# Теоретичні основи процесів стиснення, теплообміну і сепарації в поршневих компресорних машинах та установках

Система проміжного охолодження компресорної установки. Визначення теплового навантаження

# Система охолодження компресорних установок

Комплекс обладнання, здійснюючий передачу тепла від компресорної установки оточуючому середовищу називається системою охолодження.

# Типи систем охолодження компресорних установок

В залежності від способу передачі тепла навколишньому середовищу системи охолодження поділяються на три основних типа:

- - системи безпосереднього охолодження;
- - системи с проміжним теплоносієм;
- - змішані системи.

# Системи безпосереднього охолодження

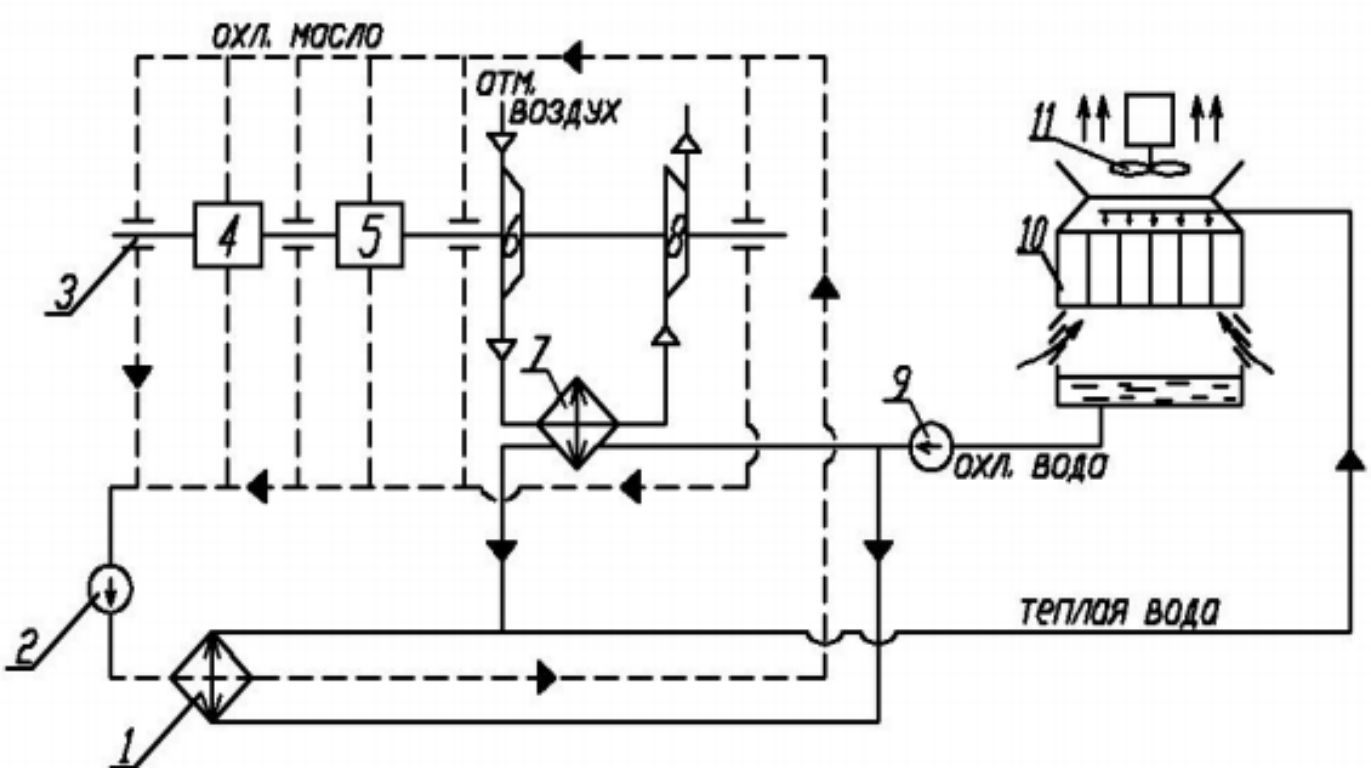
Системи безпосереднього охолодження віддають теплову енергію безпосередньо навколишньому середовищу – атмосферному повітрю або воді наземних та підземних водосховищ. Найбільш поширений варіант систем безпосереднього охолодження - системи повітряного охолодження

# Системи охолодження с проміжним теплоносієм

Системи охолодження с проміжним теплоносієм поділяються на відкриті водооборотні та системи з закритим контуром для проміжного теплоносія

По виду теплообміну системи с проміжним теплоносієм поділяють на рекуперативні та контактні (конвективного та випаровувального охолодження)

# Відкрита водооборотна система охолодження



# Відкрита водооборотна система охолодження

Переваги :

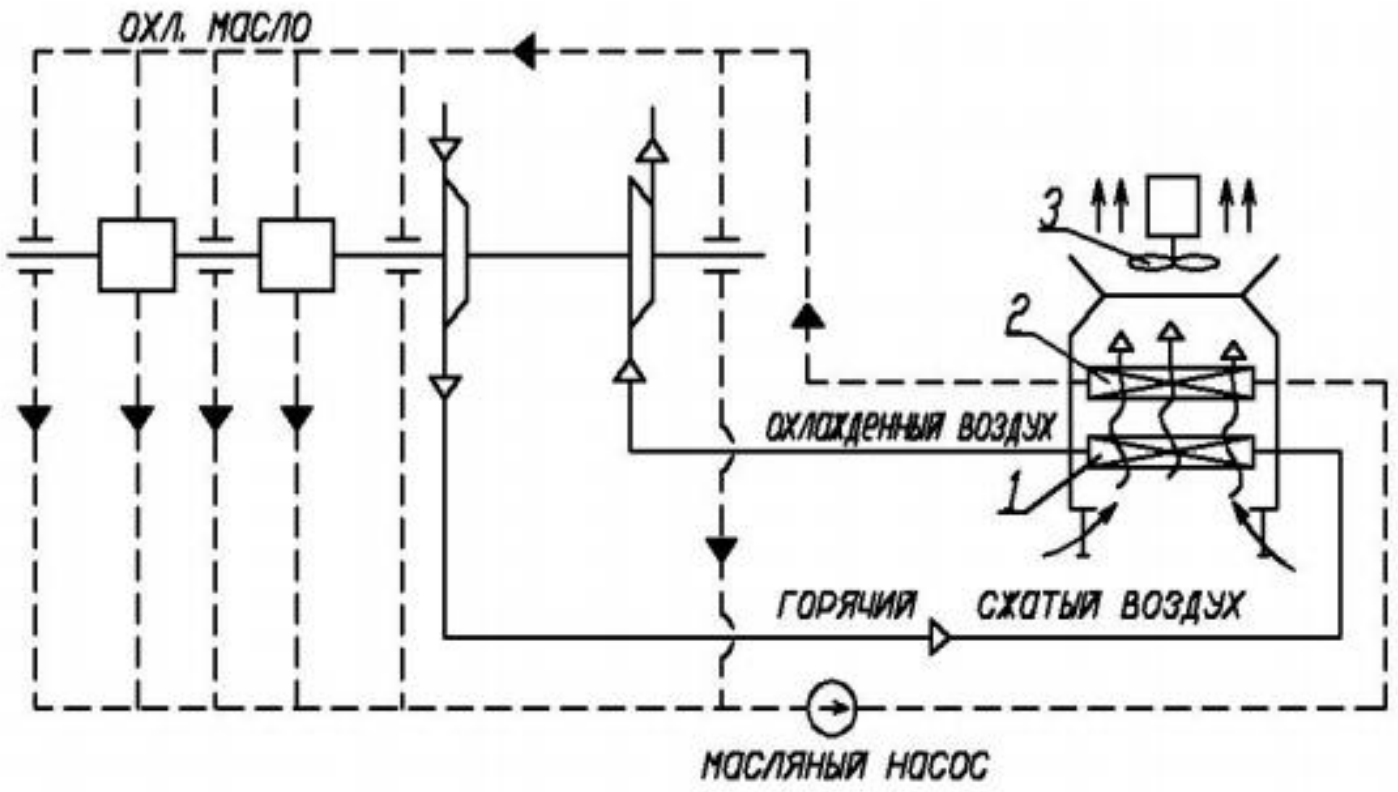
- - висока ефективність тепловіддачі;
- - порівняно невеликі розміри теплообмінного обладнання;
- - можливість розміщення теплообмінного обладнання в безпосередній близькості від машин при мінімальний довжині газоходів.

# Відкрита водооборотна система охолодження

Недоліки:

- - висока вартість охолоджуючої води, що пов'язана з значними капітальними витратами на обладнання системи охолодження;
- - нестабільність характеристики компресорів, що пов'язана з коливанням сезонних температур, та постійним зменшенням ефективності обладнання із-за забруднень;
- - нерентабельність утилізації теплоти при порівняно невисокій температурі води.

# Система безпосереднього повітряного охолодження



# Система безпосереднього повітряного охолодження

Переваги:

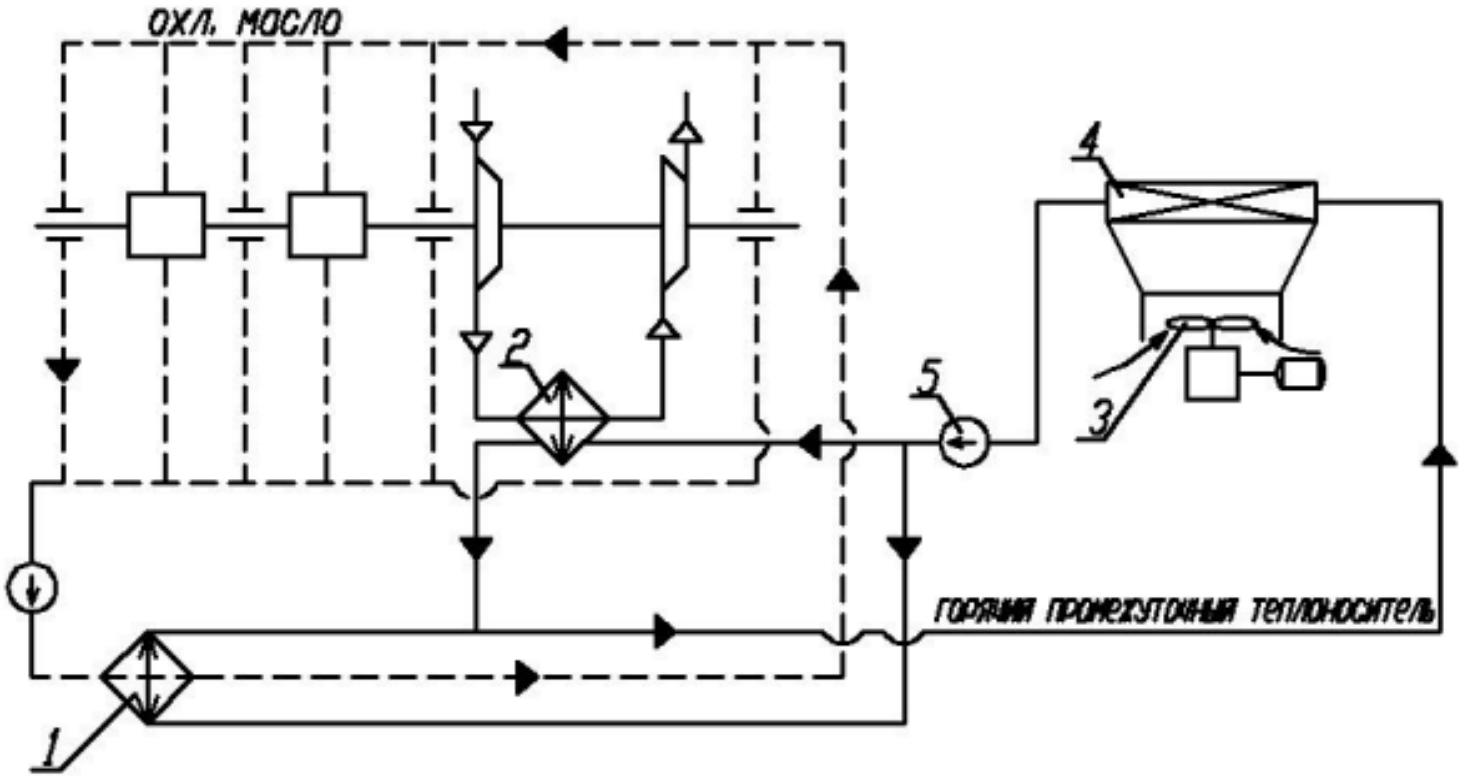
- - конструктивна простота системи;
- - порівняно низькі енергетичні витрати на роботу системи охолодження;
- - відсутність рідкого теплоносія, а відповідно герметичним систем комунікацій для його переміщення та зберігання .

# Система безпосереднього повітряного охолодження

Недоліки:

- - значні розміри теплообмінних поверхонь, а відповідно і теплообмінного обладнання;
- - необхідність розміщення теплообмінного обладнання зовні машинного залу, а виходячи с цього значна довжина газопроводів;
- - значна залежність ефективності роботи системи охолодження від температури навколишнього повітря;
- - неможливість утилізації теплоти.

# Система повітряного охолодження с проміжним теплоносієм у закритому контурі



# Система повітряного охолодження с проміжним теплоносієм у закритому контурі

Переваги:

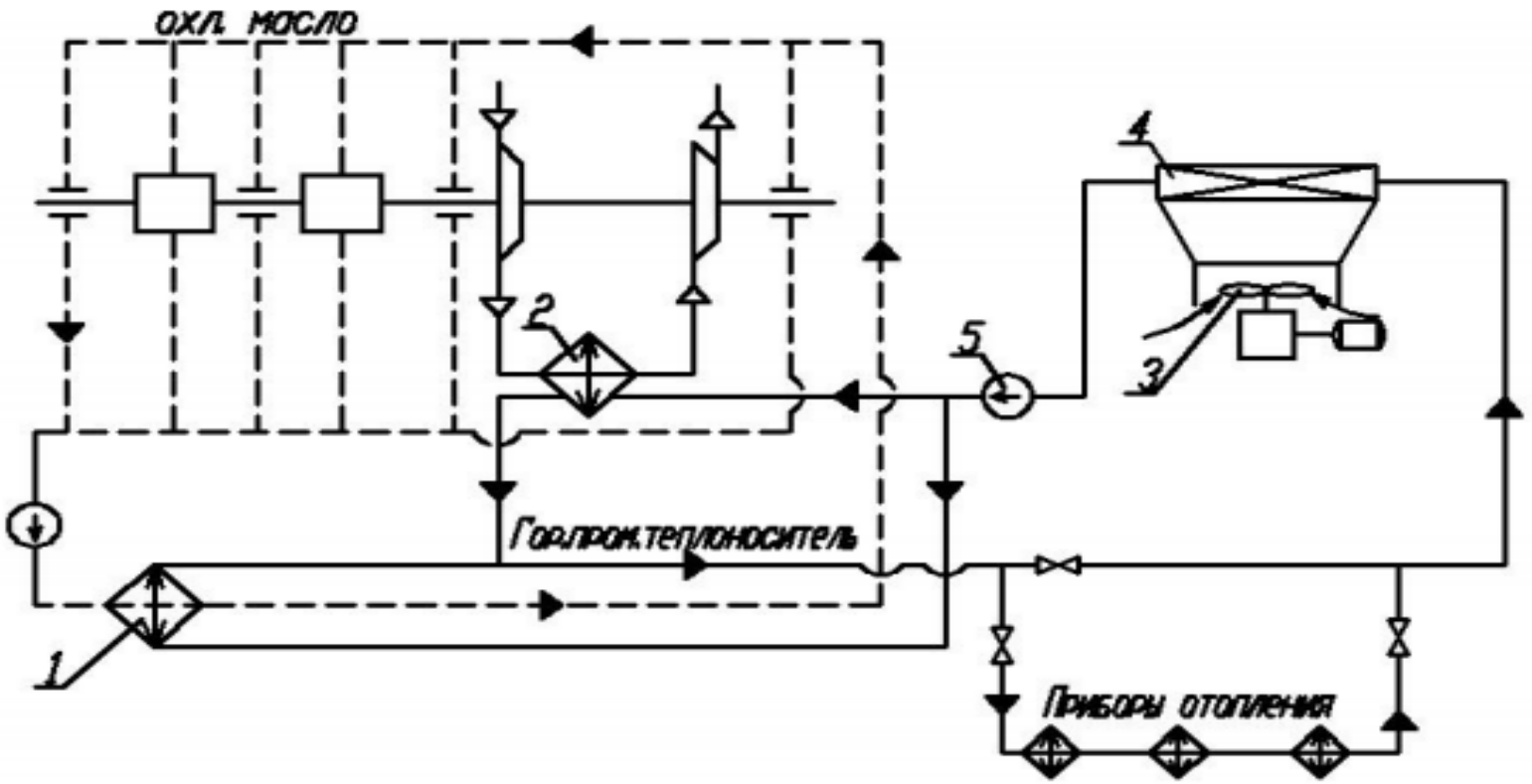
- - можливість використовувати у якості проміжного теплоносія очищеної рідини, що забезпечує стабільність характеристик системи охолодження;
- - широкий діапазон температур проміжного теплоносія;
- - можливість утилізації теплоти;
- - компактність теплообмінного обладнання.

# Система повітряного охолодження с проміжним теплоносієм у закритому контурі

Недоліки:

- - конструктивна складність системи охолодження компресорної установки;
- - потреба у спеціальному проміжному теплоносії.

# Система повітряного охолодження с проміжним теплоносієм та контуром утилізації теплоти



# Система проміжного охолодження компресорної установки. Визначення теплового навантаження

Теплове навантаження газоохолоджувача компресорної установки

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$Q_1$ – теплота, що виділяється при охолодженні сухого газу;

$Q_2$ - теплота обумовлена охолодженням та частковою конденсацією парів у складі газового потоку.

# Система проміжного охолодження компресорної установки. Визначення теплового навантаження

Тепловий потік від охолодження сухого газу при незначній зміні теплоємності газу

$$Q_1 = m \cdot c_p \cdot (t_1 - t_2)$$

m – масова витрата газу через охолоджувач, кг/с;

$C_p$ - теплоємність газу, кДж/(кг·К);

$t_1$ та $t_2$ – температури газу на вході в охолоджувач та на виході з нього.

# Система проміжного охолодження компресорної установки. Визначення теплового навантаження

Тепловий потік від охолодження сухого газу при значній зміні теплоємності газу

$$Q_1 = m \cdot (i_1 - i_2)$$

$i_1$ та $i_2$ – питомі ентальпії газу на вході в охолоджувач та на виході з нього.

# Система проміжного охолодження компресорної установки. Визначення теплового навантаження

Тепловий потік від охолодження та часткової конденсації парів у складі газового потоку

$$Q_2 = m \cdot \left[ c_p \cdot \left( x_1 \cdot t_1 - x_2 \cdot t_2 \right) + \left( r_п - c_в \cdot t_2 \right) \cdot \left( x_1 - x_2 \right) \right]$$

$C_p$ - середня питома теплоємність парів, кДж/(кг·К);

$C_в$ – середня питома теплоємність конденсату, кДж/(кг·К);

$x_1$ та $x_2$ – масова доля пару у газовому потоці на вході в охолоджувач та на виході з нього;

$r_п$ - питома теплота пароутворення, кДж/кг.

# Теоретичні основи процесів стиснення, теплообміну і сепарації в поршневих компресорних машинах та установках

Теплообмінники для охолодження стиснених газів. Конструкції. Теплотехнічний розрахунок.

# Теплообмінники для охолодження стиснених газів. Конструкції. Теплотехнічний розрахунок.

Охолоджувачі газу, що використовуються в компресорних установках розділяються по призначенню та місцю установки на міжступеневі, кінцеві та комбіновані.

По типу теплоносія, що використовується: рідинні охолоджувачі, рекуперативні, зрошувальні охолоджувачі та апарати повітряного охолодження (АПО).

По типу теплообмінних поверхонь: трубчасті, пластинчасті та пластинчато-реберні.

По місцю монтажу: вбудовані та зовнішні.

# Теплообмінники для охолодження стиснених газів. Конструкції. Теплотехнічний розрахунок.

Основні вимоги до охолоджувачів стисненого газу:

- простота конструкції;
- низька вартість обслуговування ремонту та очищення;
- компактність;
- малий гідравлічний опір;
- висока питома ефективність.

# Теплообмінники для охолодження стиснених газів. Конструкції. Теплотехнічний розрахунок.

Основні типи конструкцій охолоджувачів стисненого газу:

- - кожухотрубні;
- - типу “труба в трубі”;
- - змієвикові;
- - пластинчасті;
- - пластинчато-реберні;
- - апарати повітряного охолодження.

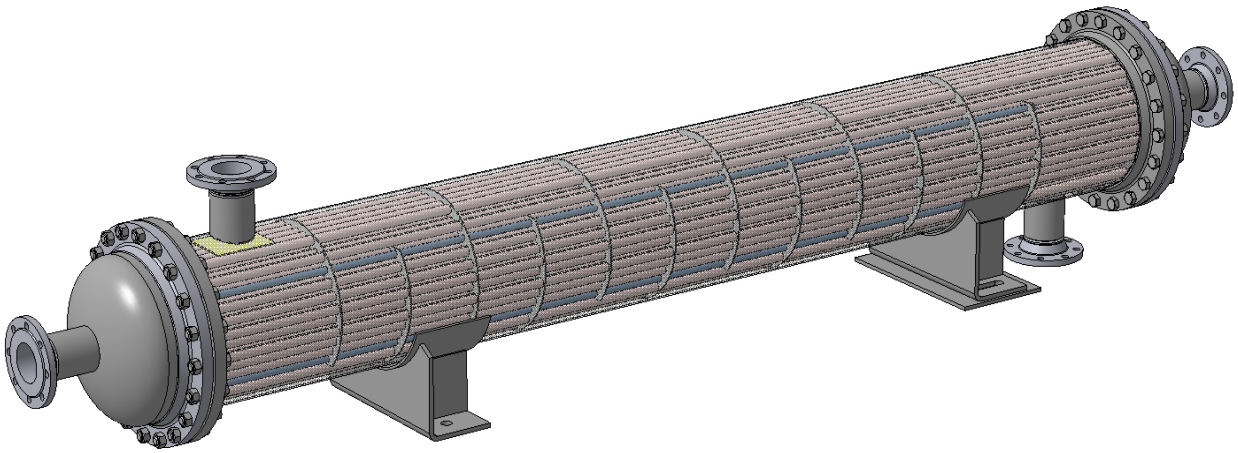
# Теплообмінники для охолодження стиснених газів. Конструкції. Теплотехнічний розрахунок.

Критерії вибору типу конструкції холодильника стисненого газу:

- тиск газу, що охолоджується;
- тип теплоносія;
- продуктивність компресорної установки;
- міжсервісний інтервал обслуговування;
- забрудненість теплоносіїв;
- вимоги що до розміщення та габаритів теплообмінного обладнання;
- технологічні можливості підприємства виробника.

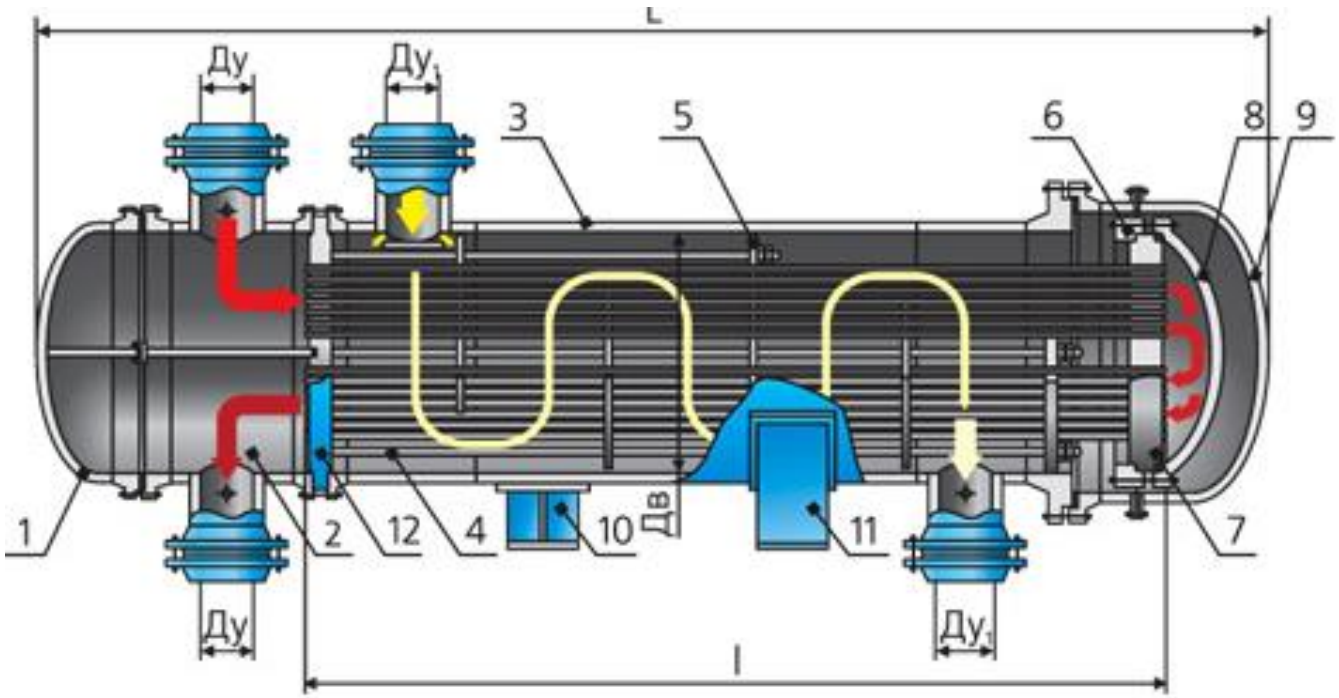
# Теплообмінники для охолодження стиснених газів. Конструкції. Теплотехнічний розрахунок

Кожухотрубний горизонтальний теплообмінник



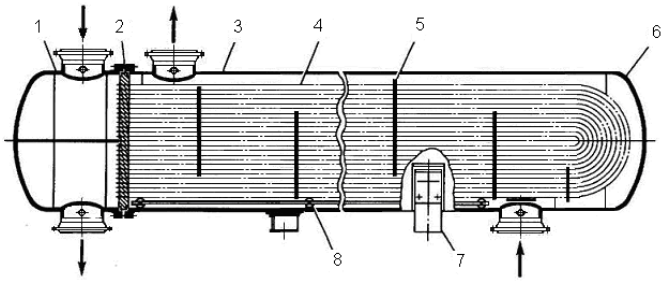
# Теплообмінники для охолодження стиснених газів. Конструкції. Теплотехнічний розрахунок

Кожухотрубний теплообмінник з плаваючою камерою



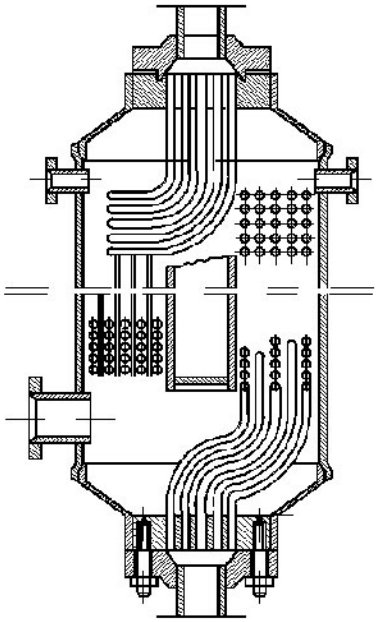
# Теплообмінники для охолодження стиснених газів. Конструкції. Теплотехнічний розрахунок

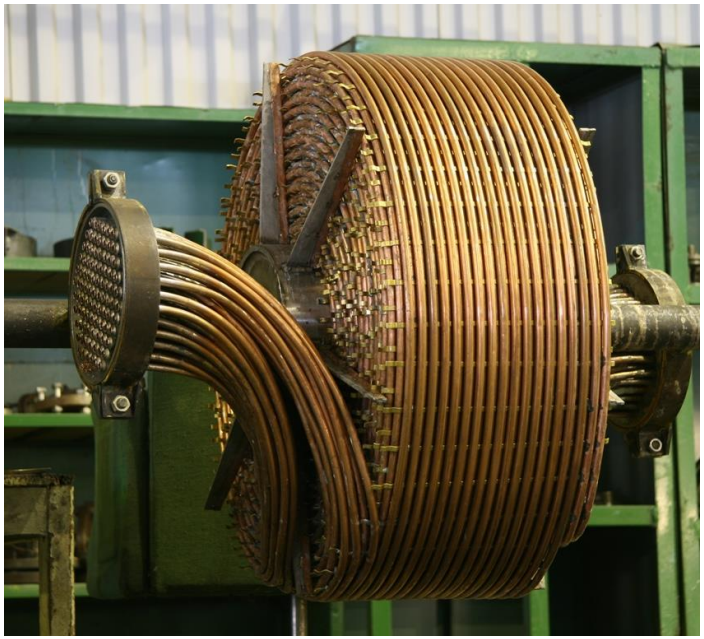
Кожухотрубний теплообмінник з плаваючою камерою



# Теплообмінники для охолодження стиснених газів. Конструкції. Теплотехнічний розрахунок

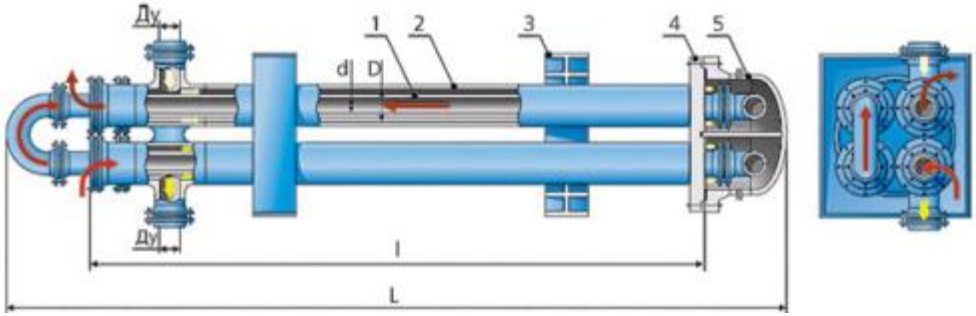
## Витий теплообмінник

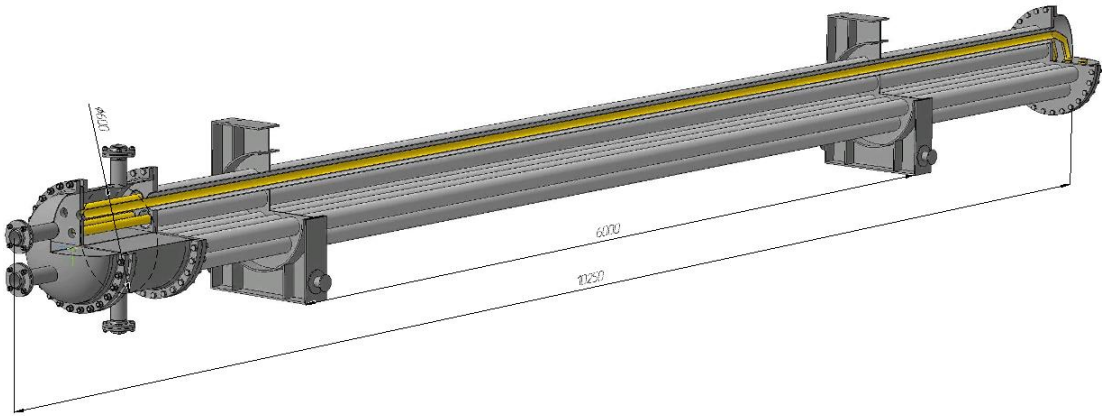




# Теплообмінники для охолодження стиснених газів. Конструкції. Теплотехнічний розрахунок

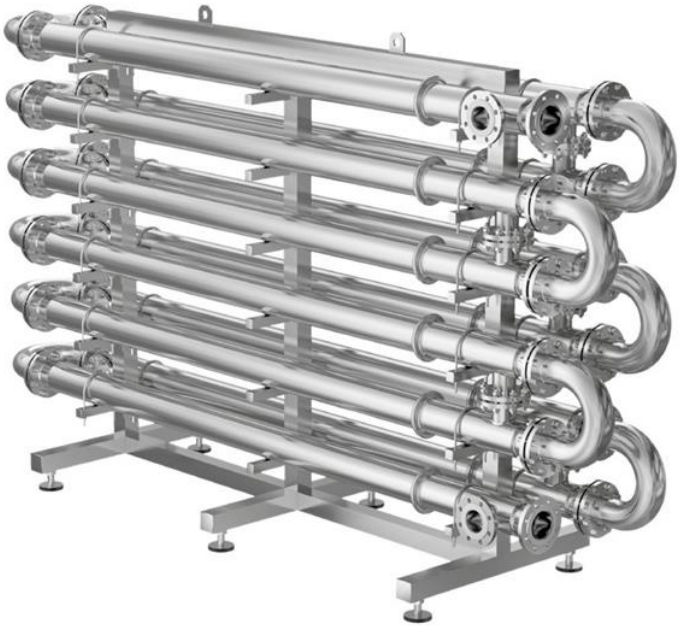
Теплообмінник “труба в трубі”



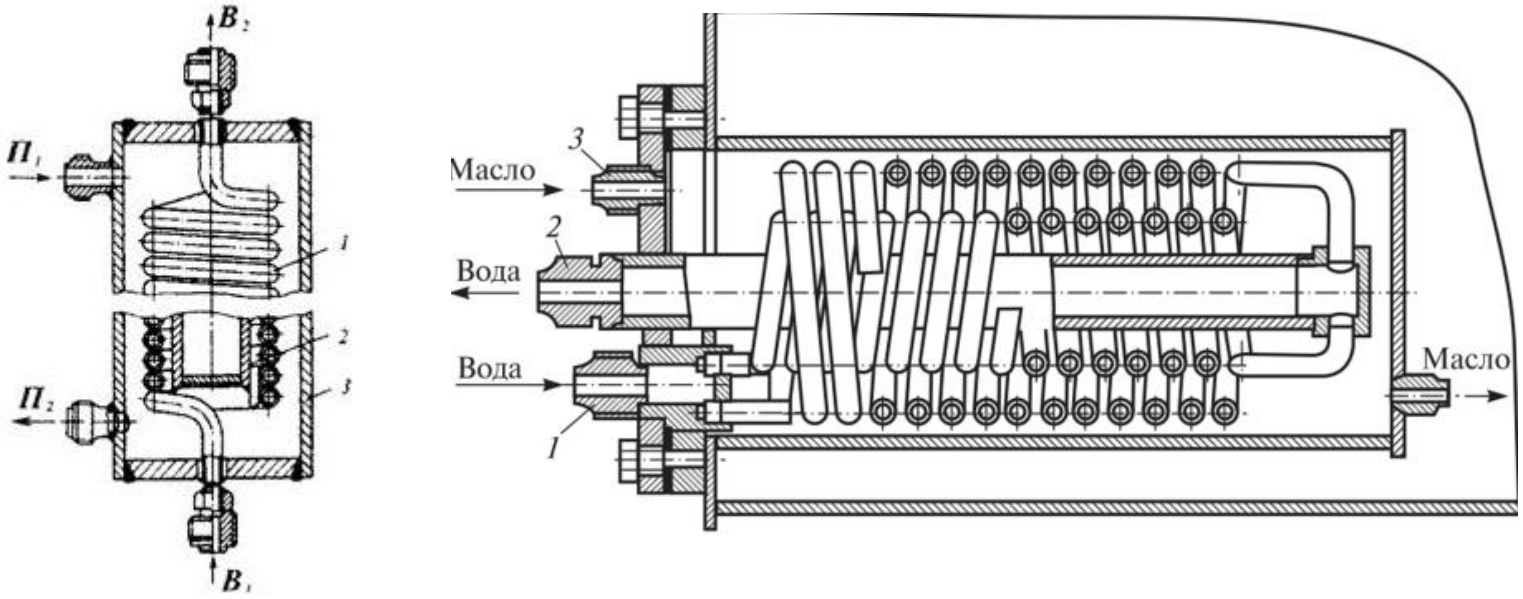
# Теплообмінники для охолодження стиснених газів. Конструкції. Теплотехнічний розрахунок

Теплообмінник “труба в трубі”



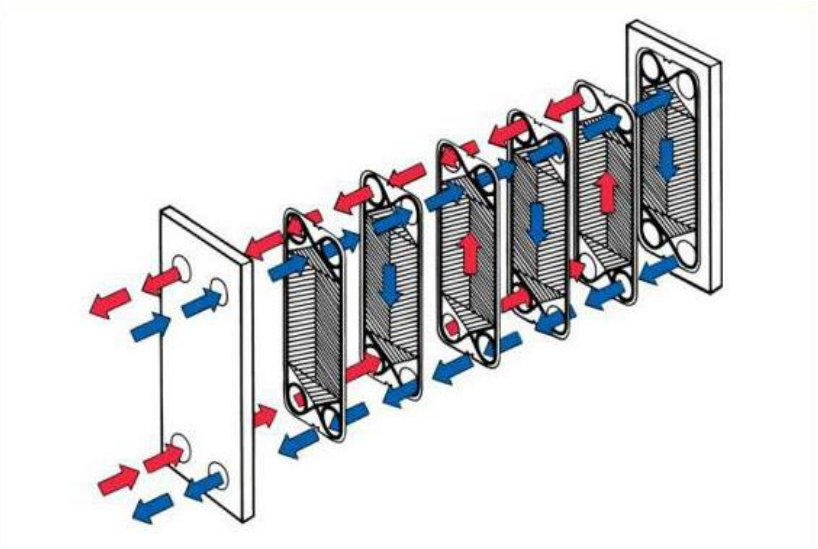
# Теплообмінники для охолодження стиснених газів. Конструкції. Теплотехнічний розрахунок

Змієвиковий теплообмінник



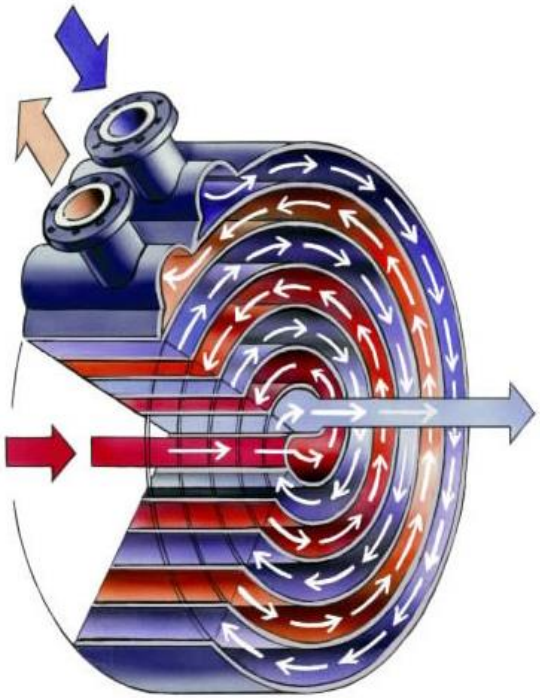
# Теплообмінники для охолодження стиснених газів. Конструкції. Теплотехнічний розрахунок

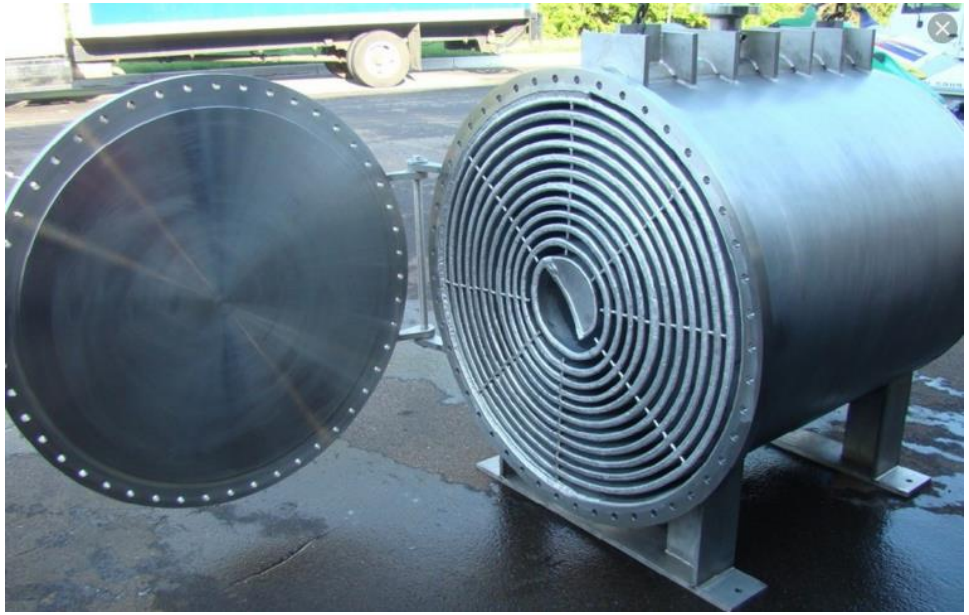
Пластинчасті теплообмінники



# Теплообмінники для охолодження стиснених газів. Конструкції. Теплотехнічний розрахунок

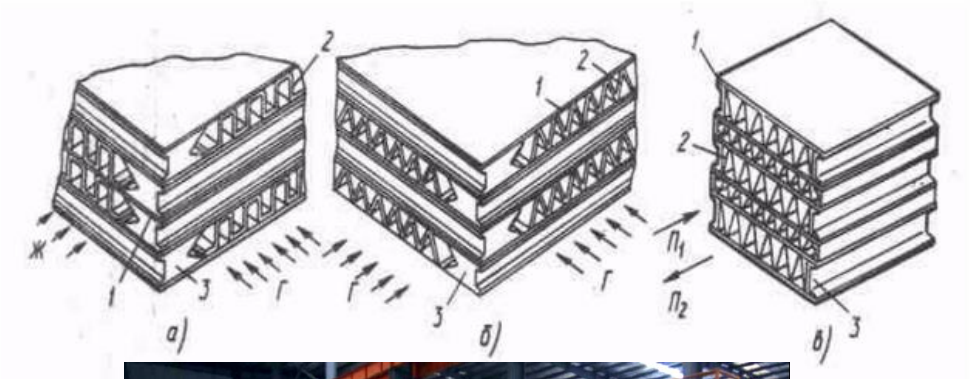
Пластинчастий спіральний теплообмінник





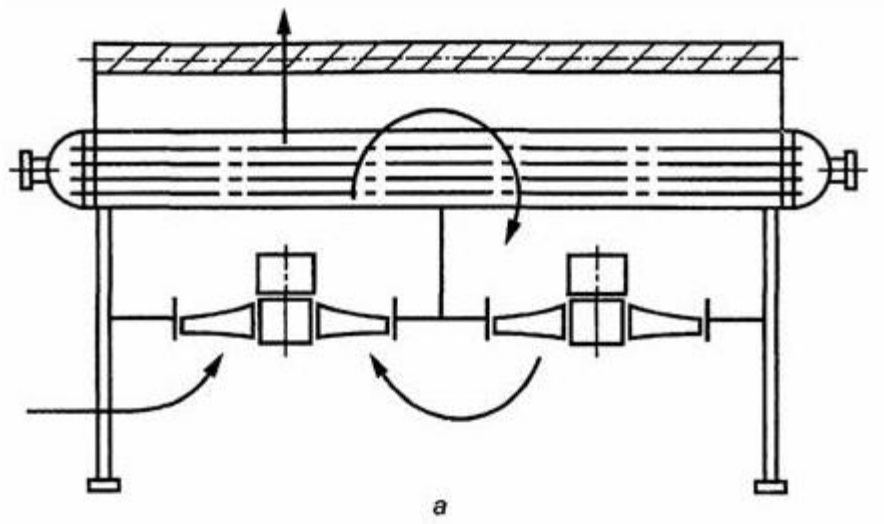
# Теплообмінники для охолодження стиснених газів. Конструкції. Теплотехнічний розрахунок

Пластинчасто реберний теплообмінник



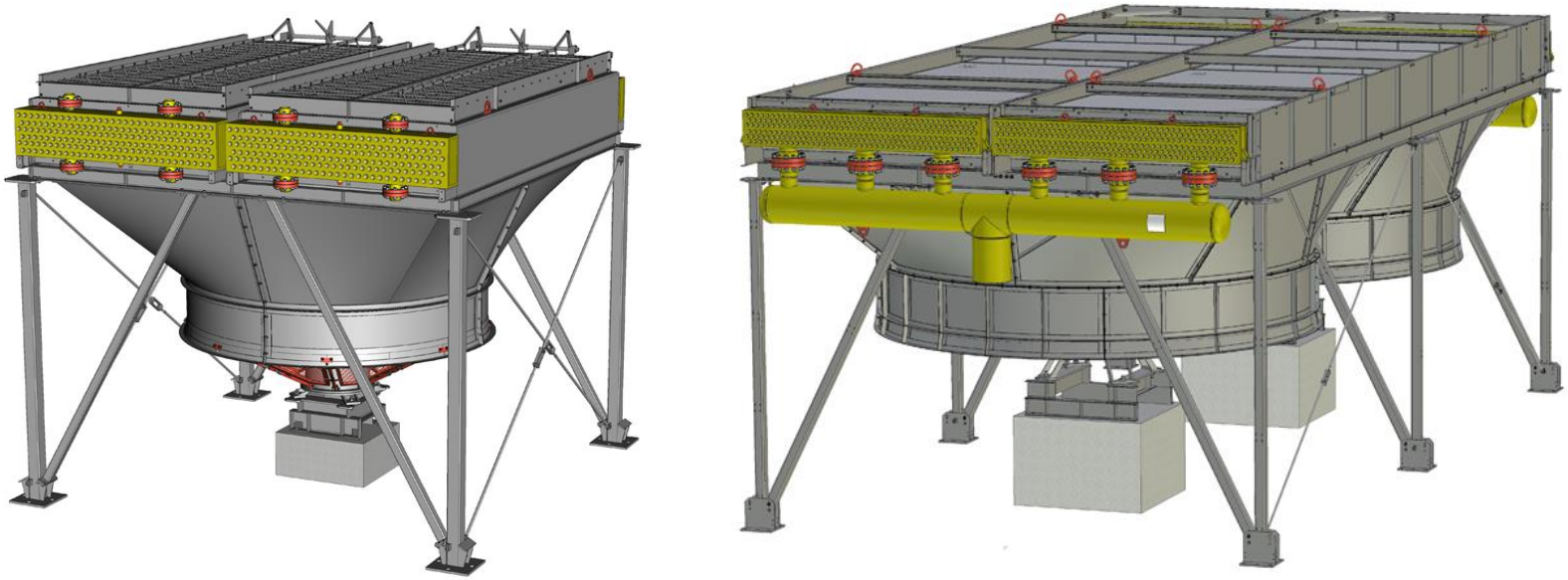
# Теплообмінники для охолодження стиснених газів. Конструкції. Теплотехнічний розрахунок

Апарати повітряного охолодження (загальна схема)



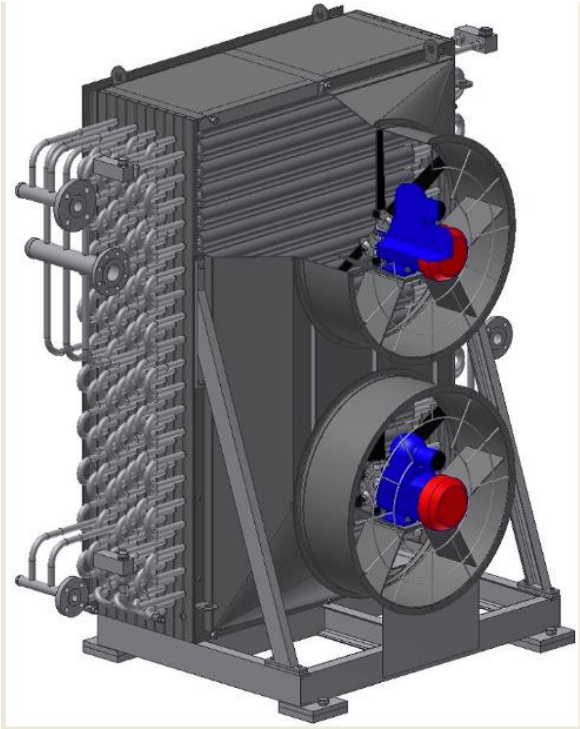
# Теплообмінники для охолодження стиснених газів. Конструкції. Теплотехнічний розрахунок

Апарат повітряного охолодження горизонтальний



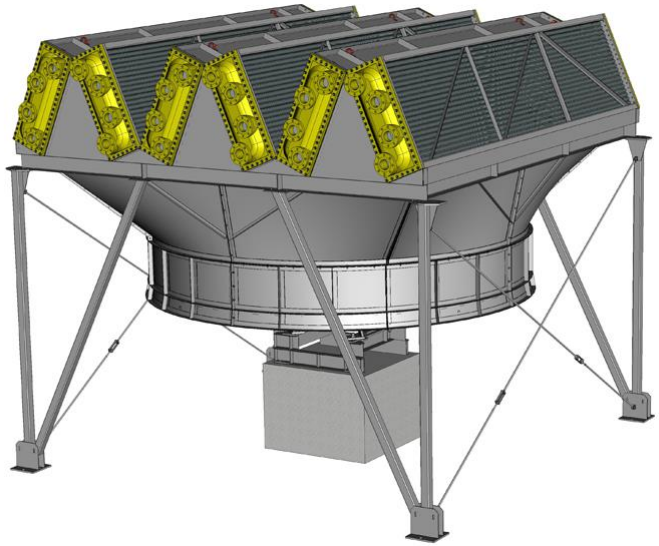
# Теплообмінники для охолодження стиснених газів. Конструкції. Теплотехнічний розрахунок

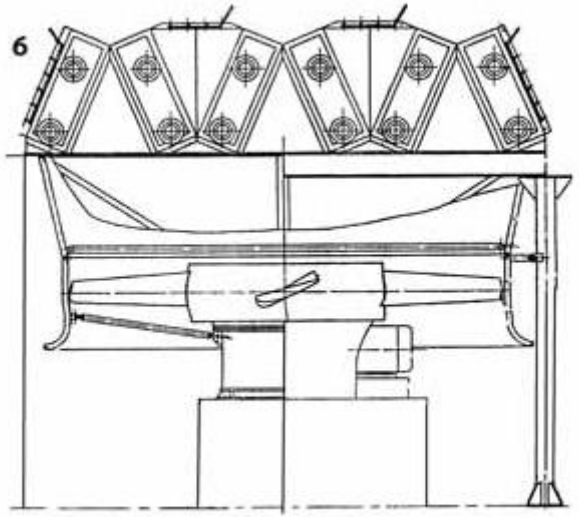
Апарат повітряного охолодження вертикальний



# Теплообмінники для охолодження стиснених газів. Конструкції. Теплотехнічний розрахунок

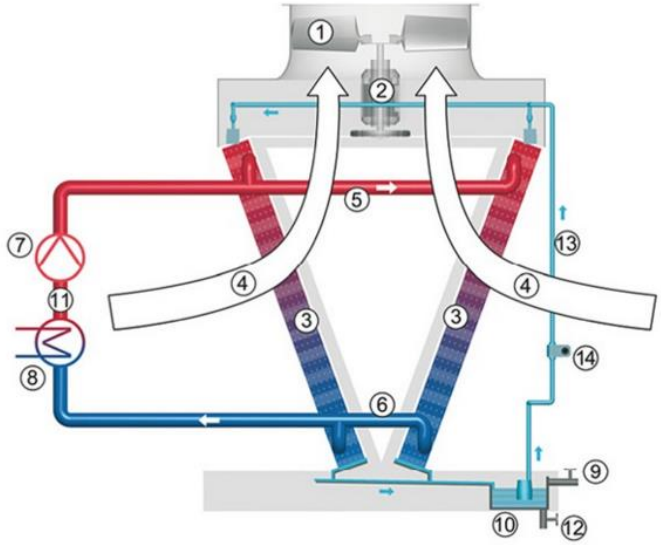
Апарат повітряного охолодження зигзагообразний





# Теплообмінники для охолодження стиснених газів. Конструкції. Теплотехнічний розрахунок

Апарат повітряного охолодження типу “суха градирня”



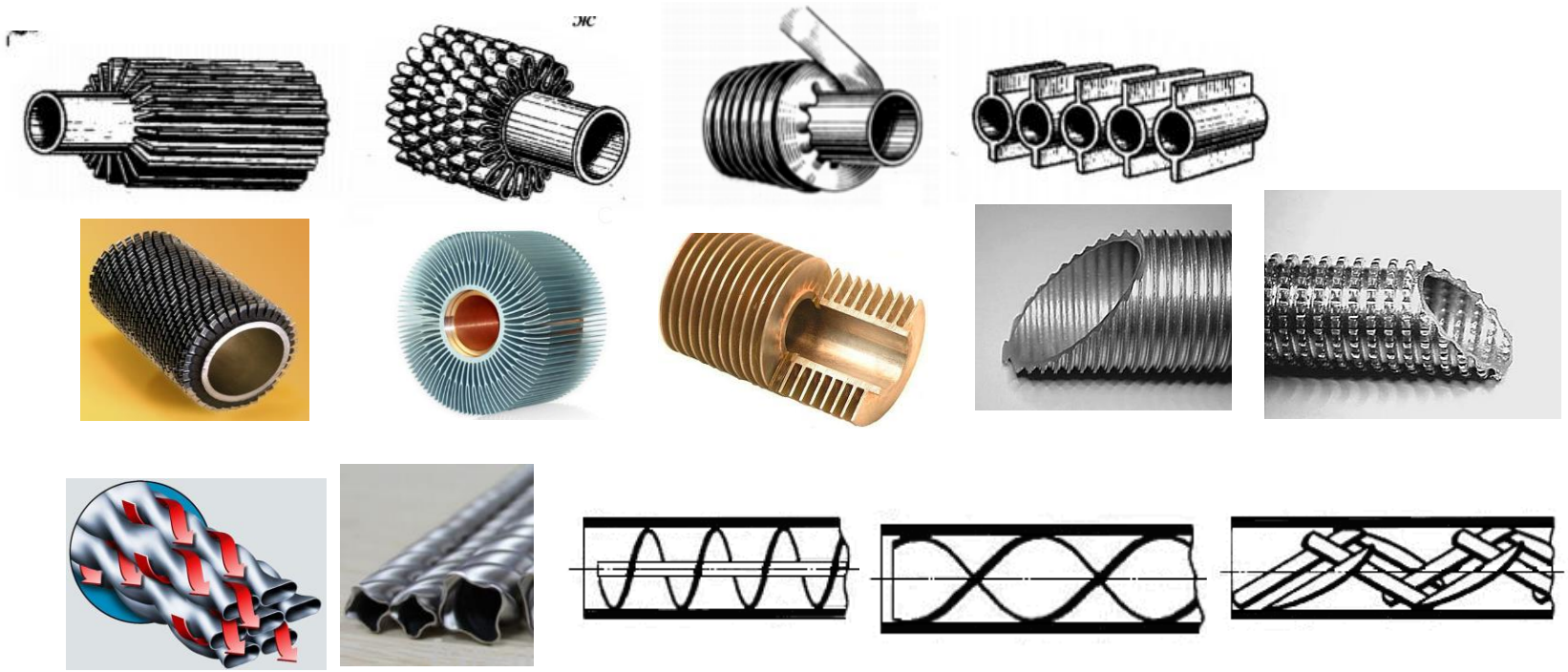
# Теплообмінники для охолодження стиснених газів. Конструкції. Теплотехнічний розрахунок.

Методи інтенсифікації теплообмінного процесу:

- турбулізація потоку за рахунок формування теплообмінних поверхонь складної форми;
- використання турбулізуючих вставок;
- збільшення поверхні теплообміну шляхом ребер;
- вплив на потік теплоносія магнітними, електричними, акустичними полями;
- турбулізація пристіночного шару за рахунок пульсації швидкості потоку;
- використання зернистих насадок;
- Додавання в теплоносій твердих часток або газових бульбашок.

# Теплообмінники для охолодження стиснених газів. Конструкції. Теплотехнічний розрахунок

Конструктивні варіанти інтенсифікації теплообміну



# Теплообмінники для охолодження стиснених газів. Конструкції. Теплотехнічний розрахунок

Загальний порядок проведення теплотехнічного розрахунку:

1. визначення теплового навантаження обладнання;
2. визначення витрати охолоджуючого теплоносія;
3. розрахунок рушійної сили теплообміну;
4. розрахунок коефіцієнта теплопередачі;
5. визначення поверхні теплообміну;
6. визначення конструктивних параметрів обладнання.

# Теплообмінники для охолодження стиснених газів. Конструкції. Теплотехнічний розрахунок

Необхідна витрата холодного теплоносія

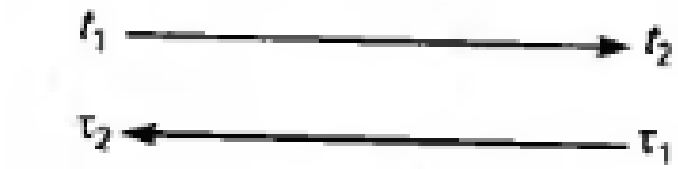
$$W = \frac{Q}{c_в\left(\tau_2 - \tau_1\right)}$$

$C_р$ - середня питома теплоємність холодного теплоносія, кДж/(кг·К);

$\tau_1$ та $\tau_2$ – початкова та кінцева температура холодного теплоносія, $^0$С.

# Теплообмінники для охолодження стиснених газів. Конструкції. Теплотехнічний розрахунок

Рушійна сила теплообміну у загальному вигляді при протитоці теплоносіїв




$$\Delta t_{ср} = \frac{(t_1 - \tau_2) - (t_2 - \tau_1)}{\ln \frac{(t_1 - \tau_2)}{(t_2 - \tau_1)}}$$

# Теплообмінники для охолодження стиснених газів. Конструкції. Теплотехнічний розрахунок

Коефіцієнт теплопередачі К у загальному вигляді залежить від багатьох факторів, а саме:

- гідродинамічних режимів потоків теплоносіїв;
- фізичних властивостей теплоносіїв;
- фізичних властивостей матеріалу теплообмінної стінки;
- геометрії каналів по яких рухаються потоки теплоносіїв;
- направлення вектору сили тяжіння до вектору швидкості потоку теплоносія.

В загальному вигляді коефіцієнт теплопередачі визначається за критеріальними рівняннями отриманими імперічним шляхом для кожного типу теплообмінних апаратів, та умов теплообміну окремо.

# Теплообмінники для охолодження стиснених газів. Конструкції. Теплотехнічний розрахунок

Визначення поверхні теплообміну

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{ср}}$$

# Теоретичні основи процесів стиснення, теплообміну і сепарації в поршневих компресорних машинах та установках

Процеси конденсації, механізми подрібнення та коагуляції краплин рідини у стиснених газах та утворення плівок рідини на стінках обладнання та трубопроводів

# Процеси конденсації, механізми подрібнення та коагуляції краплин рідини у стиснених газах та утворення плівок рідини на стінках обладнання та трубопроводів

Конденсація – процес фазового переходу стану речовини з газоподібного у рідкий.

Формування рідкої фази у потоці газу може здійснюватися за рахунок декількох механізмів:

- формування рідкої фази при відсутності конденсації в результаті процесів подрібнення крапель та їх коагуляції;
- формування рідкої фази в газовому потоці за рахунок конденсації рідини.

# Процеси конденсації, механізми подрібнення та коагуляції краплин рідини у стиснених газах та утворення плівок рідини на стінках обладнання та трубопроводів

Формування крапель рідини у газовому потоці за рахунок конденсації може відбуватися за двома варіантами:

- утворення крапель рідини на ядрах конденсації (гетерогенна конденсація);
- конденсація пари на ядрах що самовільно утворюються з подальшим їх ростом (гомогенна концентрація) .

# Процеси конденсації, механізми подрібнення та коагуляції краплин рідини у стиснених газах та утворення плівок рідини на стінках обладнання та трубопроводів

Рушійною силою процесу утворення крапель у газовому потоку є різність парціального тиску пари у газовому потоці p та тиску насиченої пари $p_н$.

Ступінь пересичення S є відношення тиску пари у газі до тиску насиченої пари.

$$S = \frac{p}{p_н}$$

# Процеси конденсації, механізми подрібнення та коагуляції краплин рідини у стиснених газах та утворення плівок рідини на стінках обладнання та трубопроводів

Тиск насиченої пари над випуклою поверхнею, яку мають краплини рідини, вище ніж пласкою поверхнею і збільшується при зменшенні радіусу краплини. Тому необхідною умовою конденсації пари у об'ємі газу є наявність пересичення пари вище критичного значення $S_{кр}$.

$$S_{кр} = \exp\left\{1,74 \cdot 10^{7} \left(\frac{M_{ж}}{\rho_{ж}}\right) \cdot \left(\frac{\sigma}{T}\right)^{3/2}\right\}$$

$M_{ж}$ – молярна маса пари;

$\rho_{ж}$ - густина рідини;

$\Sigma$ – коефіцієнт поверхневого натягу рідини

# Процеси конденсації, механізми подрібнення та коагуляції краплин рідини у стиснених газах та утворення плівок рідини на стінках обладнання та трубопроводів

При гетерогенній конденсації для визначення ступені пересичення використовують формулу Кельвіна

$$\mathrm{Ln}\, S = \frac{2\sigma \cdot M_{ж}}{A \cdot T \cdot \rho_{ж} \cdot R}$$

A – газова стала;

R – радіус зародка.

# Процеси конденсації, механізми подрібнення та коагуляції краплин рідини у стиснених газах та утворення плівок рідини на стінках обладнання та трубопроводів

Необхідні умови утворення конденсованої фази є наявність таких процесів при яких підвищується пересичення суміші, наприклад:

- зниження температури;
- підвищення тиску .

Конденсація призводить до підвищення температури суміші та вирівнюванню парціальних тисків пари у поверхні крапель та вдалині від них. Це зменшує пересиченість S та в кінцевому результаті призводить до припинення утворення зародків конденсації.

# Процеси конденсації, механізми подрібнення та коагуляції краплин рідини у стиснених газах та утворення плівок рідини на стінках обладнання та трубопроводів

Швидкість процесу конденсації на поверхні залежить від дифузії пари до поверхні, тому при значній швидкості пересичення швидкість дифузії може бути недостатньою для вирівнювання тиску пари у всьому об'ємі газу. При цьому тиск пари у поверхні крапель може значно відрізнятися від тиску пари у об'ємі. Виникає значне пересичення, що призводить до інтенсивного зародкоутворення.

# Процеси конденсації, механізми подрібнення та коагуляції краплин рідини у стиснених газах та утворення плівок рідини на стінках обладнання та трубопроводів

В залежності від відношення між швидкістю пересичення та чисельною концентрацією крапель (ядер) можливі два варіанта.

1. Швидкість дифузії пари до поверхні значна і пересичення не досягає критичної величини, так що зародки не утворюються.
2. Швидкість дифузії пари мала, пересичення становиться більше критичного і іде інтенсивне зародкоутворення.

# Процеси конденсації, механізми подрібнення та коагуляції краплин рідини у стиснених газах та утворення плівок рідини на стінках обладнання та трубопроводів

При русі краплини у газовому потоці можливі процеси подрібнення та коагуляції (з'єднання краплин). Ці процеси зазвичай ідуть одночасно, і їх вирівнювання встановлює динамічну рівновагу, що визначає радіус крапель. Краплини, радіус яких більший за середній – подрібнюються, а ті, радіус яких менший за середній – коагулюють.

Існують два основних механізму процесу коагуляції: інерційний та механізм турбулентної дифузії.

# Процеси конденсації, механізми подрібнення та коагуляції краплин рідини у стиснених газах та утворення плівок рідини на стінках обладнання та трубопроводів

В основі інерційного механізму лежить те, що турбулентні пульсації не повністю захоплює частинку. У результаті відносні швидкості, що надаються краплинам за рахунок турбулентних пульсацій залежать від маси краплини. Різність пульсаційних швидкостей краплин різного радіусу обумовлюють їх зближення та підвищують вірогідність зіткнення.

Основу механізму турбулентної дифузії складає процес збільшення часток турбулентними пульсаціями того масштабу, котрий грає основну роль у механізмі зближення часток. Хаотичний рух часток під дією турбулентних пульсацій подібний до явища дифузії.

# Процеси конденсації, механізми подрібнення та коагуляції краплин рідини у стиснених газах та утворення плівок рідини на стінках обладнання та трубопроводів

Коагуляція краплин у ламінарному потоці обумовлена зближенням краплин за рахунок різних швидкостей осадження з подальшою їх коагуляцією.

Подрібнення краплин у ламінарному потоці відбувається за рахунок значного градієнту швидкості, що деформують краплину, що малоймовірно тому цей процес не носить критичного характеру.

При турбулентному потоці подрібнення краплин відбувається за рахунок їх зіткнення при значних відносних швидкостях та коливаннях краплини під дією турбулентних пульсацій.

# Процеси конденсації, механізми подрібнення та коагуляції краплин рідини у стиснених газах та утворення плівок рідини на стінках обладнання та трубопроводів

Коагуляція краплин у ламінарному потоці обумовлена зближенням краплин за рахунок різних швидкостей осадження з подальшою їх коагуляцією.

Подрібнення краплин у ламінарному потоці відбувається за рахунок значного градієнту швидкості, що деформують краплину, що малоймовірно тому цей процес не носить критичного характеру.

При турбулентному потоці подрібнення краплин відбувається за рахунок їх зіткнення при значних відносних швидкостях та коливаннях краплини під дією турбулентних пульсацій.

# Процеси конденсації, механізми подрібнення та коагуляції краплин рідини у стиснених газах та утворення плівок рідини на стінках обладнання та трубопроводів

Утворення конденсату на робочих поверхнях обладнання та трубопроводів проходить за рахунок декількох механізмів:

- конденсація пари на робочій поверхні, температура якої нижче критичної температури насичення пари;
- осадження краплин на стінки обладнання за рахунок гравітаційних сил та інерції.
- - електростатична взаємодія поверхонь обладнання з краплинами у потоку рідини з послідуючим осадженням краплин на поверхні та утворення плівки.
- Існує два варіанта конденсації рідини на твердій поверхні: у вигляді окремих крапель або суцільної плівки рідини.

# Процеси конденсації, механізми подрібнення та коагуляції краплин рідини у стиснених газах та утворення плівок рідини на стінках обладнання та трубопроводів

Реалізація того чи іншого механізму конденсації пари на поверхні залежить від властивостей самої поверхні (змочуваність), поверхневе натяжіння рідини.

Одночасно з утворенням плівки рідни на поверхні за рахунок конденсації та захвату крапель рідини з газового потоку іде процес збільшення товщини плівки та росту швидкості її руху під дією сил тяжіння та взаємодії з газовим потоком. Це призводить до виникнення коливальних процесів у товщині плівки рідини та росту їх інтенсивності, утворенню крапель розмір яких перевищує відривний діаметр, що призводить до руйнування плівки. Якщо енергія коливань перевищує сили поверхневого натяжіння, то можливе утворення крапель які за рахунок взаємодії з газовим потоком можуть відриватися від стінки (вторинний виніс рідини).

# Теоретичні основи процесів стиснення, теплообміну і сепарації в поршневих компресорних машинах та установках

Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від твердих часток, продуктів зношення та корозії.

# Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від твердих часток, продуктів зношення та корозії.

Типи забруднень газу що поступає до компресорної установки:

- тверді частки округлої форми;
- порівняно крупні частки складної форми;
- порівняно дрібні частки складної форми, що здатні утворювати стійку суспензію;
- краплинна рідина с частками порівняно великого розміру;
- краплинна рідина с частками достатньо малого розміру, щоб утворювати стійкі тумани.

Вибір системи фільтрації залежить від типу забруднень та їх концентрації у газовому потоці.

# Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від твердих часток, продуктів зношення та корозії.

Типи забруднень газу що поступає до компресорної установки:

- тверді частки округлої форми;
- порівняно крупні частки складної форми;
- порівняно дрібні частки складної форми, що здатні утворювати стійку суспензію;
- краплинна рідина с частками порівняно великого розміру;
- краплинна рідина с частками достатньо малого розміру, щоб утворювати стійкі тумани.

Вибір системи фільтрації залежить від типу забруднень, їх фізичних властивостей та концентрації у газовому потоці.

# Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від твердих часток, продуктів зношення та корозії.

У загальному вигляді система очистки газового потоку від твердих часток може мати три ступені очищення:

- ступіть попередньої очистки (очищення від найбільшої кількості забруднень та відокремлення крупних часток розміром від 100 мкм ;
- ступінь грубої очистки (виділення часток розміром від 10 до 100 мкм);
- ступінь тонкої очистки (виділення часток розміром до 10 мкм).
- Додатковою функцією фільтрувальної установки є гасіння акустичних коливань від компресора.

# Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від твердих часток, продуктів зношення та корозії.

Для систем грубої очистки газового потоку застосовують найбільш прості фільтри-сепаратори, конструкція яких дозволяє найбільш ефективно відводити пил та не потребує регулярного технічного обслуговування. При порівняно малій тонині фільтрування фільтри грубої очистки дозволяють зняти основне навантаження на більш складні по конструкції і в обслуговувані фільтри тонкого очищення.

Фільтри тонкої очистки зазвичай мають складну конструкцію і потребують регулярного обслуговування, проте забезпечують високу ступінь очищення навіть від дрібних часток.

Принцип поділення системи фільтрування на декілька ступенів дозволяє значно знизити гідравлічний опір фільтрувального обладнання та підвищити міжсервісний інтервал обслуговування.

# Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від твердих часток, продуктів зношення та корозії.

У загальному вигляді система очистки газового потоку від твердих часток може мати три ступені очищення:

- ступіть попередньої очистки (очищення від найбільшої кількості забруднень та відокремлення крупних часток розміром від 100 мкм ;
- ступінь грубої очистки (виділення часток розміром від 10 до 100 мкм);
- ступінь тонкої очистки (виділення часток розміром до 10 мкм).
- Додатковою функцією фільтрувальної установки є гасіння акустичних коливань від компресора.

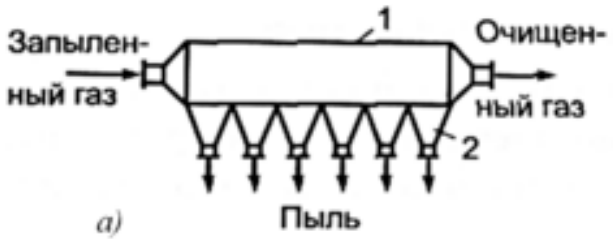
# Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від твердих часток, продуктів зношення та корозії.

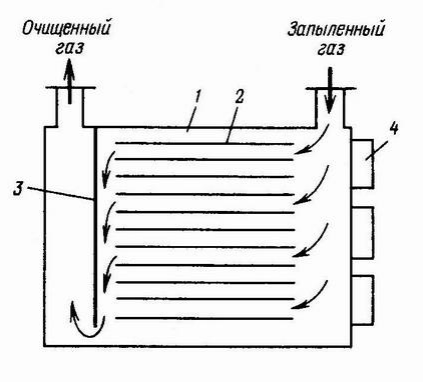
Типи апаратів, що використовуються для грубої очистки газового потоку від забруднень:

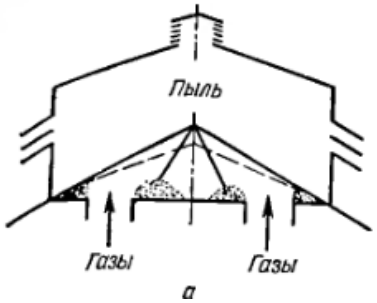
- пилоосадні камери;
- інерційні пилевловлювачі;
- жалюзійні апарати;
- циклонні апарати;
- ротаційні апарати.

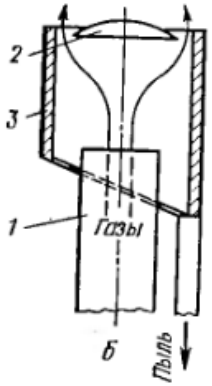
# Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від твердих часток, продуктів зношення та корозії.

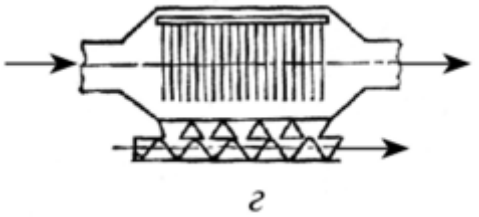
Види пилеосадних камер.



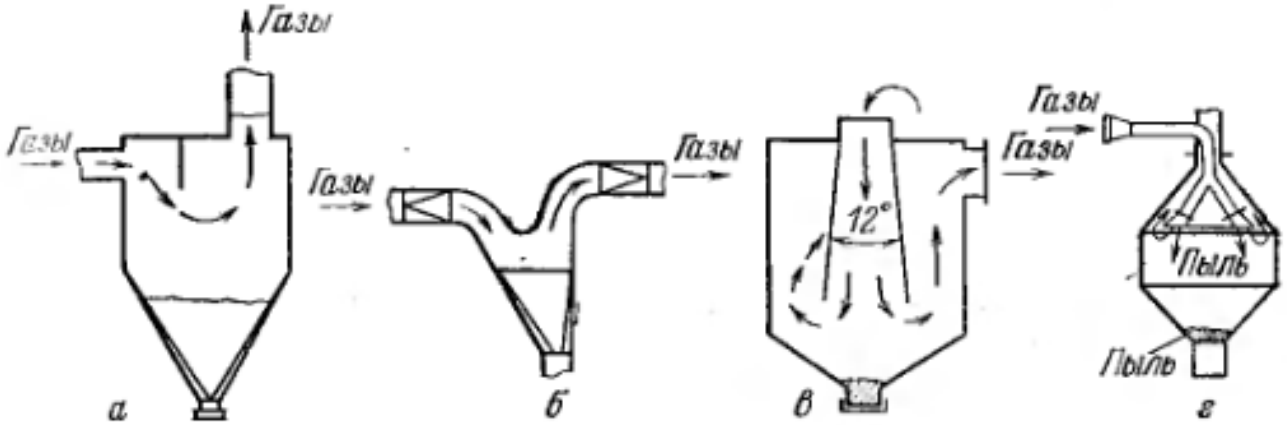



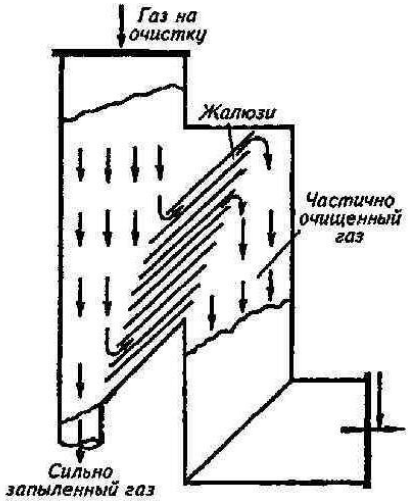
# Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від твердих часток, продуктів зношення та корозії.

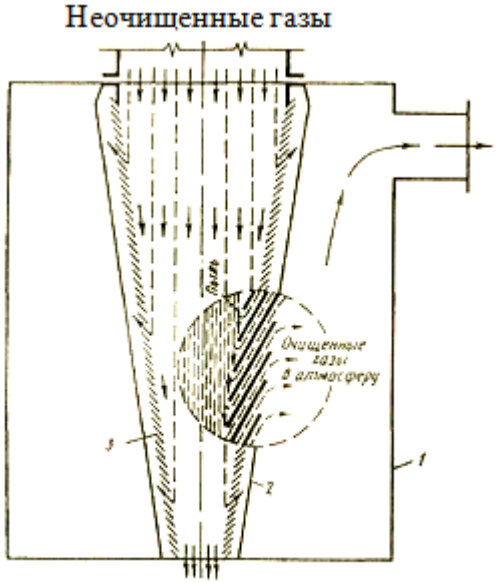
Види інерційних пилевловлювачів.



# Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від твердих часток, продуктів зношення та корозії.

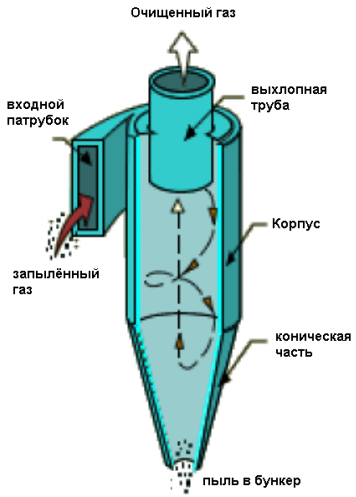
Види жалюзійних пилевловлювачів.

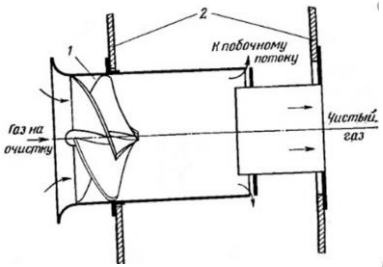


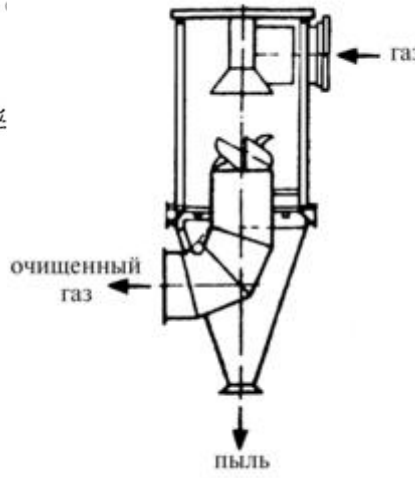



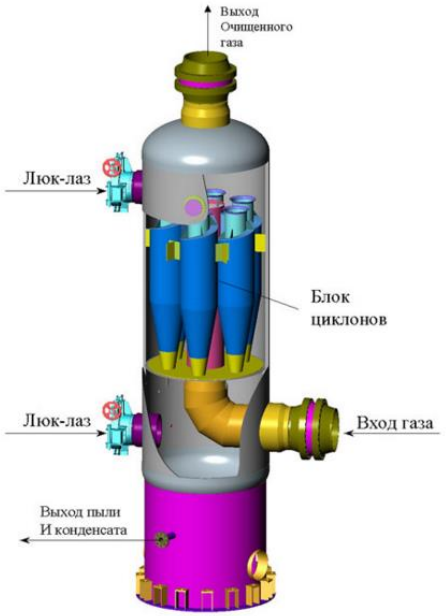
# Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від твердих часток, продуктів зношення та корозії.

Види циклонних фільтрів



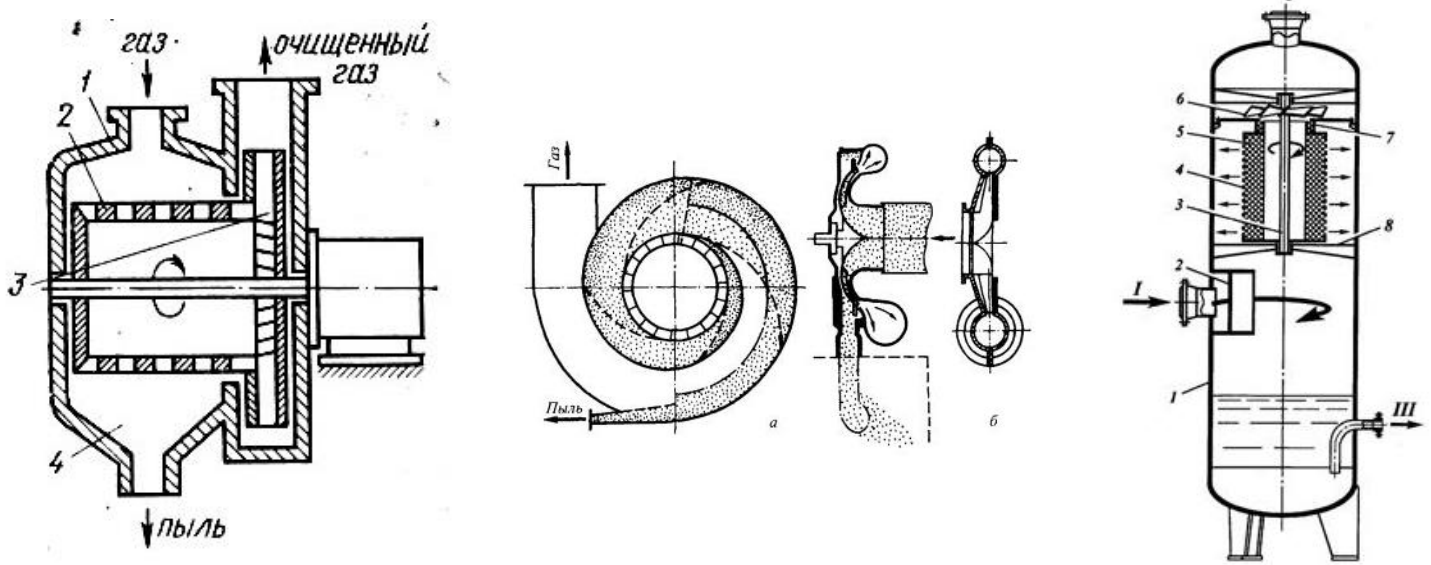



# Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від твердих часток, продуктів зношення та корозії.

Ротаційні пиловловлювачі



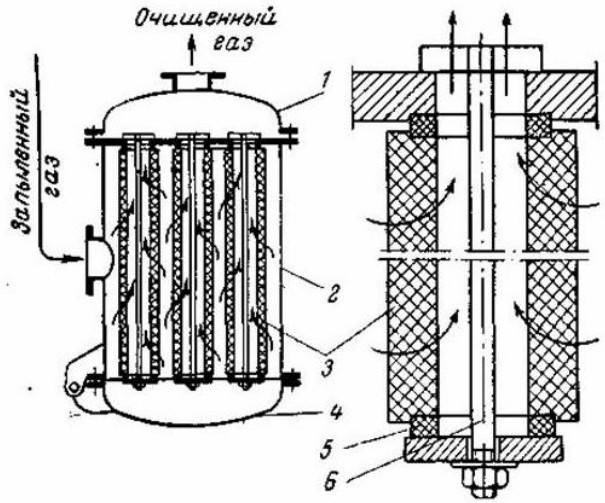
# Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від твердих часток, продуктів зношення та корозії.

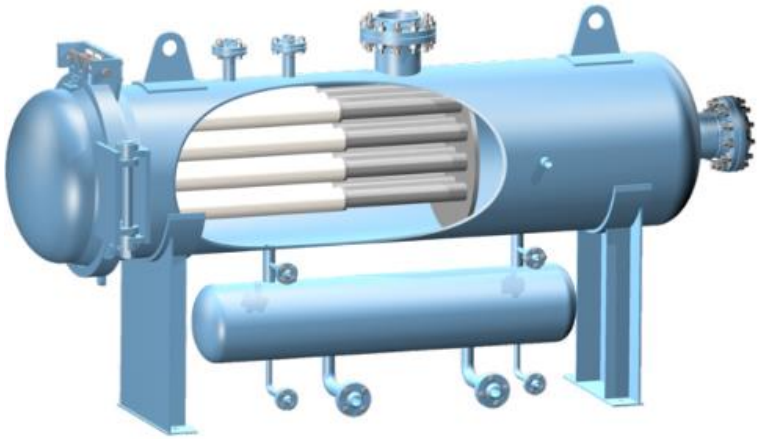
Типи апаратів, що використовуються для тонкої очистки газового потоку пилу:

- фільтри з пористого матеріалу;
- фільтри рукавні;
- зернисті фільтри;
- масляні фільтри;
- електрофільтри.

# Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від твердих часток, продуктів зношення та корозії.

Фільтри з пористого матеріалу (Патронні фільтри).



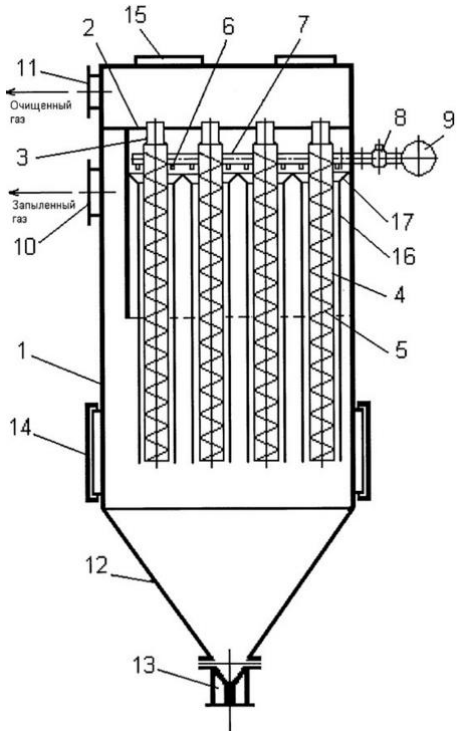



# Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від твердих часток, продуктів зношення та корозії.

Фільтри з пористого матеріалу (Тифі фільтруючих елементів).

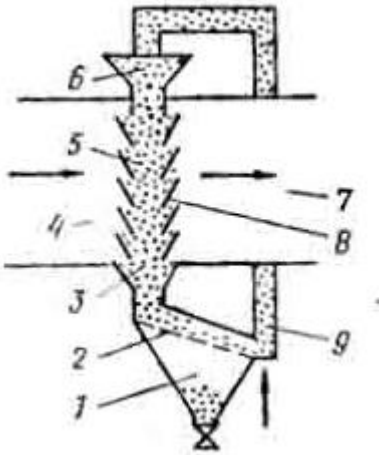
# Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від твердих часток, продуктів зношення та корозії.

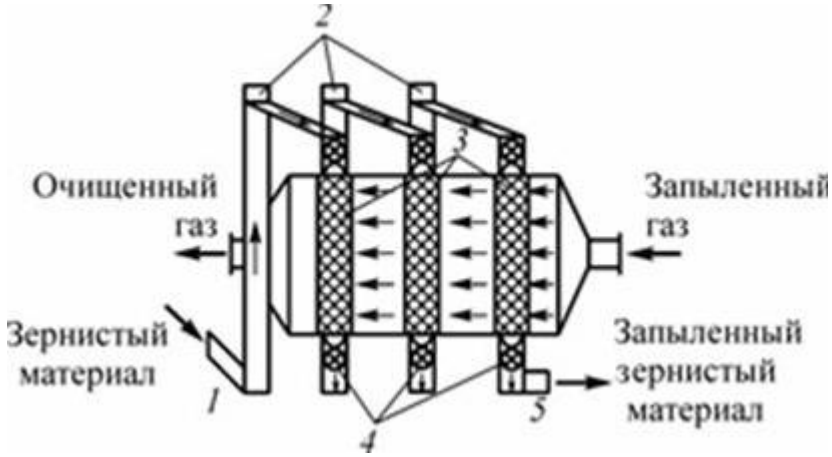
Фільтри рукавні.



# Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від твердих часток, продуктів зношення та корозії.

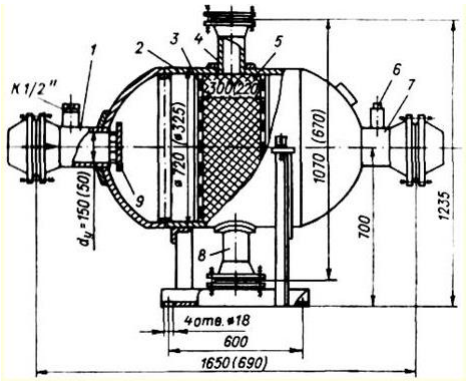
Зернисті фільтри

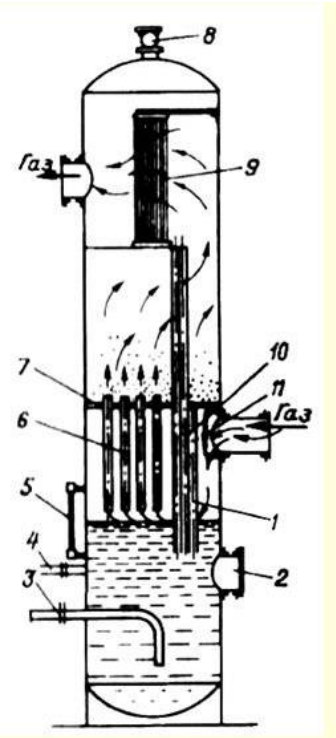


# Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від твердих часток, продуктів зношення та корозії.

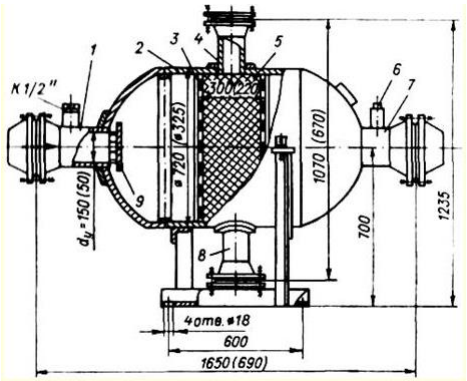
Масляні фільтри

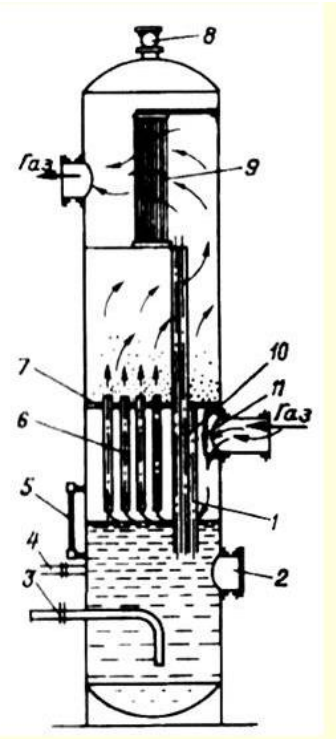


# Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від твердих часток, продуктів зношення та корозії.

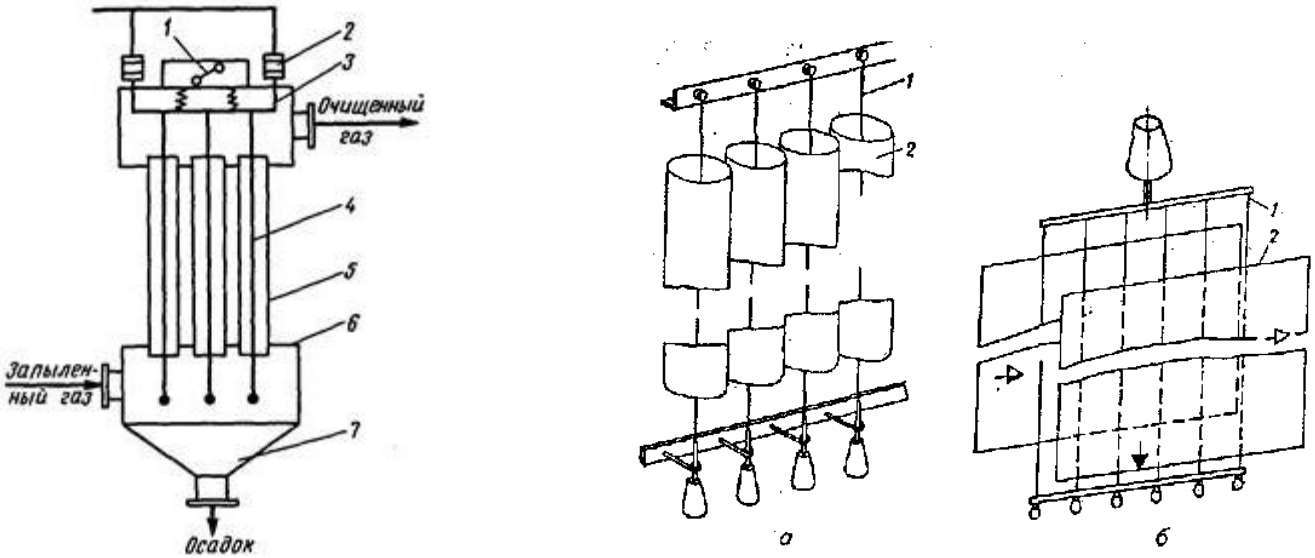
Масляні фільтри



# Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від твердих часток, продуктів зношення та корозії.

Електрофільтри



# Теоретичні основи процесів стиснення, теплообміну і сепарації в поршневих компресорних машинах та установках

Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від краплинної рідини та конденсаційного туману.

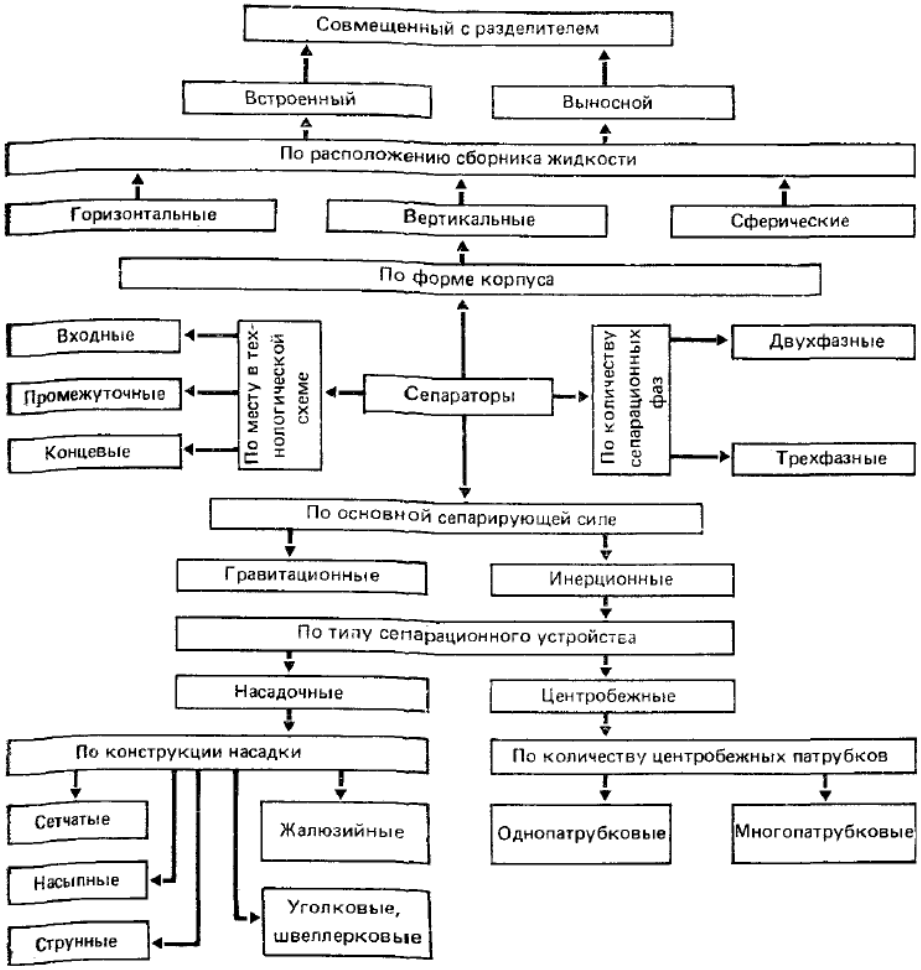
# Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від краплинної рідини та конденсаційного туману

Очищення газового потоку від краплинної рідини не має принципової різниці з очищенням газового потоку від пилу, але має де які відмінності, що впливають на конструкції обладнання.

В основному відмінність в конструктивному оформленні обладнання обумовлена властивістю рідини утворювати суцільну рідку фазу, що може утворювати плівки на стінках обладнання, та властивістю крапель рідини укрупнюватися при взаємодії.

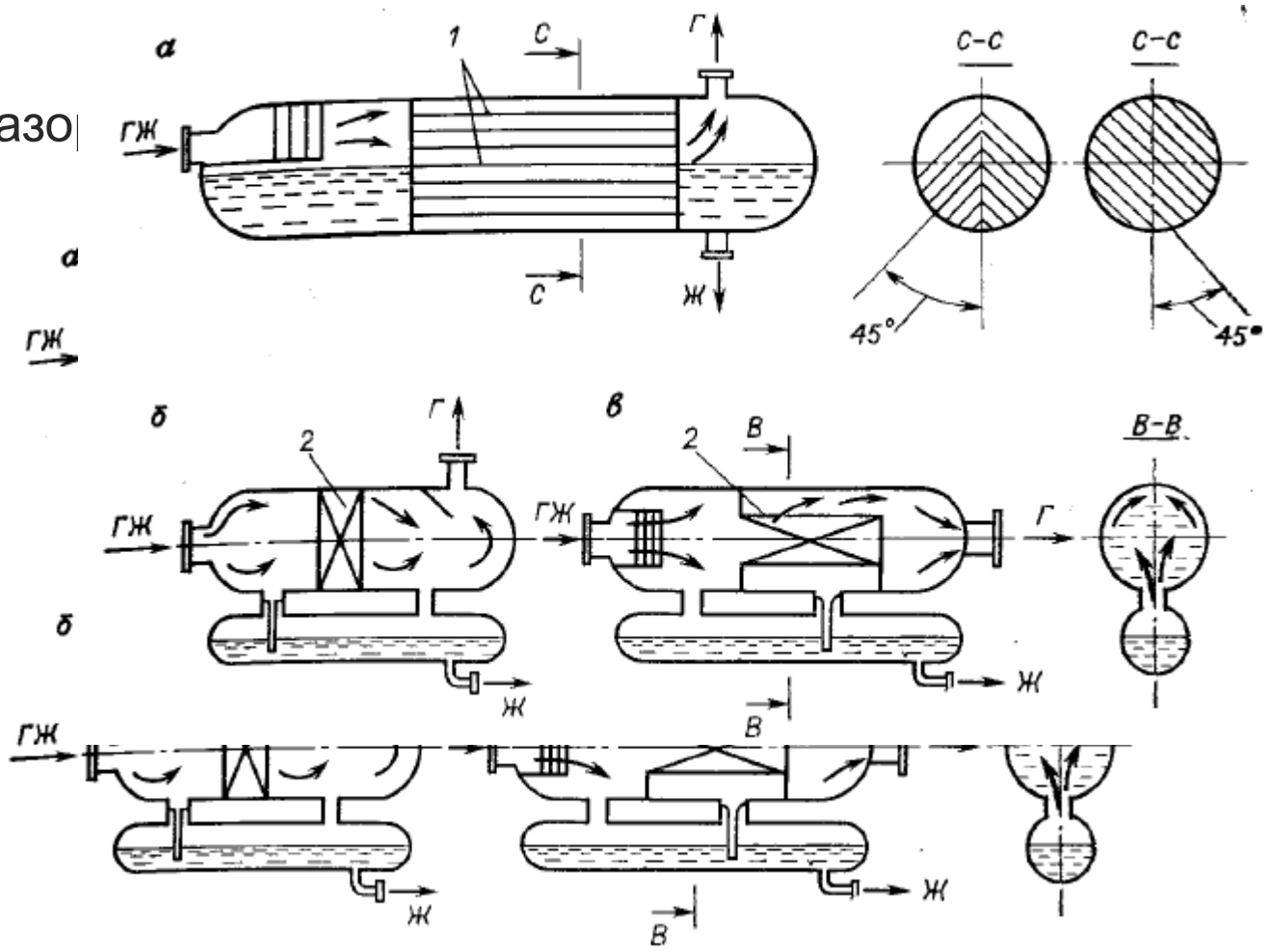
Перша властивість призводить до необхідності конструювати дренажні канали для відводу рідини, а властивість крапель до укрупнення дозволяє збільшувати ефективність сепараційних пристроїв за рахунок використання спеціальних пристроїв – коалесцерів.

# Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від краплинної рідини та конденсаційного туману



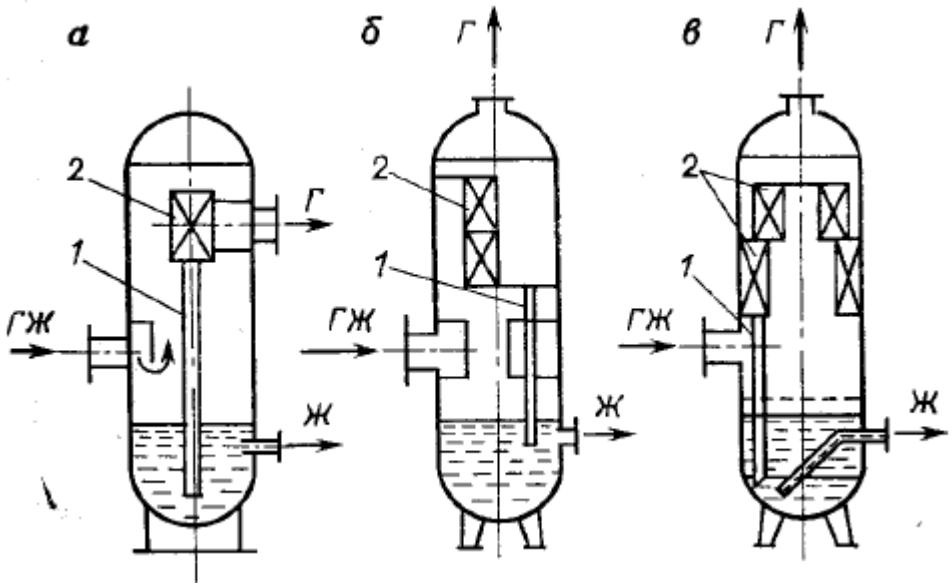
# Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від краплинної рідини та конденсаційного туману

Газо



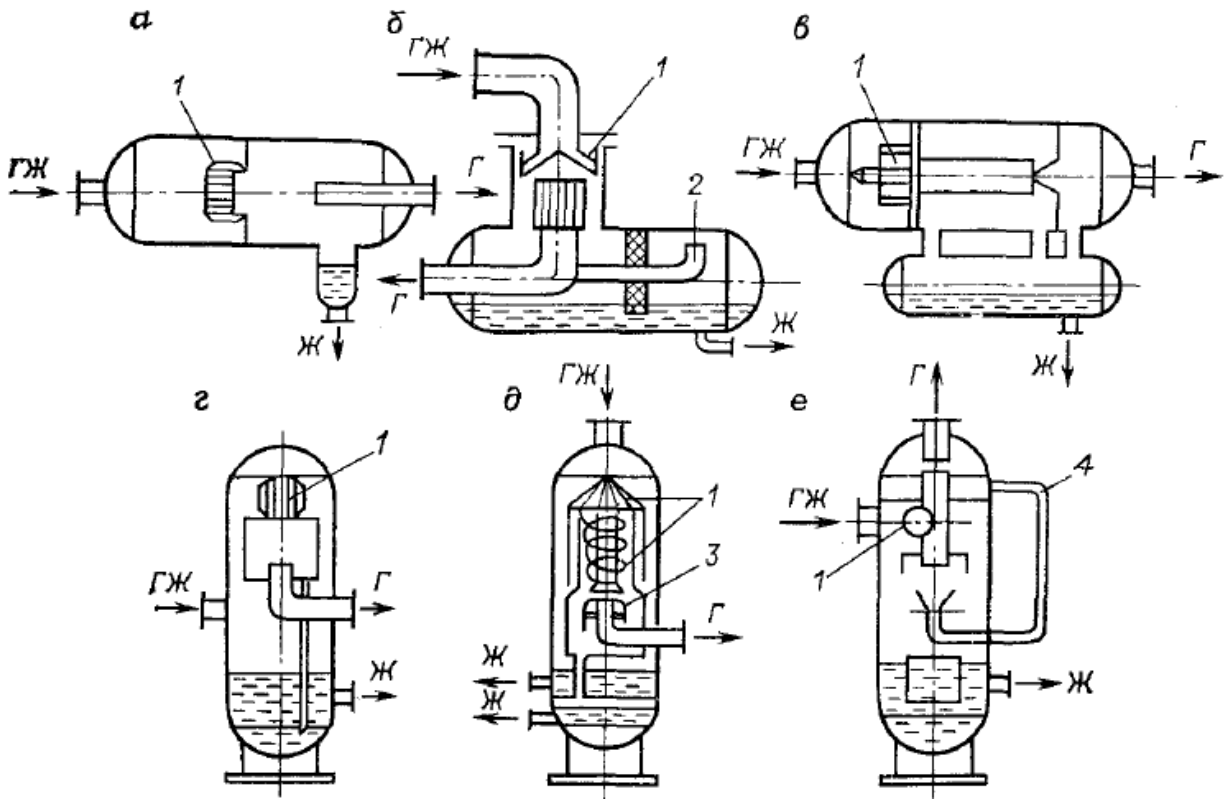
# Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від краплинної рідини та конденсаційного туману

Інерційні сепаратори с жалюзійними насадками



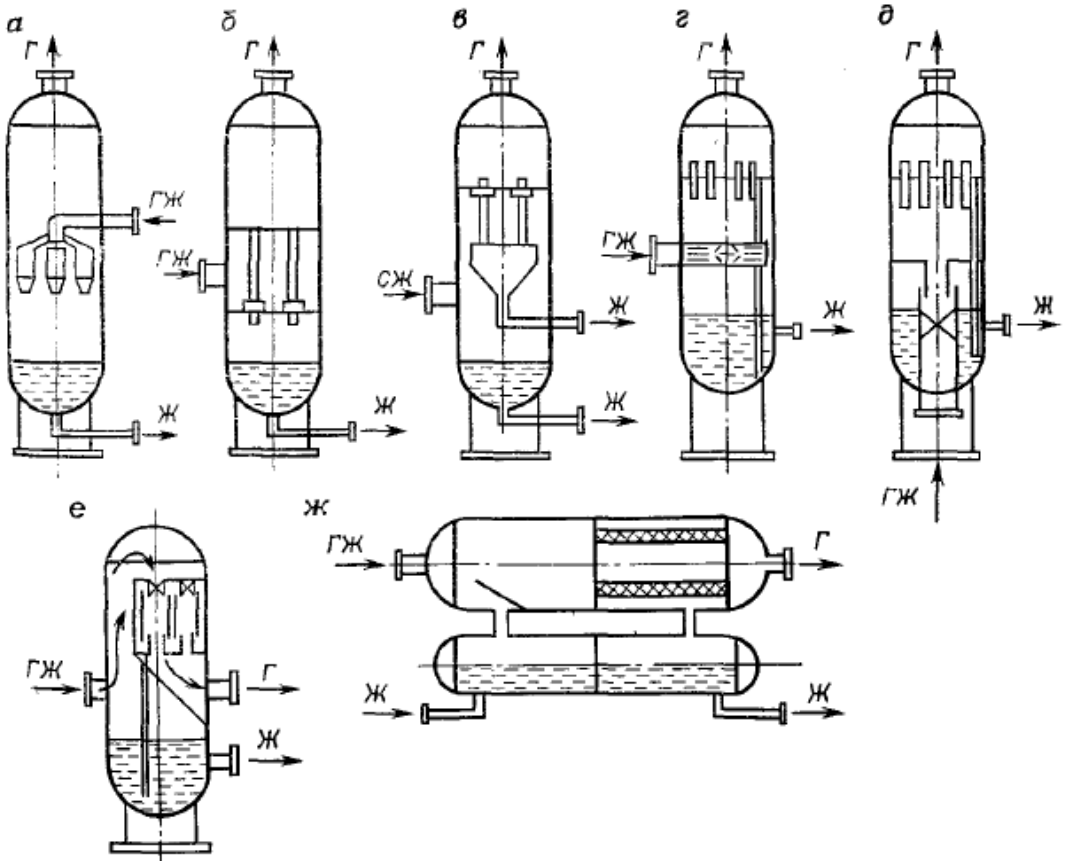
# Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від краплинної рідини та конденсаційного туману

Відцентрові однопатрубкові сепаратори



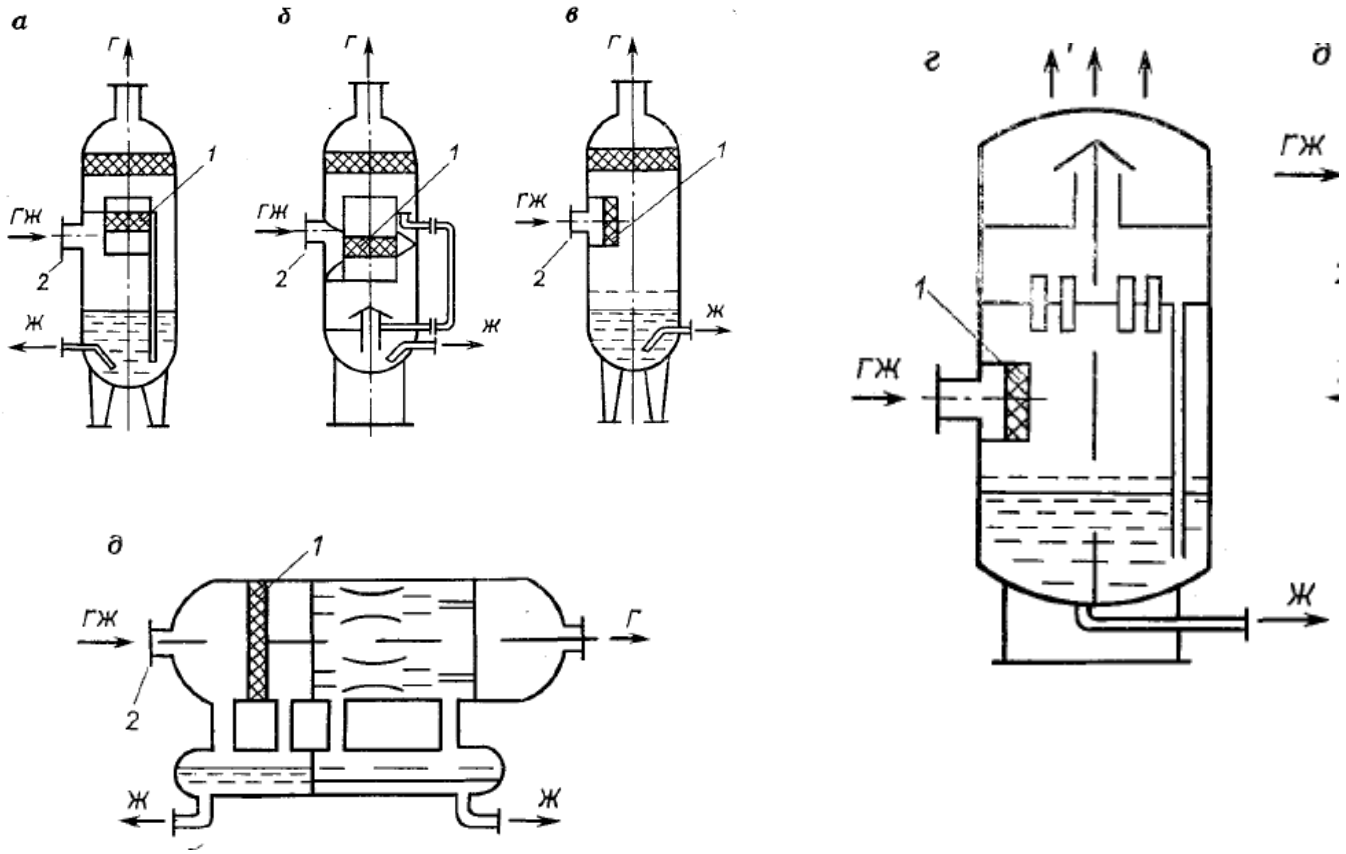
# Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від краплинної рідини та конденсаційного туману

Відцентрові багатопатрубкові сепаратори



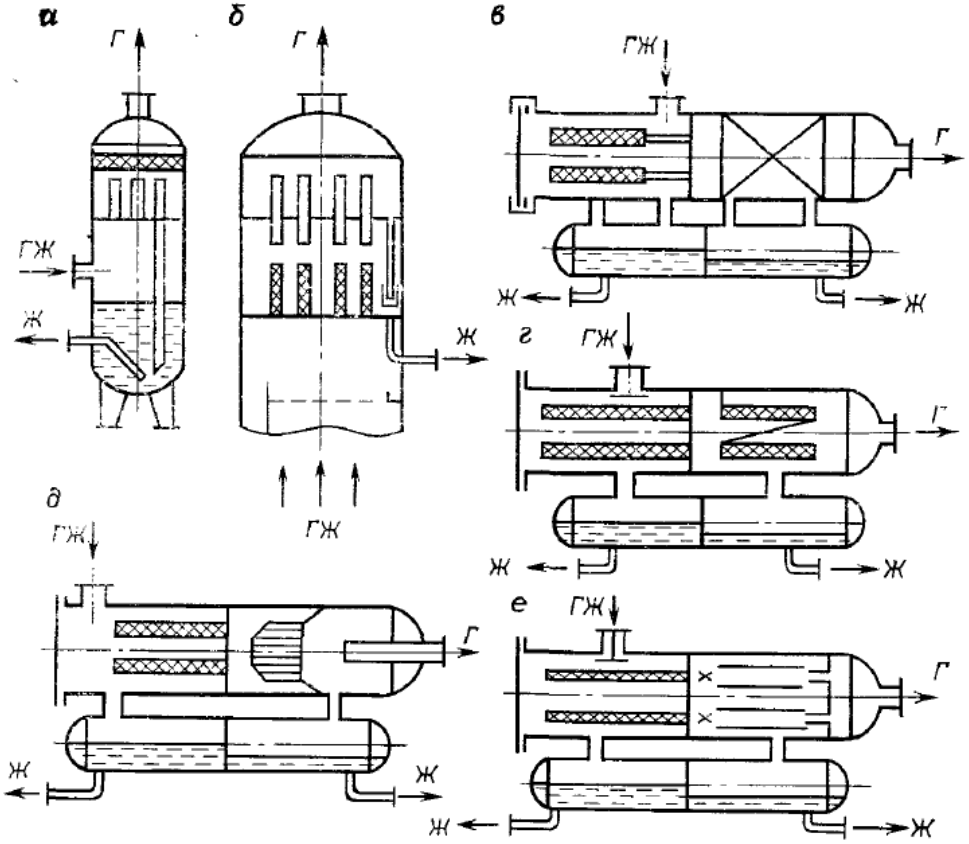
# Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від краплинної рідини та конденсаційного туману

Сепаратори з сітчастим відбійником



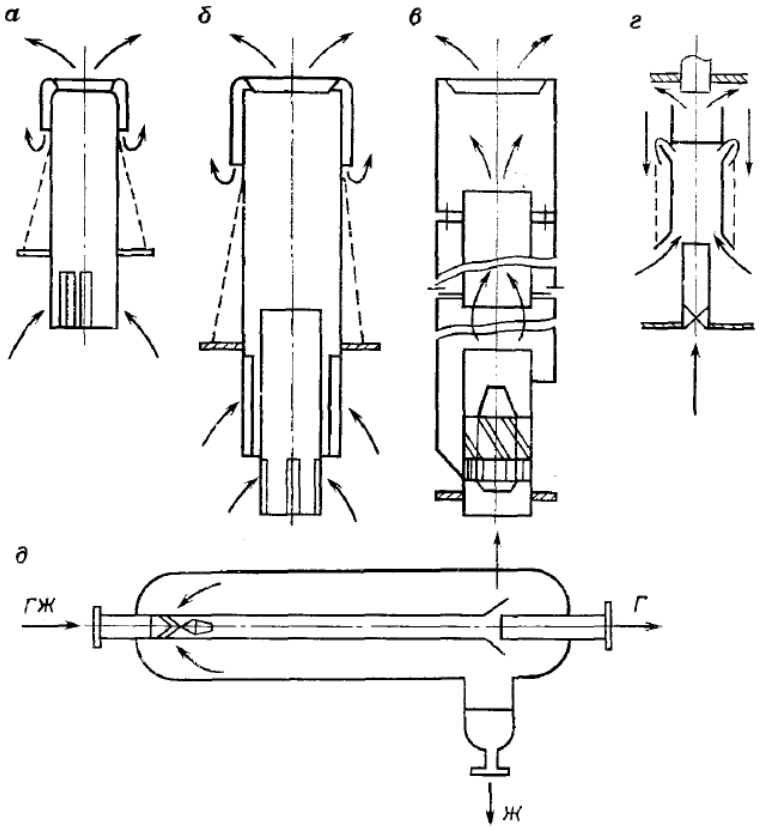
# Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від краплинної рідини та конденсаційного туману

Сепаратори з скловолоконним коагулятором



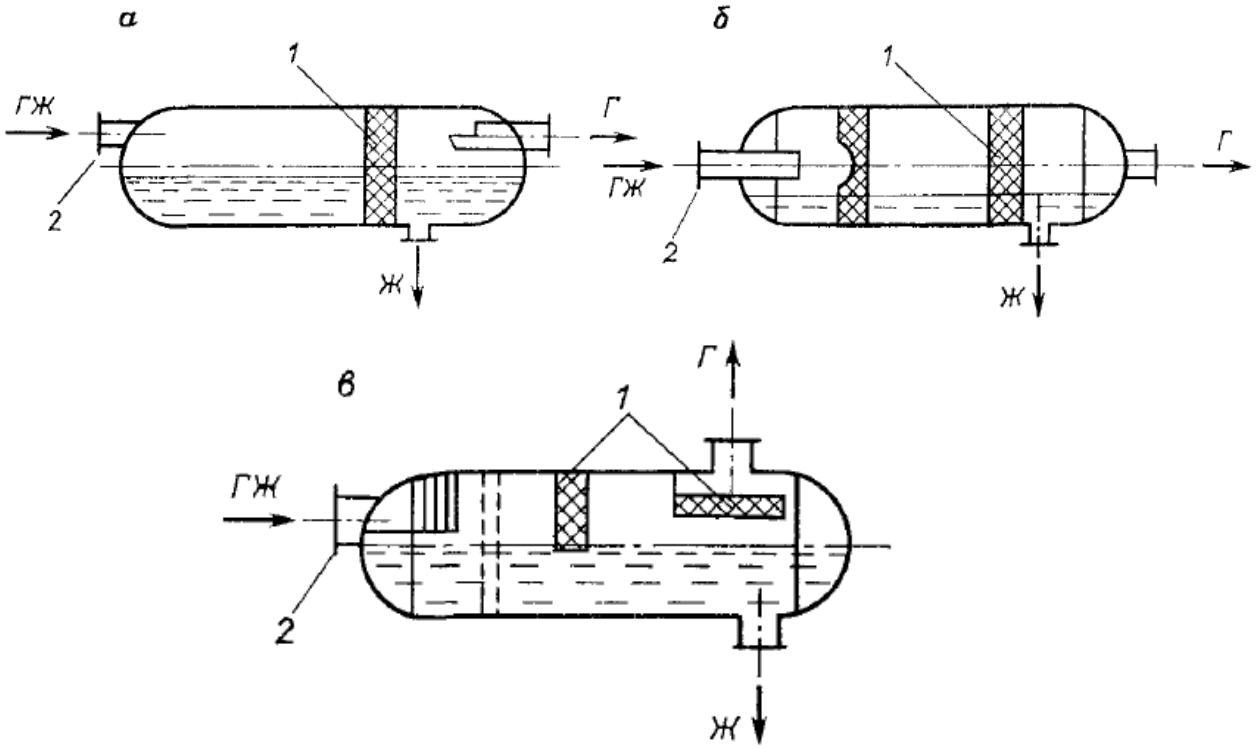
# Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від краплинної рідини та конденсаційного туману

Відцентрові елементи газосепараторів



# Процеси сепарації та обладнання для очищення стиснених газів від краплинної рідини та конденсаційного туману

Каплевідбійники з сітчастими насадками



# Теоретичні основи процесів стиснення, теплообміну і сепарації в поршневих компресорних машинах та установках

Процеси видалення вологи (абсорбційне осушення) зі стиснених газів

# Процеси видалення вологи (абсорбційне осушення) зі стиснених газів

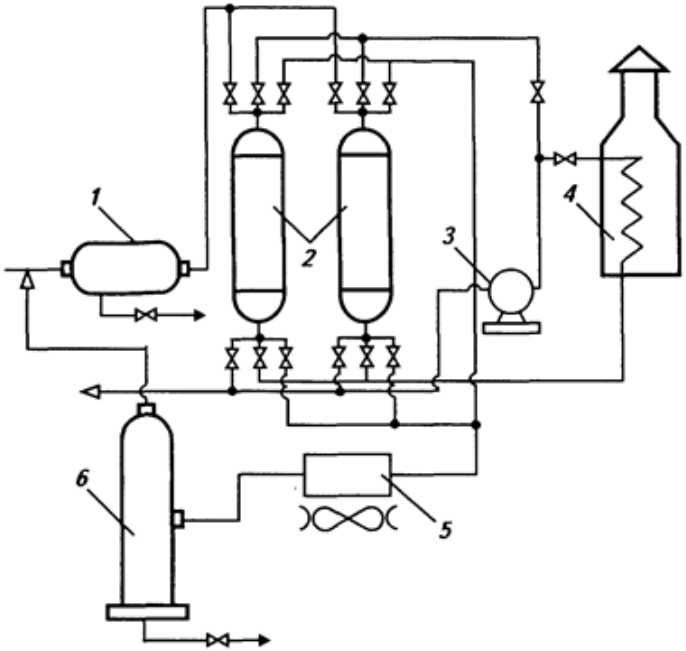
Осушення газу – технологічний процес видалення вологи з газового потоку.

Основні методи промислового видалення вологи зі стиснених газів (осушення газу):

- Адсорбційне осушення газу твердим поглиначем;
- Абсорбційне осушення газу рідким поглиначем;
- Осушення газу методами низькотемпературної сепарації вологи.

# Процеси видалення вологи (абсорбційне осушення) зі стиснених газів

- Схема адсобційного осушення газу




- 1 – сепаратор; 2 – адсорбер; 3 компресор; 4 – піч; 5 – АПО газу регенерації; 6 – сепаратор газу регенерації

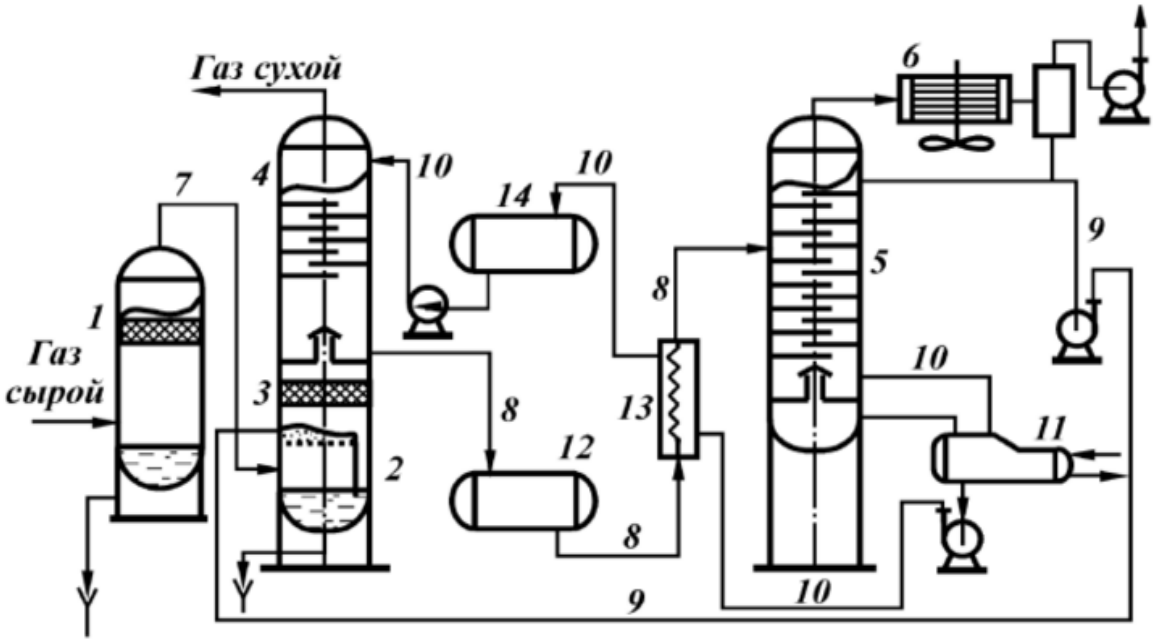
# Процеси видалення вологи (абсорбційне осушення) зі стиснених газів

Основні типи твердих поглиначів вологи, що використовуються при осушенні газів:

- - силікагель;
- - алюмогель;
- - боксит;
- - цеоліт;
- - алюмосилікатний каталізатор.

# Процеси видалення вологи (абсорбційне осушення) зі стиснених газів

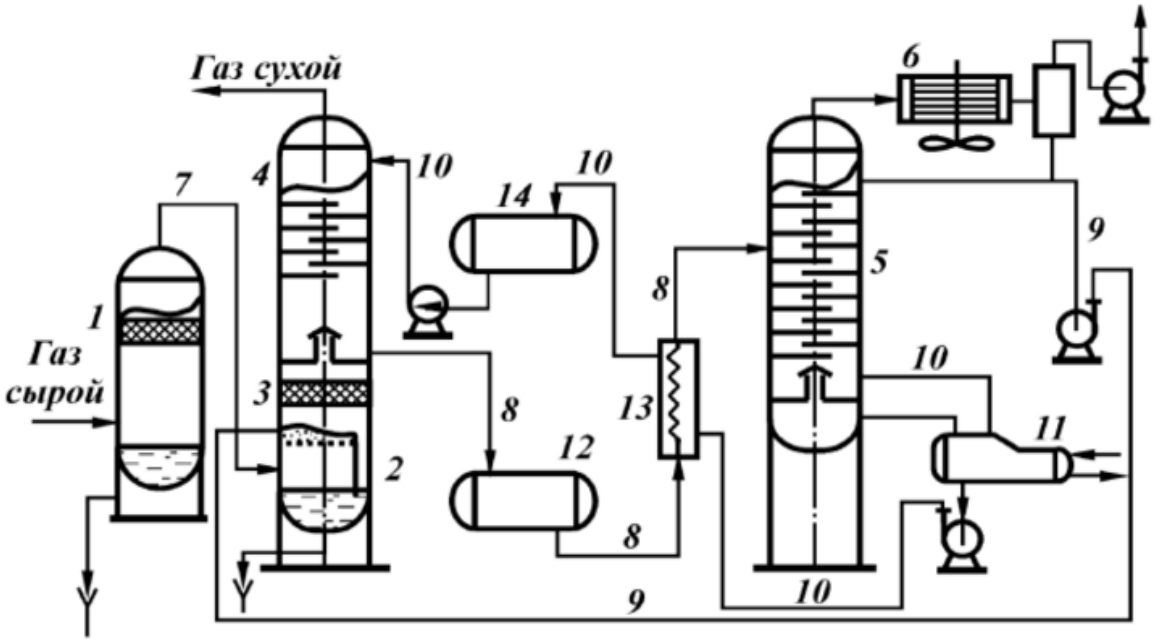
- Схема абсобційного осушення газу




- 1 – сепаратор; 2 – абсорбер; 5 - десорбер; 6 – холодильник; 13 - теплообмінник; 14 – ємність.

# Процеси видалення вологи (абсорбційне осушення) зі стиснених газів

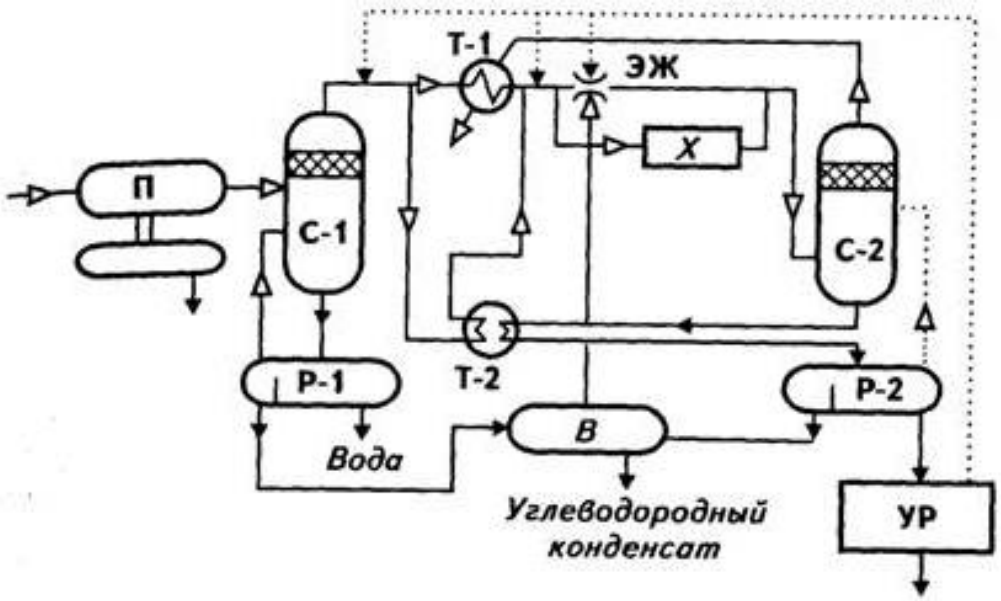
- Схема абсорбційного осушення газу розчином гліколя




- 1 – сепаратор; 2 – абсорбер; 5 - десорбер; 6 – холодильник; 13 - теплообмінник; 14 – ємність.

# Процеси видалення вологи (абсорбційне осушення) зі стиснених газів

- Схема установки низькотемпературної сепарації




- П – пробкоуловлювач; С1,С2 – вхідний і низькотемпературний сепаратор; Т-1, Т-2 – теплообмінники; ЄЖ – ежектор; Х – холодильна установка; УР – установка регенерації інгібітору, Р1, Р2 – резервуари; В – вивітрювач.