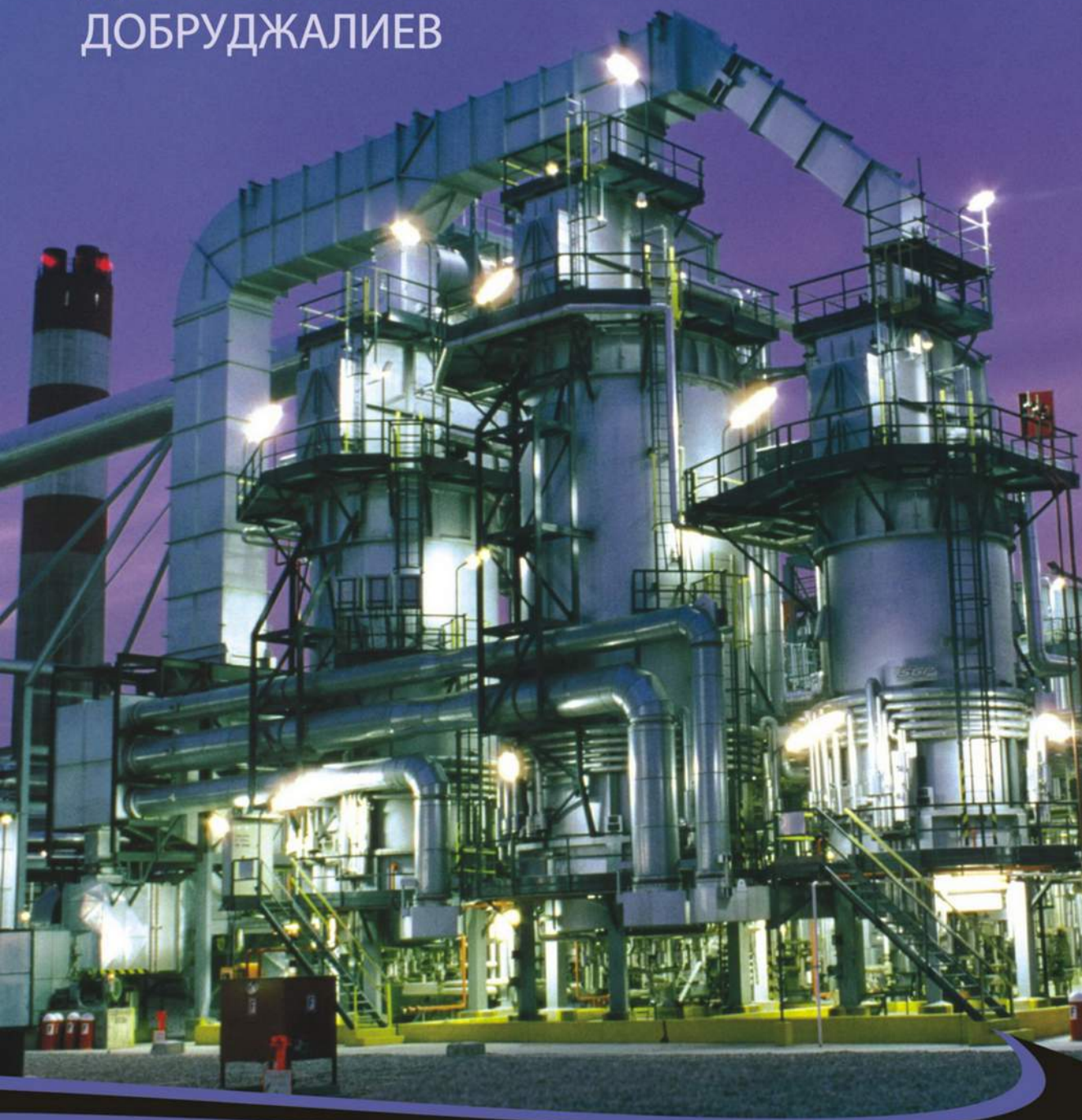


Драгомир
ДОБРУДЖАЛИЕВ



МАШИНИ, АПАРАТИ И СЪОРЪЖЕНИЯ
В ХИМИЧЕСКАТА И БИОХИМИЧЕСКАТА ПРОМИШЛЕНОСТ

Драгомир Добруджалиев

**Машины, апарати и съоръжения
в химическата и биохимическата промишленост**



Издавателство Libra Scorpe

© МАШИНИ, АПАРАТИ И СЪОРЪЖЕНИЯ
В ХИМИЧЕСКАТА И БИОХИМИЧЕСКАТА ПРОМИШЛЕННОСТ
© Автор: Драгомир Г. Добруджалиев

Рецензент: проф. д-р инж. Иван Пенчев
Българска, първо издание
ISBN 978-954-471-147-4
Издателство ЛИБРА СКОРП
Бургас, 2011

Това е откъс от книгата.

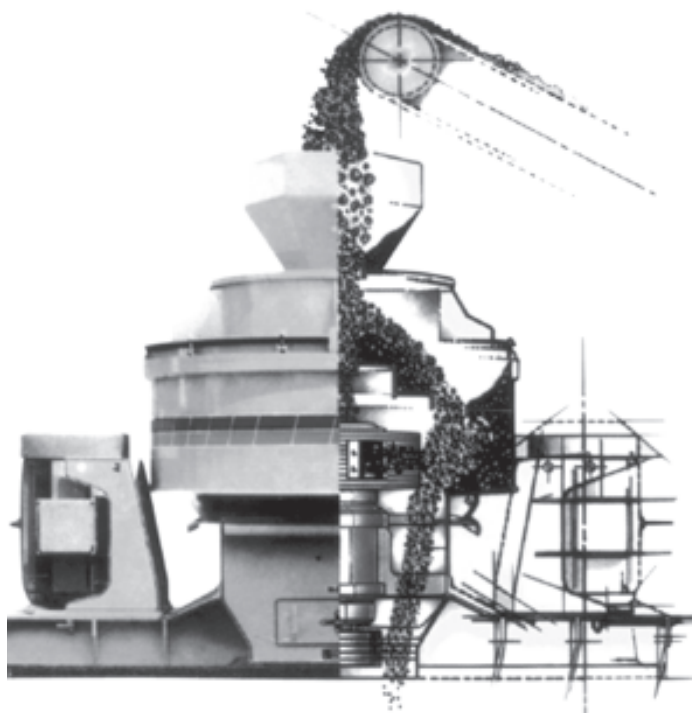
Цялата книга може да намерите в Библио.бг

www.biblio.bg



Драгомир Добруджалиев

Машины, апарати и съоръжения в химическата и биохимическата промишленост



Настоящата монография предлага обобщен преглед на машините, апаратите и съоръженията, които най-активно се използват при реализиране на промишлени производствени процеси в химичните и биохимични технологии. Тя предлага познания в областта на конструкционните материали, от които те са изградени, както и от промишлените подходи за защитата им от корозия. Разгледана е също и компоновката на всички производствени съоръжения в единна производствена система. Обърнато е основно внимание на топлинната изолация и тръбопроводните системи. В монографията се разглеждат и подходите за монтаж, техническо обслужване и ремонтни дейности, които са в основата на ефективната експлоатация на промишленото оборудване.

Тя се препоръчва на:

- ▶ инженери от производствата, студенти, докторанти и изследователи в областта на химичното инженерство;
- ▶ на проектанти, научни работници, сътрудници в развойни звена и менажери в различните нива на управление на химико-технологични производства;
- ▶ на всички специалисти от другите инженерни науки, които участват в осигуряването на производствата в химическите предприятия и фирми, свързани с надеждната и високопроизводителна експлоатация на използваното оборудване.

Авторът изказва благодарност на:

- **проф. д-р инж. Иван Пенчев** — Ръководител катедра “Инженерна химия” при ХТМУ — София за ценните препоръки и направената рецензия;
- **на семейството ми** за търпението и разбирането и специално на **съпругата ми Ваня** за безрезервната подкрепа;
- **на Издателство “Либра Скорп”** в лицето на Управителя му **д-р инж. Денчо Михов** и на **инж. Петя Станева** за графичния дизайн и съдействието;
- **на всички, които помогнаха за издаването на този труд — БЛАГОДАРЯ!**

Глава първа

Машины, апарати, реактори и съоръжения в химическата промишленост

1. Цел и задачи на монографията

Целта на настоящата монография е да направи обобщен преглед на машините, апаратите, реакторите и съоръженията, в които се реализират промишлени процеси в химичните и биохимичните производства.

За постигане на тази цел е необходимо да се изпълнят следните **основни задачи**:

1. да се представят основни конструкции на съвременните машини, апарати, реактори и съоръжения, както и тръбопроводи и тръбопроводна апаратура, в които се реализират различни промишлени процеси;

2. да се представят начините за окомплектуване на оборудването в технологични линии и производства;

3. да се разгледат факторите, които влияят върху конструкциите на химико-технологичното оборудване;

4. да се опишат и спазват основните изисквания към машините, апаратите и съоръженията;

5. да се направи обобщен преглед на съвременните конструкционни материали, от които се изработва химикотехнологичното оборудване;

6. да се опишат методите за защита на промишлените съоръжения от корозия, както от външни и вътрешни въздействия;

7. да се опишат и спазват правилата за безопасна експлоатация на оборудването (особено при работа с агресивни среди, с пожароопасни и взривоопасни смеси и вещества);

8. да се проследят тенденциите за усъвършенстване на конструкциите и използването на нови конструкционни материали;

9. да се опишат и спазват правилата за:

— монтаж;

— пусково-наладачните работи;

— техническото обслужване;

— ремонтни дейности на технологичното оборудване.

2. Определение за машини, апарати, съоръжения, технологични линии и производства

Машините, апаратите, реакторите и съоръженията представляват елементи на химико-технологичното оборудване за преработване на естествени и синтетични суровини по определени технологии за получаване на целеви продукти. Тези продукти могат да бъдат предназначени за крайния потребител или да се използват като суровини в други технологични процеси.

Машините, апаратите и реакторите участват в изграждането на **технологични линии и производства** съвместно със спомагателно оборудване и съоръжения, като резервоари, бункери, тръбопроводи, арматура, опори, дозатори, затвори и др.

Машини са устройства, в които се осъществява определен технологичен процес с помощта на движещ се елемент или система от движещи се елементи, изпълняващи основна роля за осъществяване на процеса. При тях се *използва винаги външна механична енергия*. Машини са: хидравличните машини (помпи, компресори, вентилатори), смесителите, центрофугите, сепараторите, центробежните екстрактори и изпарители, мелниците, ситата и др.

Апарати са устройства *без движещи се части*, в които се извършват цялостни технологични процеси или части от тях. Възможно е при някои от апаратите да има движещи се части, но те изпълняват второстепенна роля. Изключение правят съдовете и реакторите с бъркачки, класифицирани към групата на апаратите.

В апаратите се реализират различни процеси под действието на топлинна енергия или при наличие на неравновесни фази. Към тях се отнасят топлообменници, абсорбери, сушилни, филтри, колонни апарати за екстракция, ректификация и йонообмен, изпарителни апарати и др.

Реакторите са устройства за *реализация на различни химични превръщания* с цел получаване на определени вещества (газотечностни реактори, реактори за хетерогенни реакции, реактори за газови реакции върху твърд катализатор, реактори за пиролиз и крекинг и др.).

Спомагателното оборудване и съоръжения са елементи, които не участват пряко в технологичните процеси, но осигуряват тяхното извършване. Това са: резервоари, бункери, дозатори, транспортни ленти, шнекове, елеватори, тръбопроводи, арматура и др.

Технологична линия — съвкупност от машини, апарати, реактори и съоръжения за получаване на целеви продукт. Той може да бъде използван като суровинен ресурс или директно от крайния потребител.

Химико-технологично производство — най-често представлява съвкупност от технологични линии за получаване на един или няколко целеви продукта предназначени за крайния потребител.

3. Основни изисквания към машини, апарати и съоръжения в химическата промишленост

Химико-технологичните инсталации и производства се състоят от машини, апарати, реактори и съоръжения, които *отговарят на производствените, конструктивните, технико-икономическите изисквания и изискванията за техниката за безопасност.*

Проектирането и конструирането на машини, апарати, реактори, спомагателно оборудване и съоръжения се осъществява въз основа на техническите изисквания, на които трябва да отговаря оборудването. Удовлетворяването на всички изисквания към всички елементи на технологичното оборудване в еднаква степен е невъзможно. За това целта е създаване на такива машини, апарати и реактори, които да удовлетворяват в задоволителна степен техническите изисквания на конкретното производство.

Всеки елемент от химическото оборудване, трябва да бъде *здрав, удобен, безопасен за обслужване, високопроизводителен и икономически целесъобразен.* Задължително условие за продължителна и безаварийна работа на оборудването е неговата *механична надеждност и конструктивно съвършенство.*

Основни характеристики на химико-технологичното оборудване:

1. **Компактност, надеждност и простота на технологичното оборудване,** включващо удобство и несложност при изработване, монтаж, експлоатация и ремонт на оборудването, стандартизация на възли и детайли, правилен избор на допуските и др.

2. **Механична надеждност — здравина, твърдост и устойчивост,** както и херметичност на машините и апаратите.

Здравината е свързана с дълготрайната и безопасна работа на оборудването. Тя е пряко свързана с конструктивните материали и стойността на оборудването. Намаляването на теглото и цените на оборудването не трябва да бъде за сметка на неговата здравина. Този принцип не се спазва в случаите когато конструкцията трябва да бъде разрушена, например при апаратите с взривна мембрана или при машините със срязване на щифт или болт, предпазващи от по-големи разрушения в оборудването.

Твърдостта е необходима за апарати, работещи под налягане. Разрушаването на апарата може да настъпи не от недостатъчна якост, а от недостатъчната твърдост на конструкцията, създаваща условия за изменение на формата ѝ. Тази загуба на формата води до загуба на устойчивост, до намаляване на якостта и разрушения.

Дълготрайността е характеристика, определяща срокът за надеждната експлоатация на оборудването. Тя е характеристика, която наред с якостта и твър-

достта е съществен критерий за оценяване качеството на оборудването. При проектиране, срокът на дълготрайност се приема 10–12 години. При съвременните темпове на развитие на техниката и химичните технологии оборудването бързо морално остарява и затова дълготрайността не трябва да бъде твърде голяма.

Херметичност на оборудването е необходимо при машини и апарати, работещи при свръхналягане с токсични, пожароопасни и взривни вещества.

3. Осигуряване на необходимия технологичен режим:

- непрекъснатост на процеса;
- спазване на необходими технологични параметри — температури, налягания, количества катализатори, време на реакции и др.;
- получаване на целеви продукти с необходими състави и характеристики;
- устойчивост на режима на работа;
- продължителност на работа между два ремонта;
- очистка и удобство при експлоатация;
- контрол на работата, автоматизация и механизация на процеса;

4. Конструктивно съвършенство

Конструктивното съвършенство на химикотехнологичното оборудване се характеризира, чрез: *простота на конструкцията, малко тегло и габарити, технологичност на конструкциите, малък разход на скъпи и дефицитни материали, ниска себестойност, корозионна устойчивост и висок коефициент на полезно действие.*

Сравнително несложните конструкции, малкото тегло и разход на скъпи материали, както и технологичността на конструкциите, определят стойността на оборудването. Рационалната конструкция, високия КПД и експлоатационните характеристики на оборудването в значителна степен определят стойността на експлоатационните разходи.

5. Технологичност на конструкциите

Под технологичност на конструкциите обикновено се разбира лекотата и удобство на изработката, малкия брой операции, правилния избор на допуските, използването на стандартни детайли и възли.

6. Експлоатационни характеристики

Експлоатационните характеристики на оборудването включват удобната, несложна и евтина експлоатация, като в това се включват следните операции:

- лесен монтаж, демонтаж и ремонт на оборудването;
- замяна на износени части и модули;
- възможност за контрол и провеждане на изпитания;
- безаварийна работа;
- лесно поддържане на технологичния режим;
- отсъствие на шум и вибрации по време на работа;

- малък обслужващ персонал;
- безопасност по време на експлоатация;
- удобство при транспортиране.

Автоматизацията на производството и включването на допълнителни управляващи и регулиращи устройства води до капитални разходи, но повишава качествата на продукцията, намалявайки експлоатационните разходи.

Всяка конструкция на технологичното оборудване трябва да отговаря на *държавните стандарти, ведомствените нормали и инспекции*.

Съвременните машини и апарати в химическата промишленост се изработват на модулен принцип, като тези с голяма единична мощност притежават огромни размери. Те трябва да бъдат съобразени със средствата за транспортиране по морските и сухоземни пътища (шосета и железопътен транспорт).

7. Техничко-икономически показатели

Съвременното оборудване трябва да отговаря и на редица **техничко-икономически показатели**, като:

- производителност;
- разходни коефициенти;
- себестойност на оборудването;
- експлоатационни разходи;
- себестойност на продукцията.

Глава втора

Основни фактори, влияещи на конструкцията на химични машини и апарати

1. Основни фактори

Основните фактори, които влияят върху конструкцията и размерите на химико-технологичното оборудване са:

- технологичния процес, който се извършва;
- силите, които действат в машините и апаратите;
- начина за тяхното изработване и експлоатационните изисквания.

1.1. Технологичният процес и производителността са основните фактори определящи **размерите** (като *дължина, диаметър, площ* на напречно сечение и др.) на използваните промишлени апарати.

При това трябва да се отчита **спецификата на извършвания процес**:

- хидравличен, топлинен, дифузионен или химически;
- скоростта за протичането на процеса;
- начина за неговото провеждане (периодичен или непрекъснат, като при непрекъснатите процеси броя и размерите на апаратите се определя от принципа за действие на апарата);
- агрегатното състояние на изходните суровини и тяхното изменение при провеждането на процеса;
- термодинамичните условия (налягане, температура и концентрация);
- агресивността на средите и получаваните продукти;
- чистотата на целевите продукти и отпадъчните съединения и други технологични ограничения.

Технологичните фактори обикновено действат съвместно и оказват съществено влияние върху устройството, размерите и конструкциите на апаратите, в които се провеждат основните и спомагателни процеси.

1.2. Силите и другите механични натоварвания, действащи върху апаратите и на отделни техни части определят техните размери и изисквания за здравина на съоръженията. При това **се отчитат**:

- механичните свойства на материалите;
- характера, интензивността и степента на динамичното натоварване;
- формата на натоварените части;
- температурата, влияеща върху здравината на материалите;
- изменение дебелината на стените в резултат на корозията.

1.3. Технологичната изработка зависи от формата, дебелината на стените и стойността на апаратите. Начинът за изработването на оборудването зависи от технологичните свойства и начина за обработка на конструкционния материал. Технологичната изработка зависи и от серийното производство или изработката на единични екземпляри от оборудването. Експлоатационните изисквания са определящи за конструкциите на отделните апарати, възли и устройства.

Открояват се някои **тенденции при конструирането** на химико-технологично оборудване в зависимост от провежданите процеси, като:

1. Оборудването с непрекъснато действие е за предпочитане пред периодично действащото оборудване. Така се използва целият реакционен обем и се получава еднороден краен целеви продукт. Това оборудване лесно се подлага на автоматизация.

2. Оборудването, в което се използват течни и газообразни среди е по-контактно и ефективно, отколкото оборудване, в което се използват твърди материали. При тях по-лесно се осигурява масо- и топлообмен между течността, парите или газовете, отколкото при твърдите материали.

3. Използването на апарати с подвижен, зърнест слой е по-ефективно, отколкото апаратите с неподвижен слой, или апаратите при които се извършва механическо разбъркване.

4. Оборудването, което работи в пределни граници на хидродинамичните режими е много по-ефективно, отколкото оборудването работещо в умерените режими.

Използването на допълнителни устройства, като сепаратори, прегради, бъркачки и други често води до увеличаване на енергийните разходи. Но, това обикновено се компенсира с увеличаване производителността на апаратите. Като съвременна тенденция се откроява намаляване на енергийните разходи, чрез промяна и подбор на ефективни конструкции в апаратите.

2. Определяне основни размери на апарати с периодично действие

Апаратите с непрекъснато действие трябва да притежават обем, достатъчен за поемане на всички реагиращи компоненти, обработвани за една опера-

ция. При определяне броя на необходимите апарати се отчита не само времето необходимо за самия процес, но и времето за напълване и изпразване на апарата, за промиване, пропарване, продухване и други спомагателни операции необходими за привеждане на апарата в неговото изходно състояние. Конструкциите на апаратите трябва да подпомагат провеждането на всички тези операции за кратко време.

Обикновено се задава преработваемият материал за денонощие в V куб. м/денонощие и времето за провеждане на операцията τ в часове, явяващо се сума от:

$$\tau = \tau_1 + \tau_2$$

където: τ_1 е време за провеждане на реакцията;

τ_2 — време необходимо за зареждане, изпразване на апарата, промиване, продухване и други.

Работният обем на апарата V_p е винаги по-малък от пълния обем V_n .

Отношението $V_p/V_n = \phi$ се нарича коефициент на запълване на апарата.

За апарати в които не се извършва бурно кипене или пянообразуване, $\phi = 0,7-0,85$. Ако се наблюдават такива явления, то $\phi = 0,4-0,6$.

Броят на операциите провеждани за определено производство в денонощие се определя по:

$$\alpha = V / V_p \text{ операции в денонощие.}$$

Броят на операциите, провеждани на един апарат в денонощие е:

$$\beta = 24 / \tau$$

Необходимият брой на апаратите е:

$$n = \alpha / \beta = V \cdot \tau / 24 V_p$$

Броят на апаратите с отчитане на необходимия резерв се определя по:

$$np = (1.1 \div 1.15) n$$

След това, задавайки работния обем на апаратите се определя техния брой, или по броя на апаратите се определя техния обем. Чрез него се определят необходимите размери на апарата. Ако апарата за периодично действие не се явява само реакционна емкост, а например ректификационна установка, то този разчет предоставя възможност да се определи само обема на куба, в който да се вмести цялото количество изходна смес, преработвана за операцията.

3. Определяне основни размери на апарати с непрекъснато действие

Габаритните размери на непрекъснато действащите апарати, както и на периодично действащите определят тяхната производителност. Напречното сечение на апаратите с непрекъснато действие се определя, чрез съотношението на обемната производителност и скоростта на протичащите през него обработваеми компоненти. Дължината или височината на апарата зависят от вре-

мето на пребиваване във тях на обработваемите компоненти. Ако това време не от значение, тези размери се определят от габаритите на устройствата и елементи, намиращи се вътре в апаратите, като: дължините на тръби и решетки, размери на сепаратори, височина на пълнежи и други.

Ако секундната производителност на апарата е q , m^3/s и времето необходимо за провеждане на процеса е τ , s , то обемът на апарата е:

$$V = q \cdot \tau / n, m^3$$

Скоростите на движението на флуидите (газове или течности) ω , m/s обикновено са известни или се задават по технологични или икономически съображения. Те се използват за определяне сечението на апарата:

$$f = q / \omega, m^2$$

и неговите размери:

$$D = (4f / \pi)^{1/2}, m$$

$$a = f / b, m$$

където:

D — е диаметър в метри;

a , b — страни на апарата с правоъгълно сечение.

По време на процеса τ се определя дължината на работната част на апарата:

$$L = \omega \cdot \tau, m$$

и обемът е:

$$f \cdot L = V, m^3$$

Повърхността на апарата може да се използва за целите на топлообмена, където тя се определя по формулата:

$$F = \Pi \cdot L, m^2$$

$\Pi = \pi \cdot D$ — за апарати с кръгло сечение

$\Pi = 2(a + b)$ — за апарати с правоъгълно сечение

Ако тази повърхност е малка или не е удобна да се използва за топлообмен, то в апарата се създава специална топлообменна повърхност. При определяне размерите на апаратите е необходимо да се отчитат и размерите на намиращите се в тях работни устройства. При изчисляване на дифузионни и контактни апарати, освен q и ω се задава и повърхността на междуфазовия контакт F_k .

Площта от напречното сечение на апарата запълнено с катализатор или пълнеж се определя по:

$$f = q / \omega \cdot \psi, m^2$$

където: ψ — отношение на свободното сечение на пълнежа към общото сечение на апарата.

Обемът на работната част на апарата се приема равен на обема на пълнежа или катализатора с необходимата повърхност:

$$V_p = F_k / \sigma, \text{ m}^3$$

където: σ е относителна повърхност на пълнежните тела или катализатора в m^2 / m^3 .

Дължината на работната част на апарата ще се определя по:

$$L = V_p / f = \psi \cdot \omega \cdot F_k / q \cdot \sigma, \text{ m}$$

4. Оптимално време за работа, оптимален експлоатационен срок и жизнен цикъл на химикотехнологичното оборудване

Апаратите с непрекъснато действие не могат да работят неограничено дълго време. Необходимо е те да прекъсват своята работа през определени периоди от време, тъй като понижават своята производителност.

Във всеки апарат освен основния процес протичат и странични вредни процеси намаляващи ефективната работа на апарата. **Такива процеси са:**

- нарастване на накипа върху топлообменната повърхност на изпарителите и топлообменници,
- нарастване слоя на снега в апаратите с дълбоко охлаждане, отравянето на катализатора в контактните апарати,
- разяждането на вътрешни елементи на апаратите в резултат на корозия и други.

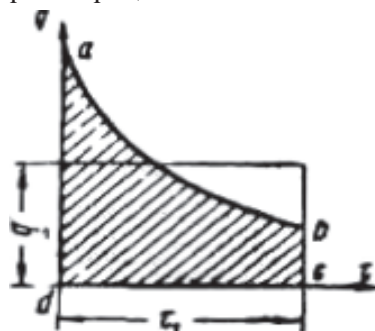
Вследствие на такива вредни, нежелани процеси експлоатацията на апаратите след определено време става икономически нецелесъобразна. За целта е необходимо тяхното изключване и пълната им регенерация.

Една от основните задачи на непрекъснато действащото химико-технологично оборудване е определянето на **оптималното време за работа**.

Изменението на производителността на апарата във времето може да се представи с понижаващата експонента (кривата **ab** на фиг. 2.1) и се изразява с функцията:

$$q = f(\tau)$$

Тогава площта ограничена между ординатите и функцията при $x = 0$ и $x = \tau_1$ е равна на:



Фиг. 2.1. Определяне на средната производителност

Библио.бг - платформа за електронни книги и списания

Чети каквото обичаш!

www.biblio.bg

