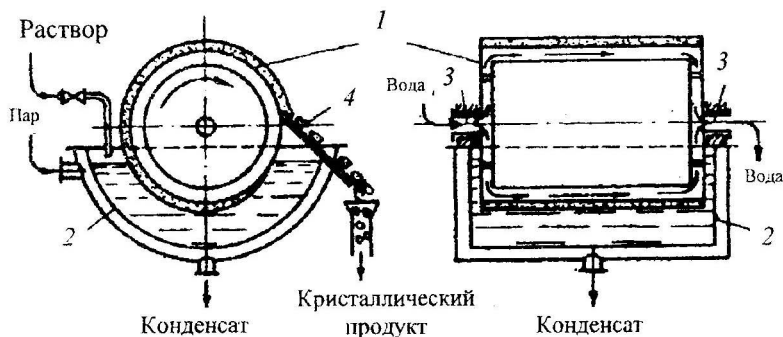


Рис. 7.10. Вальцевый кристаллизатор

Вальцевый кристаллизатор применяется для реализации процесса кристаллизации как из растворов, так и из расплавов. Принцип его действия основан на использовании инкрустации теплопередающей поверхности. Кристаллизатор состоит (рис. 7.10) из цилиндрического барабана 1 с двойными стенками, частично погруженного в корыто 2 с раствором или расплавом соли. Барабан охлаждается изнутри водой, которая подается через золотниковое устройство в одну из полых цапф вала 3 и отводится через вторую цапфу. Скорость вращения барабана, зависящая от свойств кристаллизующегося вещества, составляет 0,4...2 рад/с.

В корыто непрерывно подается горячий раствор (расплав) и при погружении в него барабана на его холодной поверхности образуются и растут инкрустации соли. При вращении эта часть поверхности барабана выходит из корыта, и наростившие на ней кристаллы соли срезаются ножом 4, установленным тангенциально к поверхности барабана. Для исключения кристаллизации соли в корыте его стенки обогреваются паром.

Вальцевые кристаллизаторы особенно эффективны при кристаллизации сильно инкрустирующих солей, а также вязких растворов и расплавов (производство аммиачной селитры, едкого натра и др.).

Производительность вальцевого кристаллизатора зависит от длины барабана, степени его погружения в раствор, скорости вращения, а также свойств кристаллизуемой жидкости, ее температуры и температуры охлаждающей воды. Вальцевые кристаллизаторы применяются редко, вследствие чешуйчатой формы получаемого продукта и загрязнения его примесями.

7.5. Основы эксплуатации массообменных аппаратов

Чтобы исключить возможность взрывов, необходимо регулировать состав поступающего воздуха. При этом необходимо следить, чтобы в аппарате не могла образоваться смесь взрывоопасной концентрации, а также исключить попадания в аппаратуру наружного воздуха и подавать инертный газ.

При работе смежных аппаратов с разным давлением возможен прорыв среды с более высоким давлением в аппарат с меньшим давлением. Чаще всего это становится возможным вследствие нарушения заданного уровня жидкостей в аппаратах. Для исключения подобных ситуаций большое внимание необходимо уделять надежности регуляторов уровня.

В процессе эксплуатации необходимо следить за тщательной герметизацией массообменных аппаратов, емкостей, мерников, а также канализационных стоков, сопрягаемых с ними. Нарушение герметичности аппаратов может стать причиной создания условий для образования газовых смесей взрывоопасных концентраций в помещении цеха и их воспламенения. Для предотвращения таких аварий предусматриваются следующие мероприятия: 1) использование рациональной схемы удаления газов из сбрасываемых стоков; 2) строгое соблюдение технологического регламента; 3) использование высокочувствительных систем сигнализации об опасной концентрации в атмосфере взрывоопасных веществ.

Размещение массообменных аппаратов на открытых площадках способствует снижению возможности образования взрывоопасных смесей. Кроме того, установка оборудования на открытых площадках позволяет уменьшить воздействие тепловыделений на обслуживающий персонал, исключить необходимость устройства вентиляции, снизить опасность отравлений токсичными газовыделениями.

ТЕСТ

1. Какой из перечисленных процессов **НЕ** относится к массообменным?

- 1) абсорбция
- 2) адсорбция
- 3) фильтрование
- 4) экстракция

2. Абсорбция – это процесс ...

- 1) избирательного поглощения газов или паров жидкими поглотителями
- 2) избирательного поглощения газов или паров твердыми поглотителями
- 3) разделение жидкой смеси на составляющие компоненты
- 4) удаления влаги из твердых материалов испарением

3. Какой тип аппаратов, как правило, применяется для проведения процесса абсорбции?

- 1) аппараты с мешалкой
- 2) колонные вертикальные цилиндрические
- 3) горизонтальные цилиндрические
- 4) наклонные цилиндрические

4. Тарелки внутри абсорберов устанавливают для ...

- 1) обеспечения жесткости колонны
- 2) увеличения гидравлического сопротивления колонны
- 3) обеспечения необходимого контакта взаимодействующих фаз
- 4) все ответы верны

5. Какие тарелки целесообразно использовать для обработки загрязненных жидкостей?

- 1) ситчатые
- 2) колпачковые
- 3) провальные
- 4) клапанные

6. Регулярной называется насадка ...

- 1) правильно уложенная
- 2) засыпанная навалом
- 3) насадка из колец Рашига
- 4) насадка с внутренними перегородками

7. Насадочные колонны характеризуются ...

- 1) высоким гидравлическим сопротивлением

- 2) простотой устройства
- 3) высокой стоимостью
- 4) высокой эффективностью

8. Кристаллизацией называется процесс выделения твердой фазы в виде кристаллов из ...

- 1) растворов, расплавов или паров
- 2) пересыщенных растворов, расплавов или паров
- 3) расплавов
- 4) растворов

9. Кристаллизация, осуществляемая без потери растворителя, называется ...

- 1) вакуум-кристаллизацией
- 2) изотермической
- 3) изогидрической
- 4) все ответы верны

10. Изогидрические кристаллизаторы применяются для кристаллизации солей, растворимость которых ...

- 1) не зависит от температуры
- 2) уменьшается с понижением температуры
- 3) увеличивается с понижением температуры
- 4) все ответы верны

11. Допускается ремонт массообменных аппаратов в процессе их работы?

- 1) да
- 2) нет
- 3) допускается при согласовании с руководством предприятия
- 4) допускается ремонтировать только насадочные колонные аппараты

12. Действия персонала при возникновении аварийных ситуаций?

- 1) следует срочно остановить аппарат
- 2) следует вызвать аварийную службу
- 3) сообщить начальнику цеха
- 4) обеспечить безаварийный режим работы

13. Какую вентиляцию необходимо предусматривать при монтаже оборудования на открытых площадках?

- 1) аварийную
- 2) приточно-вытяжную
- 3) местную вытяжную
- 4) необходимость в вентиляции отсутствует

14. В каких случаях массообменные аппараты следует монтировать на открытых площадках?

- 1) при опасности образования взрывоопасных смесей
- 2) при опасности повышения температуры
- 3) при опасности самопроизвольной кристаллизации
- 4) при опасности повышения давления в корпусе аппарата

15. В каких случаях можно не использовать вентиляцию?

- 1) при наличии предохранительных устройств
- 2) при наличии исправной арматуры
- 3) при незначительных тепловыделениях оборудования
- 4) при монтаже оборудования на открытых площадках

16. К чему может привести нарушение герметичности аппаратов?

- 1) образованию взрывоопасных концентраций газов в здании цеха
- 2) повышенным тепловым потерям
- 3) снижению давления в корпусе аппарата
- 4) повышению температуры в помещении цеха

17. Что может стать причиной образования газовых смесей взрывоопасных концентраций в помещении цеха?

- 1) высокая температура среды в аппарате
- 2) загрязнения поверхности рабочей аппарата
- 3) нарушение герметичности аппарата
- 4) закупорка трубопроводов

18. Для снижения действия тепловыделений на рабочих массообменные аппараты следует устанавливать ...

- 1) на верхних этажах
- 2) на открытых площадках
- 3) в подвальных помещениях
- 4) все ответы верны

19. Монтаж технологического оборудования на открытых площадках позволяет ...

- 1) снизить действие тепловыделений на персонал
- 2) уменьшить опасность отравления токсичными газовыделениями
- 3) обходиться без дорогостоящей вентиляции
- 4) все ответы верны

20. В чем заключается негативное действие коррозии?

- 1) нарушается прочность аппарата
- 2) привести к закупорке трубопроводов малого сечения
- 3) продукты коррозии могут загрязнить содержащийся в аппарате продукт
- 4) все ответы верны

8. АППАРАТЫ ДЛЯ СУШКИ МАТЕРИАЛОВ

8.1. Основы процесса сушки и классификация сушилок

Сушка – это процесс удаления влаги из твердого влажного материала путем ее испарения и отвода образующихся паров.

Сушка представляет собой комплекс тепловых, диффузионных, а часто биологических и химических явлений. Сушка используется практически во всех отраслях промышленности. В химической промышленности сушат более 200 тысяч видов материалов: минеральные удобрения и пластмассы, разнообразные красители и средства защиты растений, каучуки и химические реактивы и т.д.

В химической технологии наиболее распространены конвективный и контактный методы сушки. Конвективная сушка заключается в передаче теплоты от теплоносителя к поверхности высушиваемого материала. При контактной сушке теплота передается материалу через обогреваемую перегородку, которая соприкасается с материалом. Значительно реже применяется радиационная сушка (инфракрасными лучами) и сушка электрическим током (высокой или промышленной частоты).

В промышленных сушильных установках в качестве теплоносителя чаще всего используют воздух, топочные газы и водяной пар.

Водяной пар целесообразно использовать для сушки термочувствительных материалов. Пар является чистым теплоносителем. Температуру водяного пара легко регулировать путем дросселирования. Достоинством водяного пара является также высокая теплота конденсации, высокий коэффициент теплоотдачи и пожаробезопасность. В связи с этим, в сравнении с горячим воздухом и топочными газами, расход пара и требуемая поверхность теплоотдачи меньше.

При сушке различных материалов широко используют топочные газы в смеси с атмосферным воздухом. Особенно незаменимы топочные газы при высокотемпературной сушке (300...800 °С и выше).

Если непосредственный контакт топочных газов с высушиваемым материалом не рекомендуется, то применяются огневые калориферы, в которых воздух подогревается топочными газами и направляется на сушку.

Топочные газы получают при сжигании топлива (газ, мазут и т.д.) в топках и смешивают их в камерах смешения с атмосферным воздухом для получения смеси определенной температуры.

Вследствие большой номенклатуры высушиваемых материалов в химических производствах используют много различных по конфигурации сушильных аппаратов.

Сушилки, применяемые в химической промышленности, обычно, классифицируют по способу подвода теплоты к высушиваемому материалу (рис. 8.1).

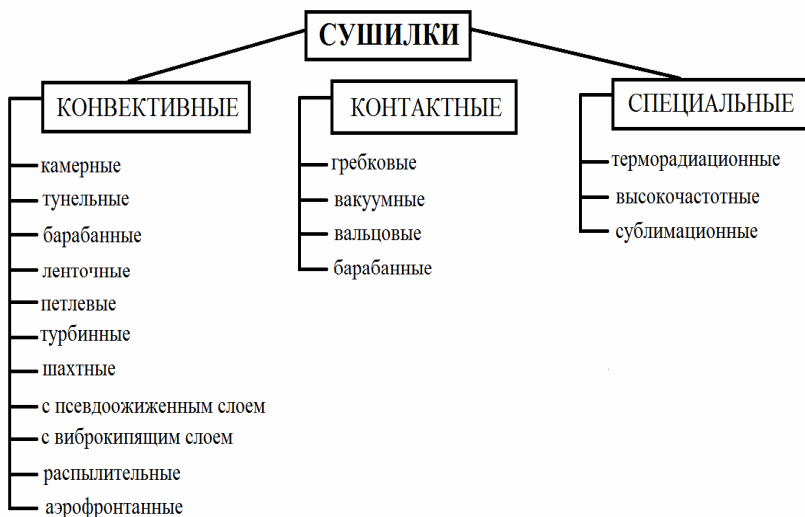


Рис. 8.1. Классификация сушилок

Основой классификации являются: 1) вид теплообмена, имеющий место в сушилке (конвекция или теплопроводность); 2) поведение материала в сушилке (неподвижен на рабочих органах или движется относительно них); 3) конструкции сушилок, используемых для реализации соответствующих методов сушки.

Сушилки классифицируются также по следующим признакам:

- по величине давления в рабочем объеме – атмосферные и вакуумные;
- по режиму работы – периодического и непрерывного действия;
- по направлению движения сушильного агента – прямоточные, противоточные, перекрестные;
- по характеру движения сушильного агента – с естественной и с принудительной циркуляцией;
- по способу нагрева теплоносителя – с паровыми подогревателями, с огневыми подогревателями, путем смешения с топочными газами, с электронагревом.

8.2. Конвективные сушилки

В химической промышленности наиболее широко распространены конвективные сушилки, работающие при атмосферном давлении. В качестве сушильного агента в них используют топочные газы, подогретый воздух или их смесь. В конвективных сушилках процесс сушки может быть реализован в условиях прямоточного или противоточного движения теплоносителя и материала, а также при перекрестном их движении.

Противоточные сушилки, как правило, более экономичны по тепловым затратам. Прямоток целесообразно использовать в тех случаях, когда высушиваемый материал нельзя подвергать высокотемпературному воздействию в конце процесса сушки.

Около 40% всех конвективных сушилок в химической промышленности составляют барабанные сушилки.

Конвективные барабанные сушилки широко используют для сушки сыпучих материалов топочными газами или подогретым воздухом. В них может быть реализовано как прямоточное, так и противоточное движение теплоносителя и высушиваемого материала. Характерной особенностью барабанных сушилок является большая экономичность, благодаря возможности использования высокотемпературных теплоносителей, высокая производительность и надежность в работе. Эти сушилки могут работать без капитального ремонта порядка 6000...8000 ч.

Барабанная конвективная сушилка (рис. 8.2) состоит из вращающегося барабана 8, установленного с наклоном к горизонту. На барабане закреплены два бандаж 10 и зубчатый венец 9 привода. Бандажами барабан опирается на четыре опорных ролика, смонтированных на опорной 3 и опорно-упорной 5 станциях. На последней установлены два упорных ролика, служащих для предотвращения осевого смещения корпуса барабана.

Привод 4 барабана состоит из электродвигателя, редуктора и зубчатой передачи, включающей приводную шестерню и зубчатый венец. На концах барабана установлены загрузочная камера 2 для подачи влажного материала и теплоносителя и разгрузочная камера 6 для вывода продукта и отработанного теплоносителя из аппарата.

Влажный материал подается в барабан с помощью питателя по лоткам 1, установленных с наклоном 60...70 °С.

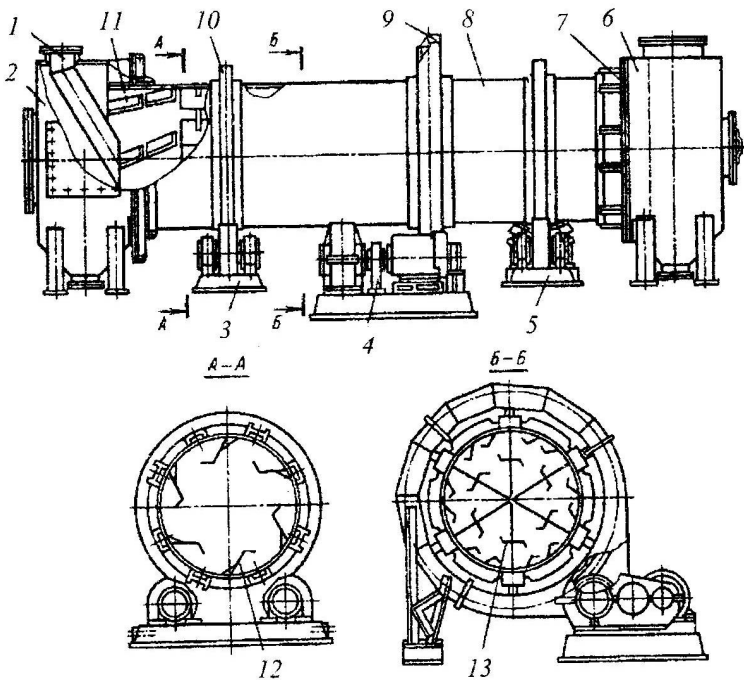


Рис. 8.2. Барабанная сушилка

Для исключения подсоса наружного воздуха зазор между вращающимся барабаном и неподвижными камерами уплотняется с помощью специальных уплотнений 7. Особенно вреден подсос наружного воздуха со стороны подачи горячего теплоносителя, так как при этом снижается температура теплоносителя и увеличивается скорость его движения в барабане.

Барабан внутри имеет насадку, обеспечивающую равномерное распределение и хорошее перемешивание материала по поперечному сечению, а также тесный контакт материала при его пересыпании с сушильным агентом. В головной части барабана на небольшой длине устанавливается приемно-винтовая насадка 11, а далее – основная насадка. Устройство внутренней насадки барабана зависит от гранулометрического состава и свойств высушиваемого материала. Для сыпучих материалов с большим размером частиц или склонных к слипанию материалов в качестве основной насадки рекомендуется использовать лопастную насадку 12, а для материалов с хорошей сыпучестью и размером частиц до восьми миллиметров – секторную 13.

Материал при вращении барабана пересыпается и движется в сторону разгрузочной камеры. За время пребывания материала в барабане он высушивается за счет теплоты, передаваемой конвекцией от топочных газов и теплопроводностью от нагретой поверхности насадки и внутренней поверхности барабана. Высушенный продукт выводится из загрузочной камеры лопастным затвором или шнеком. Отработанные газы отсасываются вентилятором через циклон и отводятся в атмосферу.

8.3. Контактные сушилки

Среди контактных (кондуктивных) сушилок наиболее распространены полочные вакуум-сушильные шкафы, барабанные и вальцевые сушилки. В кондуктивных атмосферных сушилках не допускается контакт высушиваемого материала с теплоносителем. Поэтому их целесообразно применять для сушки материалов, например, с целью исключения загрязнения. Кондуктивные вакуумные сушилки используют для сушки термочувствительных материалов, удаления из материала органических растворителей, сушки токсичных и легковоспламеняющихся веществ, когда необходима герметизация процесса.

В контактных сушилках теплота высушиваемому материалу передается теплопроводностью от нагретой поверхности. При этом воздух или другие газы служат только для удаления испарившейся влаги из рабочего объема аппарата. В этих сушилках в качестве теплоносителя используют водяной пар, высококипящие органические растворители, расплавы солей и металлов.

По величине давления в рабочем объеме различают атмосферные и вакуумные контактные сушилки. Вакуумные сушилки целесообразно использовать при сушке легко окисляющихся материалов, а также термолабильных, токсичных, пожаро- и взрывоопасных.

В химической промышленности из периодически действующих контактных сушилок наибольшее распространение имеют вакуум-гребковые сушилки, отличающиеся высокой интенсивностью процесса сушки.

Вакуум-гребковая сушилка (рис. 8.3) состоит из горизонтального цилиндрического корпуса 1, с паровой рубашкой 2, внутри которого установлен ротор 3 (или перемешивающее устройство). Ротор имеет реверсивный привод, автоматически меняющий каждые 5...8 минут направление его вращения. Гребки ротора закреплены на валу взаимно перпендикулярно. При этом на одной половине барабана гребки изогнуты в одну сторону, а на другой половине – в противоположную. Вследствие такой конструкции ротора, материал в корпусе движется следующим образом. Сначала материал, загруженный через люк 4, перемещается к периферии

корпуса при вращении ротора в одну сторону. Затем при вращении ротора в другую сторону материал движется к разгрузочному люку *б*, расположенному в середине ротора. С целью разрушения комков и дополнительного перемешивания материала в корпус между гребками помещают свободно перекатывающиеся трубы *5*. В конструкции сушилки предусмотрен дополнительный нагрев материала, осуществляемый путем подачи теплоносителя через полый вал ротора. Для соединения корпуса сушилки с вакуум-насосом служит штуцер *7*.

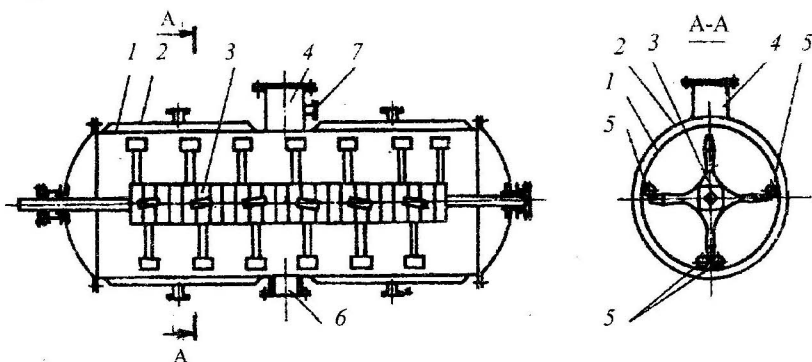


Рис. 8.3. Вакуум-гребковая сушилка

Преимуществами вакуум-гребковой сушилки являются: 1) перемешивание материала медленно вращающимся ротором, увеличивающее скорость сушки; 2) механизация загрузки и выгрузки материала. К их недостаткам следует отнести периодичность действия, сложность конструкции и большие эксплуатационные расходы.

8.4. Выбор типа сушилки

К основным факторам, влияющим на выбор типа сушилки, относятся свойства высушиваемого материала, форма связи с ним влаги, начальная влажность и объем производства. Кроме того, обязательным условием правильного выбора сушилки является также наличие следующих показателей влажного материала: термическая стойкость, способность к образованию зарядов статического электричества, агрегатное состояние (сыпучий, жидкий, пастообразный), способность к взаимодействию отдельных частиц материала между собой (адгезия) или с твердой стенкой (когезия), теплоемкость, гранулометрический состав и др.

При выборе типа сушилки необходимо учитывать следующие факторы. Малотоннажные (производительностью до 250 кг/ч) и среднетоннаж-

ные (до 3500 кг/ч) производства целесообразно укомплектовывать типовыми аппаратами, а для крупнотоннажных (свыше 3500 кг/ч) требуются индивидуальные разработки с учетом особенностей производства.

При обработке небольших количеств продукта при значительном ассортименте, а также при сушке материала, требующего изменение режима в процессе сушки, целесообразно использовать сушилки периодического действия. Жидкие и хорошо текучие материалы (растворы и суспензии) сушат в распылительных сушилках. Пасты сушат на вальце-ленточных и петлевых сушилках.

Сыпучие материалы, содержащие связанную влагу, рекомендуется сушить в барабанных, ленточных и других сушилках.

Токсичные и пожароопасные материалы сушат в контактных вакуумных сушилках.

Как правило, для сушки конкретного материала пригодны аппараты нескольких типов. В связи с этим окончательный выбор типа сушилки осуществляют на основании результатов технико-экономического сравнения вариантов сушки по приведенным затратам.

8.5. Основы безопасной эксплуатации сушилок

В процессе эксплуатации сушилок периодического действия обслуживающий персонал находится в неблагоприятных условиях (запыленная камера, непосредственный контакт с продуктами при загрузке и разгрузке и т.д.). В связи с этим применение данных сушилок достаточно ограничено.

Работа сушилок непрерывного действия сопровождается значительным пылевыделением в местах загрузки и разгрузки сыпучих материалов. Для исключения попадания пыли в производственное помещение данные места должны быть герметизированы и обеспечены вытяжной вентиляцией. Сушку вредных веществ целесообразно осуществлять в вакуумных аппаратах. Применение последних позволяет обеспечить оптимальные условия для улавливания пыли и вредных испарений, а также снижения температуры сушки.

Для сушки взрывоопасных продуктов разработаны следующие мероприятия по безопасной эксплуатации сушилок: во-первых, данные вещества целесообразно сушить в токе инертного газа; во-вторых, иногда взрывоопасный материал смешивают с негорючим инертным наполнителем и сушат полученную пасту.

Тепловыделяющие части корпуса сушилок необходимо теплоизолировать, чтобы температура их наружной поверхности не превышала установленную санитарными нормами.

В процессе сушки возможно образование и накопление зарядов статического электричества, возникающих за счет электризации частиц продукта при их движении и трении. Наибольшую опасность при этом представляют аппараты с кипящим слоем при сушке пластмасс. Для предотвращения накопления статического электричества применяют специальные устройства для его снятия.

ТЕСТ

1. Сушка – это процесс ...
 - 1) удаления влаги из твердого влажного материала
 - 2) испарения влаги
 - 3) удаления влаги из твердого влажного материала путем ее испарения и отвода образующихся паров
 - 4) поглощения влаги материалом
2. Какие методы сушки наиболее распространены в химической промышленности?
 - 1) сушка электрическим током
 - 2) конвективная сушка
 - 3) сушка инфракрасными лучами и контактная сушка
 - 4) контактная и конвективная сушка.
3. Какой теплоноситель рекомендуется использовать для сушки термочувствительных материалов?
 - 1) водяной пар
 - 2) топочные газы
 - 3) воздух
 - 4) все ответы верны
4. Какой теплоноситель целесообразно использовать при высокотемпературной сушке?
 - 1) водяной пар
 - 2) топочные газы
 - 3) воздух
 - 4) все ответы верны
5. Какой режим относительного движения теплоносителя и материала наиболее экономичен?
 - 1) прямоточный
 - 2) противоточный
 - 3) перекрестный
 - 4) все ответы верны

6. Для исключения подсоса наружного воздуха в барабанных сушилках применяют ...

- 1) загрузочную камеру
- 2) разгрузочную камеру
- 3) специальные уплотнения
- 4) насадку внутри барабана

7. Насадка внутри барабана служит для ...

1) обеспечения движения материала вдоль барабана
2) обеспечения равномерного распределения материала по сечению барабана

- 3) подачи влажного материала в барабан
- 4) отвода отработанного теплоносителя

8. В кондуктивных атмосферных сушилках не допускается контакт высушиваемого материала ...

- 1) с корпусом сушилки
- 2) с теплоносителем
- 3) с перемешивающим органом
- 4) с тепловой рубашкой

9. Вакуумные контактные сушилки целесообразно использовать при сушке материалов ...

- 1) термостабильных
- 2) термолабильных
- 3) нетоксичных
- 4) непожароопасных

10. Воздух в контактных сушилках служит ...

- 1) в качестве теплоносителя
- 2) для перемешивания высушиваемого материала
- 3) для удаления испарившейся влаги из объема аппарата
- 4) для контакта теплоносителя и высушиваемого материала

11. Назовите основные вредные факторы при работе сушилок.

- 1) пыль
- 2) шум
- 3) тепловые ожоги
- 4) заряды статического электричества

12. Как целесообразно сушить взрывоопасные материалы?

1) сушат смесь взрывоопасного материала и негорючего инертного наполнителя
2) применяют сушку электрическим током

- 3) применяют сушку инфракрасными лучами
- 4) все ответы верны

13. Какие материалы целесообразно сушить в вакуумных сушилках?

- 1) пожароопасные
- 2) термостабильные
- 3) токсичные
- 4) непожароопасные

14. Какую температуру должны иметь тепловыделяющие части корпуса сушилок после тепловой изоляции?

- 1) их температура не должна превышать установленную санитарными нормами
- 2) их температура должна быть равна температуре окружающего воздуха
- 3) их температура не должна превышать температуру окружающего воздуха
- 4) их температура должна быть равна температуре теплоносителя

15. Какие устройства следует применять в сушилках при сушке пожароопасных материалов?

- 1) устройства вытяжной вентиляции
- 2) устройства для предотвращения накопления статического электричества
- 3) устройства для обеспечения герметичности
- 4) устройства автоматического водяного и парового пожаротушения

16. Какие вещества целесообразно сушить в потоке инертного газа?

- 1) пожароопасные
- 2) взрывоопасные
- 3) токсичные
- 4) термолабильные

17. Какую вентиляцию целесообразно применять при работе непрерывно действующих сушилок?

- 1) вытяжную
- 2) приточную
- 3) приточно-вытяжную
- 4) аварийную

18. Работа каких сушилок характеризуется опасным образованием и накоплением зарядов статического электричества?

- 1) барабанных
- 2) пневматических

3) ленточных

4) сушилки с кипящим слоем при сушке пластмасс

19. Работа каких сушилок характеризуется неблагоприятными условиями для обслуживающего персонала?

1) непрерывного действия

2) периодического действия

3) конвективные сушилки

4) контактные сушилки

20. Какие сушилки позволяют высушивать материал при пониженных температурах?

1) вакуумные

2) атмосферные

3) пневматические

4) контактные

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Студенты, обучающиеся по направлению подготовки "Техносферная безопасность" (профиль "Безопасность технологических процессов и производств"), должны приобрести профессиональные навыки по безопасной эксплуатации технологического оборудования. В этом им определенную помощь должно оказать настоящее учебное пособие.

В учебном пособии изложен материал по устройству, принципу действия и основам эксплуатации технологического оборудования химической и смежных отраслей промышленности.

Изложенный в пособии материал предусмотрен для изучения студентами Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 20.03.01 "Техносферная безопасность".

Материал, изложенный в учебном пособии, будет полезен студентам бакалавриата и магистратуры по направлению "Техносферная безопасность" при выполнении курсовых и дипломных проектов, а также повысит их профессиональную подготовку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Машины и аппараты химических производств : учебник для вузов / А. С. Тимонин, Б. Г. Балдин, В. Я. Борщев и др. : под общ. ред. А. С. Тимонина. – Калуга : Изд-во Н.Ф. Бочкаревой, 2014. – 872 с.
2. Поникаров, И. И. Машины и аппараты химических производств и нефтегазопереработки : учебник / И. И. Поникаров, М. Г. Гайнулин. – М. : Альфа-М, 2006. – 608 с.
3. Тимонин, А. С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования : справочник / А. С. Тимонин. – Калуга 2002. – Т. 1–3.
4. Методы и средства обеспечения безопасности труда в машиностроении : учебник для вузов / под ред. Ю. М. Соломенцева. – М. : Высш. шк., 2000. – 326 с.
5. Средства защиты в машиностроении: Расчет и проектирование: справочник / С. В. Белов, А. Ф. Козьяков, О. Ф. Партолин и др. – М. : 1989. – 366 с.
6. Машины и аппараты химических производств / И. И. Чернобыльский, А. Г. Бондарь, Б. А. Гаевский и др. – М. : Машиностроение, 1975. – 456 с.
7. Шкоропад, Д. Е. Центрифуги и сепараторы для химических производств / Д. Е. Шкоропад, О. П. Новиков – М. : Машиностроение, 1987. – 356 с.
8. Жужиков, В. А. Фильтрация / В. А. Жужиков – М. : Химия, 1980. – 400 с.
9. Александров, И. А. Ректификационные и абсорбционные аппараты / И. А. Александров – М. : Химия, 1978. – 277 с.
10. Барановский, Н. В. Пластинчатые и спиральные теплообменники / Н. В. Барановский – М. : Машиностроение, 1973.– 288 с.
11. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической промышленности / А. Г. Касаткин – М. : Химия, 1973. –750 с.
12. Хамский, Е. В. Кристаллизация в химической промышленности / Е. В. Хамский – М. : Химия, 1979. – 343 с.
13. Клушанцев, Б. В. Дробилки. Конструкции, расчет, особенности эксплуатации / Б. В. Клушанцев, А. И. Косарев, Ю. А. Муйземек. – М. : Машиностроение, 1990. – 320 с.
14. Конструирование и расчет машин химических производств / Ю. И. Гусев, И. Н. Карасев, Э. Э. Кольман-Иванов и др. – М. : Машиностроение, 1985. – 408 с,
15. Макаров, Ю. И. Аппараты для смешения сыпучих материалов / Ю. И. Макаров. – М. : Машиностроение, 1973. – 215 с.

16. Машины и аппараты химических производств / И. И. Поникаров, О. А. Перельгин, В. Н. Доронин и др. – М. : Машиностроение, 1989. – 368 с.

17. Мартынов, В. Д. Строительные машин и монтажное оборудование / В. Д. Мартынов, Н. И. Алешин, Б. П. Морозов – М. : Машиностроение, 1990. – 352 с.

18. Промтов, М. А. Безопасная эксплуатация технологического оборудования : учебное пособие / М. А. Промтов, В. Я. Борщев, Г. С. Кормильцин. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 80 с.

19. Основы безопасной эксплуатации технологического оборудования химических производств : учебное пособие / В. Я. Борщев, Г. С. Кормильцин, М. А. Промтов, А. С. Тимонин. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО "ТГТУ", 2011. – 188 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ.....	6
1.1. Основные понятия о машинах и аппаратах химических производств.....	6
1.2. Основные правила безопасной эксплуатации технологи- ческого оборудования.....	7
1.3. Декларирование промышленной безопасности производ- ственных объектов.....	13
1.4. Требования к аппаратурному оформлению технологи- ческих процессов и размещению оборудования.....	17
2. МАШИНЫ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ.....	21
2.1. Процессы измельчения, классификация измельчителей.....	21
2.2. Дробилки, разрушающие материал сжатием.....	24
2.3. Барабанные шаровые мельницы.....	25
2.4. Особенности эксплуатации машин для измельчения.....	27
3. МАШИНЫ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ.....	33
3.1. Основные понятия.....	33
3.2. Конструкции грохотов.....	34
3.3. Конструкции воздушных сепараторов.....	35
3.4. Безопасная эксплуатация оборудования для классифика- ции сыпучих материалов.....	37
4. МАШИНЫ ДЛЯ СМЕШИВАНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ.....	41
4.1. Основы процесса смешивания и классификация оборудования.....	41
4.2. Конструкции смесителей периодического действия.....	43
4.3. Конструкции смесителей непрерывного действия.....	45
4.4. Особенности безопасной эксплуатации смесителей.....	47
5. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ЖИДКИХ НЕОДНОРОДНЫХ СИСТЕМ.....	51
5.1. Основные понятия.....	51
5.2. Назначение и классификация фильтров.....	51
5.3. Типовые конструкции фильтров.....	52
5.4. Центрифуги.....	57
5.5. Основы безопасной эксплуатации фильтров и центрифуг... 6. ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ.....	63
	68

6.1. Назначение, выбор и классификация теплообменных аппаратов.....	68
6.2. Кожухотрубчатые теплообменники.....	70
6.3. Теплообменники с поверхностью теплообмена, изготовленные из листового материала.....	74
6.4. Особенности эксплуатации теплообменных аппаратов.....	76
7. МАССОБМЕННАЯ АППАРАТУРА	81
7.1. Общие сведения и классификация аппаратов.....	81
7.2. Тарельчатые массообменные аппараты.....	83
7.3. Насадочные массообменные аппараты.....	89
7.4. Кристаллизаторы.....	91
7.5. Основы безопасной эксплуатации массообменных аппаратов.....	94
8. АППАРАТЫ ДЛЯ СУШКИ МАТЕРИАЛОВ.....	98
8.1. Основы процесса сушки и классификация сушилок.....	98
8.2. Конвективные сушилки.....	100
8.3. Контактные сушилки.....	102
8.4. Выбор типа сушилок.....	103
8.5. Основы безопасной эксплуатации сушилок.....	104
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	109
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	110

Учебное электронное мультимедийное издание

БОРЩЕВ Вячеслав Яковлевич

БЕЗОПАСНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Учебное пособие

Редактор З. Г. Чернова

Дизайн, структура, навигация В. Я. Борщева
Обложка, упаковка, тиражирование Т. Ю. Зотовой

ISBN 978-5-8265-1587-7



Подписано к использованию 20.06.2016.
Тираж 100 шт. Заказ № 292

Издательско-полиграфический центр
ФГБОУ ВО «ТГТУ»

392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14
Телефон 8(4752)63-81-08
E-mail: izdatelstvo@admin.tstu.ru