



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Теплоносители, теплообменники и печи

**к.т.н., старший преподаватель
НОЦ им. Кижнера
Богданов Илья Александрович**

пятница, 16 мая 2025 г.



НАГРЕВАЮЩИЕ АГЕНТЫ И СПОСОБЫ НАГРЕВАНИЯ

В химической промышленности широко распространены тепловые процессы – нагревание и охлаждение жидкостей и газов и конденсация паров, которые проводятся в теплообменных аппаратах (теплообменниках).



Теплообменниками называют – аппараты, предназначенные для передачи тепла от одних веществ к другим. Вещества, участвующие в процессе передачи тепла, называются **теплоносителями**. Теплоносители, имеющие более высокую температуру, чем нагреваемая среда, и отдающие тепло, принято называть **нагревающими агентами**, а теплоносители с более низкой температурой, чем среда, от которой они воспринимают тепло, – **охлаждающими агентами**.



В качестве прямых источников тепла в химической технологии используют образом топочные газы, представляющие собой газообразные продукты сгорания топлива, и электрическую энергию.

НАГРЕВАЮЩИЕ АГЕНТЫ

К числу распространенных нагревающих агентов относятся:

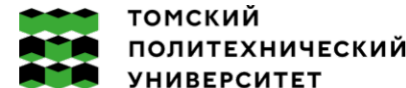
- водяной пар
- горячая и перегретая вода
- дымовые/топочные газы
- минеральные масла
- органические жидкости (и их пары)
- расплавленные соли
- жидкие металлы и их сплавы



Промышленный теплоноситель должен обеспечивать достаточно высокую интенсивность теплообмена при небольших массовых и объемных его расходах. Соответственно он должен обладать малой вязкостью, но высокими плотностью, теплоемкостью и теплотой парообразования. Желательно также, чтобы теплоноситель был негорюч, нетоксичен, термически стоек, не оказывал разрушающего влияния на материал теплообменника и вместе с тем являлся бы достаточно доступным и дешевым веществом.

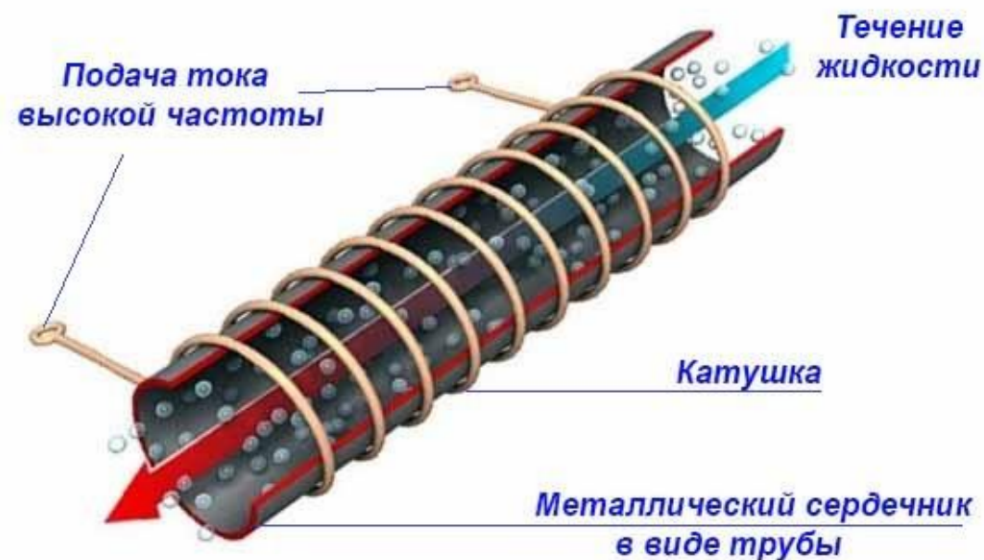
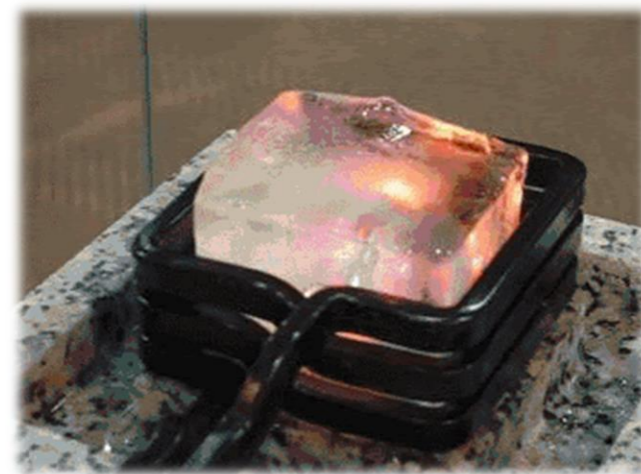
СПОСОБЫ НАГРЕВАНИЯ

В качестве прямых источников тепла в химической технологии используют главным образом топочные газы, представляющие собой газообразные продукты сгорания топлива, и электрическую энергию.



Однако существуют и более интересные способы нагрева такие как:

- Нагревание газообразными высокотемпературными теплоносителями в слое неподвижной и движущейся твердой насадки
- Индукционное нагревание
- Высокочастотное нагревание
- Нагревание электрической дугой



ОХЛАЖДАЮЩИЕ АГЕНТЫ, СПОСОБЫ ОХЛАЖДЕНИЯ

В качестве охлаждающих агентов для охлаждения до обыкновенных температур (10-30 °С) применяют в основном воду и воздух.



Для достижения температур более низких, чем можно получить с помощью воды или воздуха (например, 0°C) > при условии, что допустимо разбавление среды водой, охлаждение проводят путем введения льда или холодной воды непосредственно в охлаждаемую жидкость.

Для охлаждения до значительно более низких температур, чем 0 °С, применяют холодильные агенты, представляющие собой пары низкокипящих жидкостей (например, аммиака), сжиженные газы (CO₂, этан и др.) или холодильные рассолы.

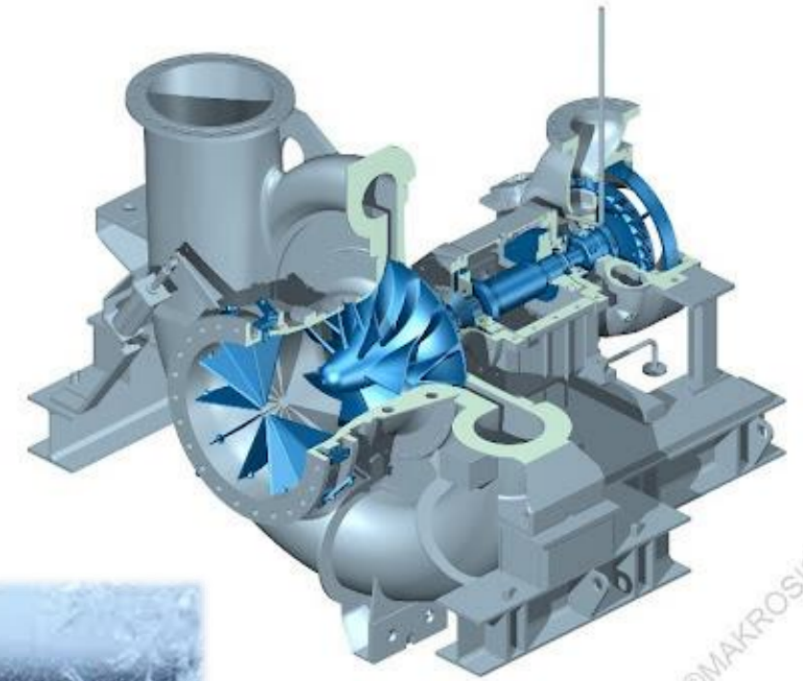


ОХЛАЖДАЮЩИЕ АГЕНТЫ, СПОСОБЫ ОХЛАЖДЕНИЯ

Для понижения температуры хладогентов используемых для охлаждения до особо низких температур применяют холодильные циклы, основанные на использовании:

- Эффекта Джоуля-Томпсона (дросселирования газа)
- Испарения жидкостей (турбодетандеры)
- Энтропийного расширения

 ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ



КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕННИКОВ

В зависимости от способа передачи тепла различают три основные группы теплообменников:

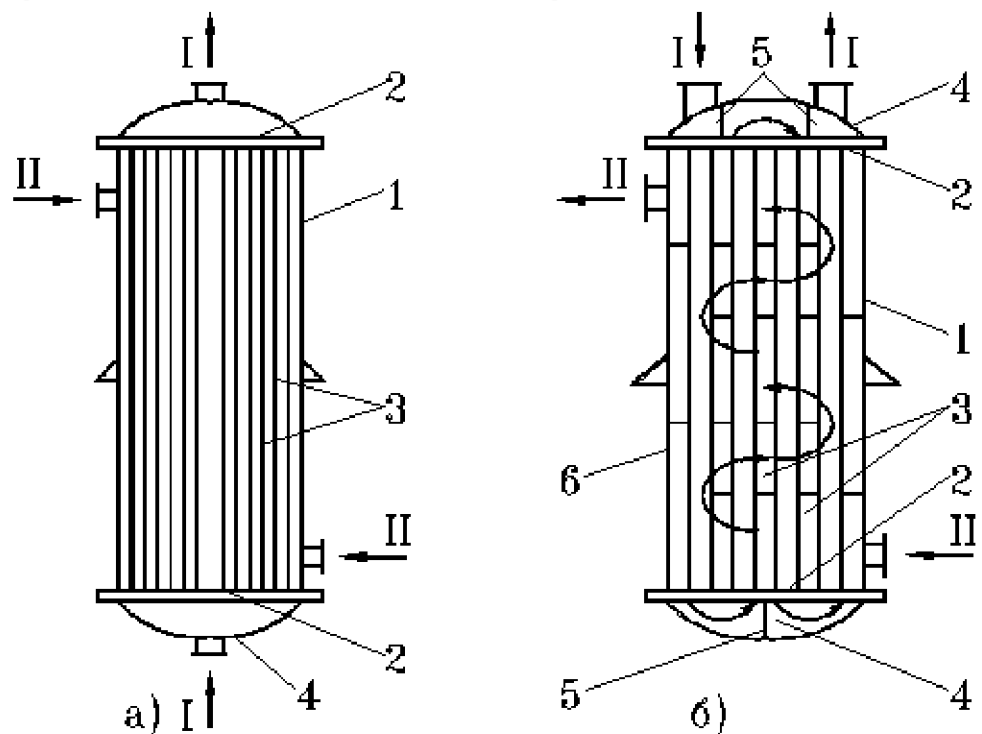


- **поверхностные** теплообменники, в которых перенос тепла между обменивающимися телом средами происходит через разделяющую их поверхность теплообмена – глухую стенку
- теплообменники **смешения**, в которых тепло передается от одной среды к другой при их непосредственном соприкосновении
- **регенеративные** теплообменники, в которых нагрев жидких сред происходит за счет их соприкосновения с ранее нагретыми твердыми телами – насадкой, заполняющей аппарат, периодически нагреваемой другим теплоносителем.

Поверхностные теплообменники наиболее распространены, в химической промышленности и их конструкции весьма разнообразны. В химической технологии применяются теплообменники, изготовленные из самых различных металлов (углеродистых и легированных сталей, меди, титана), а также из неметаллических материалов, например графита, тефлона и др. Выбор материала диктуется в основном его коррозионной стойкостью и теплопроводностью. Конструкции теплообменников должны отличаться простотой, удобством монтажа и ремонта. В ряде случаев конструкция теплообменника должна обеспечивать возможно меньшее загрязнение поверхности теплообмена и быть легко доступной для осмотра и очистки.

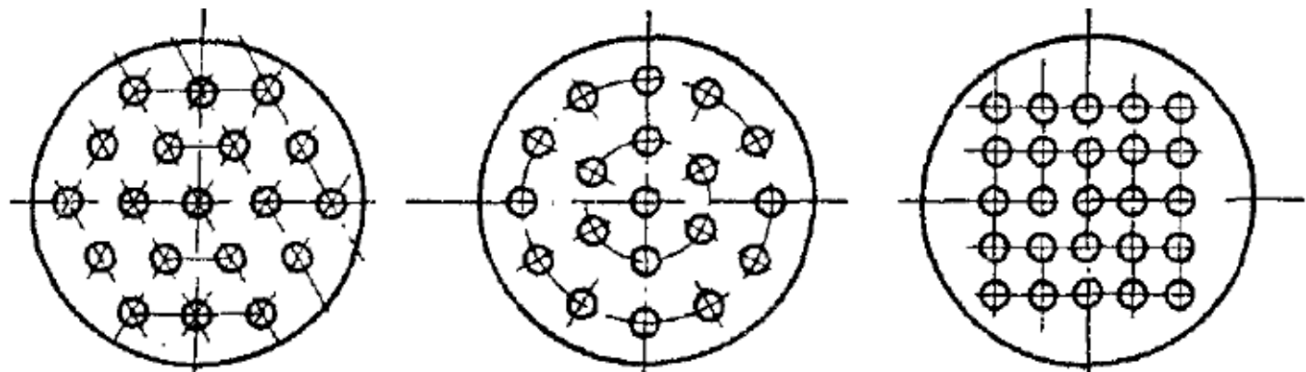
ТРУБЧАТЫЕ ТЕПЛООБМЕННИКИ. КОЖУХОТРУБЧАТЫЕ ТЕПЛООБМЕННИКИ

В кожухотрубчатом теплообменнике одна из обменивающихся теплом сред I движется внутри труб (в трубном пространстве), а другая II – в межтрубном пространстве. Среды обычно направляют противотоком друг к другу. При этом нагреваемую среду направляют снизу вверх, а среду, отдающую тепло, — в противоположном направлении.

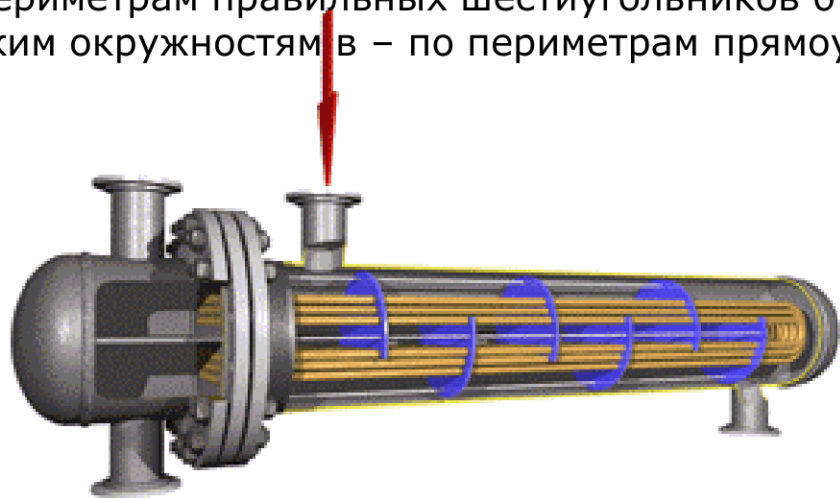


Кожухотрубчатые одноходовой (а) и многоходовой (б) теплообменники:

- 1 – корпус (обечайка) 2 – трубные решетки 3 – трубы 4 – крышки 5 – перегородки в крышках 6 – перегородки в межтрубном пространстве



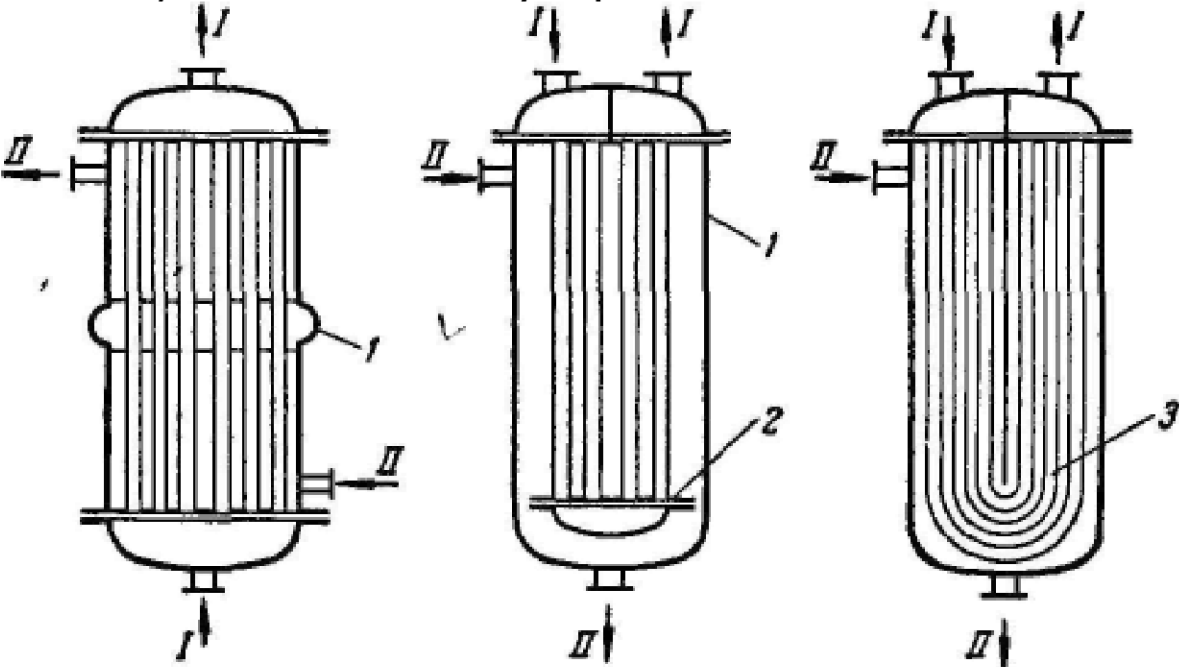
Способы размещения труб в теплообменниках:
а – по периметрам правильных шестиугольников б – по концентрическим окружностям в – по периметрам прямоугольников



ТРУБЧАТЫЕ ТЕПЛООБМЕННИКИ. КОЖУХОТРУБЧАТЫЕ ТЕПЛООБМЕННИКИ

Одноходовые и многоходовые теплообменники могут быть вертикальными или горизонтальными. Вертикальные теплообменники более просты в эксплуатации и занимают меньшую производственную площадь. Горизонтальные теплообменники изготавливаются обычно многоходовыми и работают при больших скоростях для того, чтобы свести к минимуму расслоение жидкостей вследствие разности их температур и плотностей, а также устранить образование застойных зон.

Если средняя разность температур труб и кожуха в теплообменниках жесткой конструкции, становится значительной (приблизительно равной или большей 50°C), то трубы и кожух удлиняются неодинаково. Это вызывает значительные напряжения в трубных решетках, может нарушить плотность соединения труб с решетками, привести к разрушению сварных швов. Поэтому при разностях температур труб и кожуха больших 50°C , или при значительной длине труб применяют кожухотрубчатые теплообменники нежесткой конструкции, допускающей некоторое перемещение труб относительно кожуха аппарата.



Кожухотрубчатые теплообменники компенсирующими устройствами:
 а – с линзовым компенсатором б – с плавающей головкой
 в – с U-образными трубками; 1– компенсатор 2 – подвижная трубная решетка 3 U-образные трубы.

ТРУБЧАТЫЕ ТЕПЛООБМЕННИКИ. ДВУХТРУБЧАТЫЕ ТЕПЛООБМЕННИКИ

Теплообменники этой конструкции, называемые также теплообменниками типа «труба в трубе», состоят из нескольких последовательно соединенных трубчатых элементов, образованных двумя концентрически расположенными трубами

