



# **Процеси і апарати хімічних виробництв**

**Лекція 7**

# Тема . Теплообмінні апарати

## ТЕПЛООБМІННІ АПАРАТИ

Використовують **3** типи теплообмінних апаратів:

- 1. Рекуперативні**, або поверхневі, в яких тепло передається від одного теплоносія до іншого крізь стінку;
- 2. Регенеративні**, в яких чергуються процеси нагрівання і охолодження насадки;
- 3. Змішувальні**, в яких теплообмін здійснюється при безпосередньому зіткненні теплоносіїв.

## Рекуперативні апарати

Основні конструкції: кожухотрубчасті; “ труба в трубі”; пластинчасті; спіральні; теплообмінники з поверхнею, що утворена стінками апарату.

Найбільш розповсюджені **кожухотрубчасті**, які підрозділяються на типи:

- ТН - кожухотрубчасті теплообмінники з нерухомими привареними решітками, вертикальні або горизонтальні, одно- або багатходові (рис. 34). Використовуються при невеликій різниці температур між кожухом та пучком труб;
- ТЛ – з лінзовим компенсатором з нерухомими привареними трубними решітками і з різною кількістю ходів;
  - ТПв – з рухомою решіткою відкритого типу, з парною кількістю ходів.

Один теплоносій іде в міжтрубний простір, а другий – в трубний.

Теплоносій, який більше забруднює поверхню обігріву або спричиняє більшу корозію, спрямовується в трубний простір, оскільки саме цей простір більш доступний для огляду і чищення. Якщо ці властивості теплоносіїв однакові, то в трубний простір доцільніше подавати теплоносій з меншим коефіцієнтом тепловіддачі, оскільки там можна забезпечити більшу швидкість руху теплоносія.

.



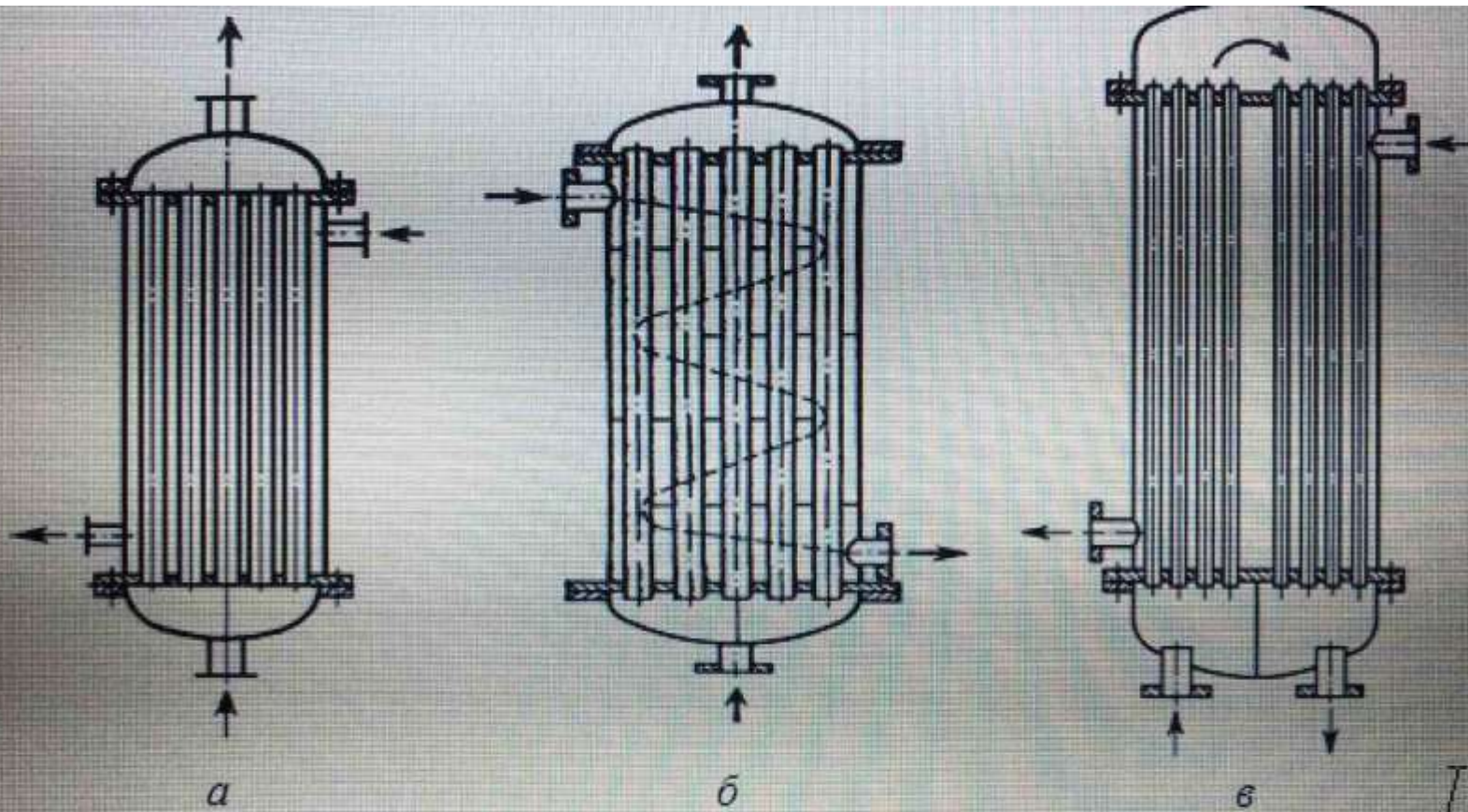


Рис. 34. Різні типи кожухотрубчастих теплообмінників:

- a* – одноходовий по трубному і по міжтрубному просторам; *б* - з сегментними поперечними перегородками (багатоходовий по міжтрубному простору);  
*в* – багатоходовий, який має один хід у міжтрубному просторі і два ходи у трубному.

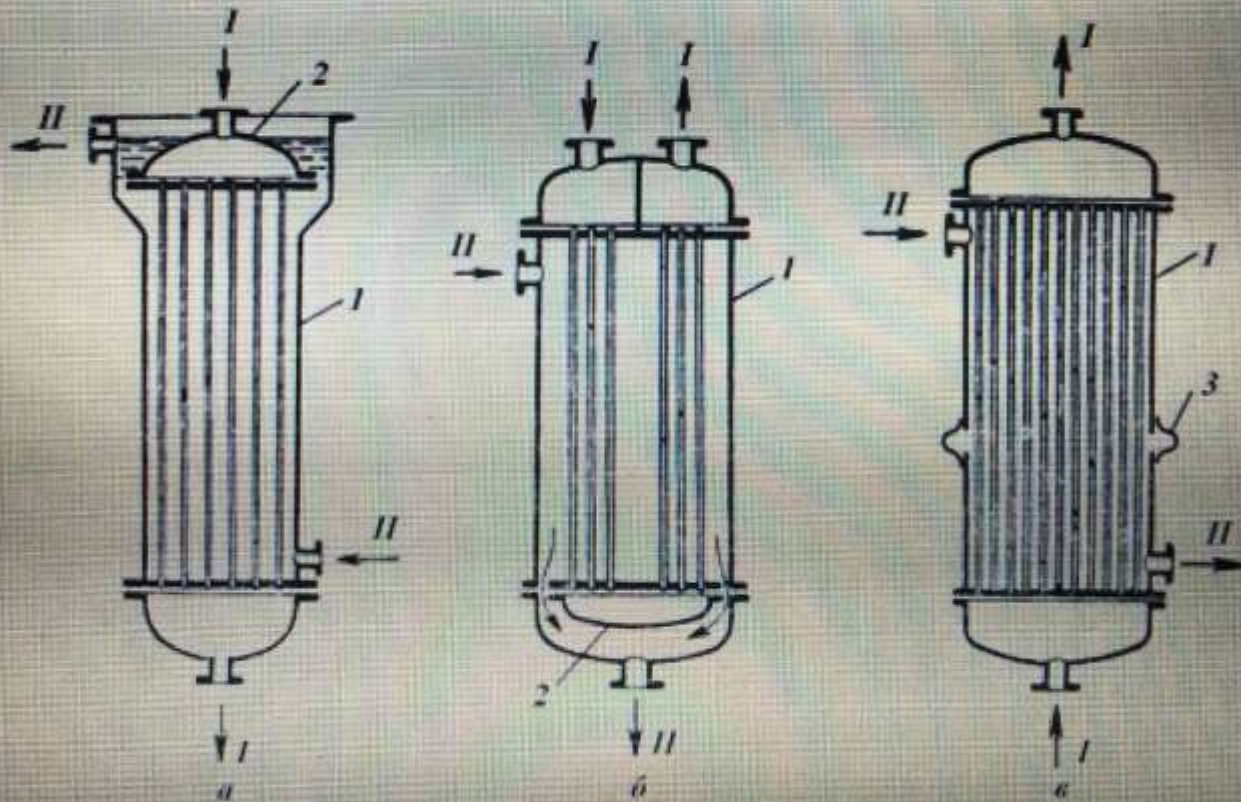
Теплоносії з дуже високою або низькою температурою пропускають крізь трубний простір для зменшення втрат тепла в оточуюче середовище.

Середовища, як правило, рухаються протитечією. При цьому середовище, яке нагрівається, спрямовують знизу наверх.

Одно- і багатоходові теплообмінники можуть бути вертикальні або горизонтальні. Горизонтальні, як правило, багатоходові і працюють при великих швидкостях теплоносіїв для того, щоб звести до мінімуму розшарування рідини внаслідок різниці температур і густин, а також щоб уникнути утворення застійних зон. Теплообмінники з жорстким кріпленням труб в трубній решітці надійно працюють при різниці температур труб і кожуха  $50^{\circ}\text{C}$ ; коли  $Dt > 50^{\circ}$ , труби і кожух подовжується неоднаково, що призводить до порушення цілісності з'єднання труб і до руйнування конструкції.



Для зменшення температурних деформацій в теплообмінниках використовують різні методи, як це видно з рис. 35.





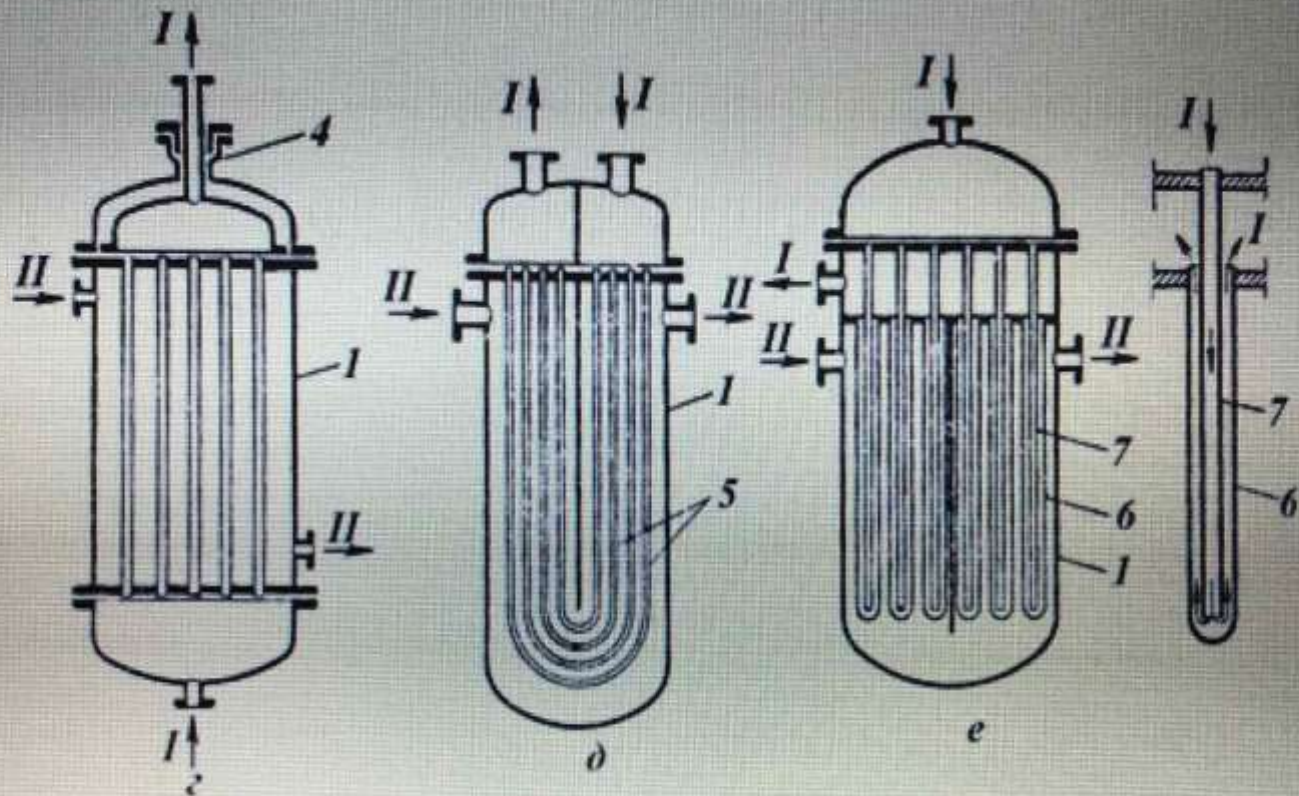


Рис. 35. Теплообмінники з компенсацією температурних подовжень:

*a* – з “плаваючою” голівкою відкритого типу; *б* – з “плаваючою” голівкою закритого типу; *в* – з лінзовим компенсатором; *г* – з сальниковим компенсатором; *д* – з U – подібними трубками; *е* – з подвійними трубками; 1 – кожух; 2 – “плаваюча” голівка; 3 – лінзовий компенсатор; 4 – сальник; 5 – U – подібні труби; 6 – зовнішня труба з відкритими кінцями. Римськими цифрами позначені теплоносії.

Оптимальні швидкості руху рідини відповідають сталому турбулентному режимові і дорівнюють для рідин:  $0,1 - 2$  м/с, а для газів  $2 - 20$  кг/м<sup>2</sup> с.

Теплообмінники типу “*труба в трубі*” – являють собою батареї з кількох теплообмінних елементів, розташованих один над другим (рис. 36). В елементах зовнішні труби 2 охоплюють внутрішні труби 1, які з’єднані між собою послідовно колінами (калачами) 3. Зовнішні труби між собою з’єднані патрубками 4.

**Спіральні теплообмінники.** Їхня поверхня теплообміну утворюється двома зігнутими у вигляді спіралей металевими листами 1 і 2. Внутрішні кінці спіралей приєднані до перегородки 3. Між листами утворені канали прямокутного перерізу, по яких рухаються теплоносії I і II. З торців канали закриті плоскими кришками 4 і ущільнені прокладками 6. Кришки кріпляться болтами до фланців 5. Іноді відстань між спіралями фіксується привареною до них дистанційною смугою 7, котра, окрім того, надає спіралям твердість і міцність. Біля зовнішніх кінців спіралей і біля центру кришки приварені патрубки 8 для введення і виведення теплоносіїв.

Перевагою спіральних теплообмінників є їхня компактність і можливість роботи при високих швидкостях: для рідини до 2 м/с, для газів до 20 кг/(м<sup>2</sup>·с), а також менший у порівнянні з кожухотрубчастими теплообмінниками гідравлічний опір.

Недоліки: складність виготовлення і неможливість роботи при тиску, більшому за 10 ат.



**Зрошувальні теплообмінники** використовують головним чином для охолодження рідин і газів або конденсації парів. Теплообмінник (рис. 40) складається з розташованих одна над одною труб 3, з'єднаних колінами 2. Ззовні труби зрошуються водою. По трубах протікає теплоносій, що охолоджується. Зрошуюча вода подається на верхню трубу, з якою стікає на розташовані нижче труби. Для рівномірного зрошення верхньої труби на ній встановлений жолоб 1 з зубчастими краями. У нижній частині є корито 4 для збирання води.

Вода, яка зрошує труби, частково випаровується, що супроводжується зниженням температури, завдяки чому витрата води у зрошувальних теплообмінниках менша, ніж у теплообмінниках інших типів. При недостатньому зрошенні відбувається сильне випаровування води, тому зрошувальні теплообмінники встановлюють на відкритому повітрі.

Переваги: прості за будовою. Недоліки: громіздкі, невисокі значення коефіцієнтів тепловіддачі.

**Дякую за увагу!**

