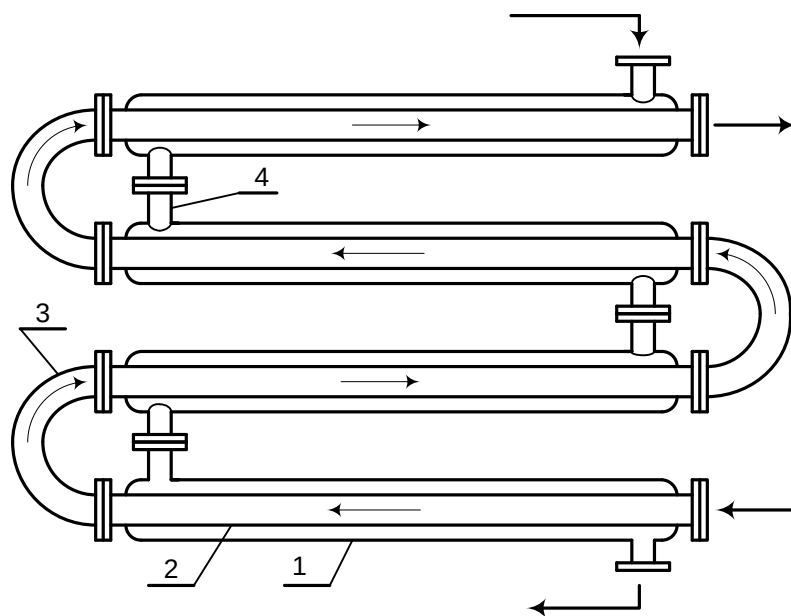


## Общие сведения о конструкциях теплообменных аппаратов

Довольно трудно приступить к расчёту теплообменного аппарата, если не представляешь, как он выглядит, как устроен, из каких элементов состоит. Поэтому в этом разделе мы приведём самые основные сведения о том, что представляют собой промышленные теплообменники и какими они бывают.

Во-первых, нередки случаи, когда потоки можно смешивать между собой. Предназначенные для этого аппараты так и называют – **теплообменники смешения**. Они применяются, например, в нефтепереработке для конденсации паров углеводородов путём орошения их водой. В результате такого контакта образуется двухфазная (гетерогенная) смесь, состоящая из двух жидких фаз – углеводородной и водной, которая затем разделяется. В пищевой промышленности для отгонки спирта применяют подачу водяного пара непосредственно в бражку. Ведь она состоит более чем на 90% из воды. Водяной пар, который для этого используется, называют **острым паром**. Также многие, наверное, видели на территории ТЭЦ огромные конические башни, сверху которых клубится водяной пар. Это **градирни** – аппараты, предназначенные для охлаждения воды.

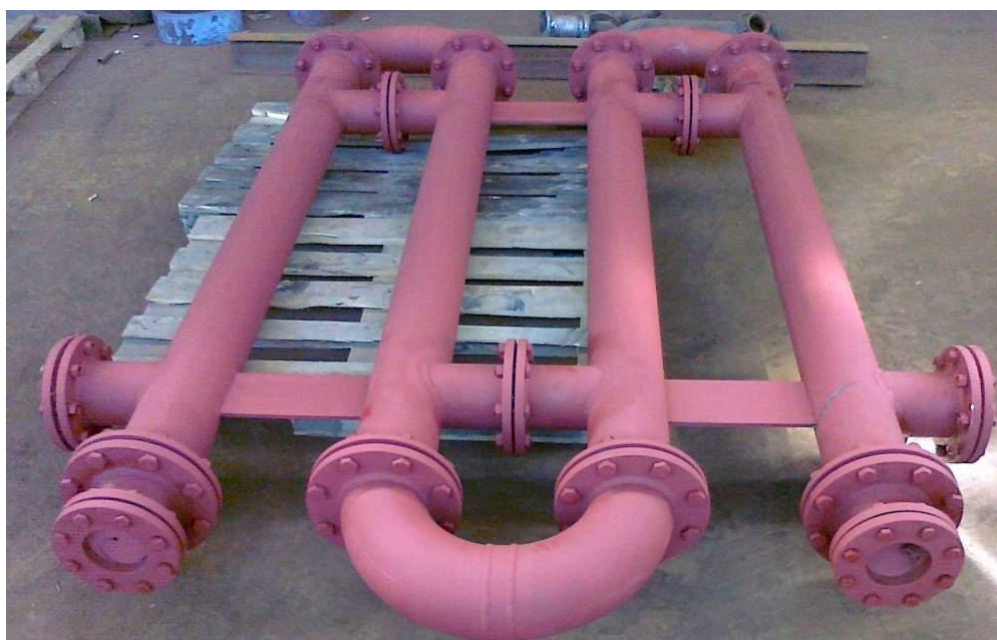
Но всё же гораздо чаще применяют так называемые **поверхностные теплообменники** – аппараты, в которых горячий и холодный потоки разделены теплопередающей поверхностью. Самая простая конструкция такого теплообменника – «труба в трубе» (рис. 1 и 2).



**Рис. 1. Теплообменник «труба в трубе»** 1 – наружная труба; 2 – внутренняя труба; 3 – соединительные колена («калачи»); 4 – соединительные патрубки с фланцами

Эта конструкция имеет ряд недостатков, и первый из них – высокая металлоёмкость, т.е. **масса одного квадратного метра теплопередающей поверхности**. Попросту говоря, эти теплообменники слишком дороги. Кроме того, популярность теплообменников этого типа снижается из-

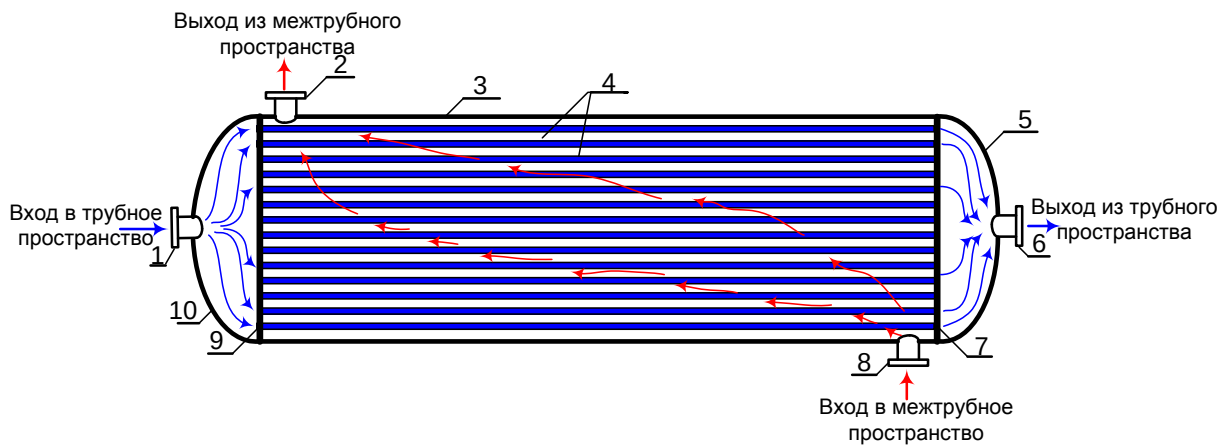
за их невысокой эффективности и быстрого загрязнения рабочих поверхностей. Т.е. попросту говоря они неважно передают теплоту и быстро загрязняются. Поэтому следующим шагом в конструировании были кожухотрубчатые теплообменники, самый простой из которых показан на рис. 3.



**Рис. 2. Фото теплообменников «труба в трубе»<sup>1</sup>**

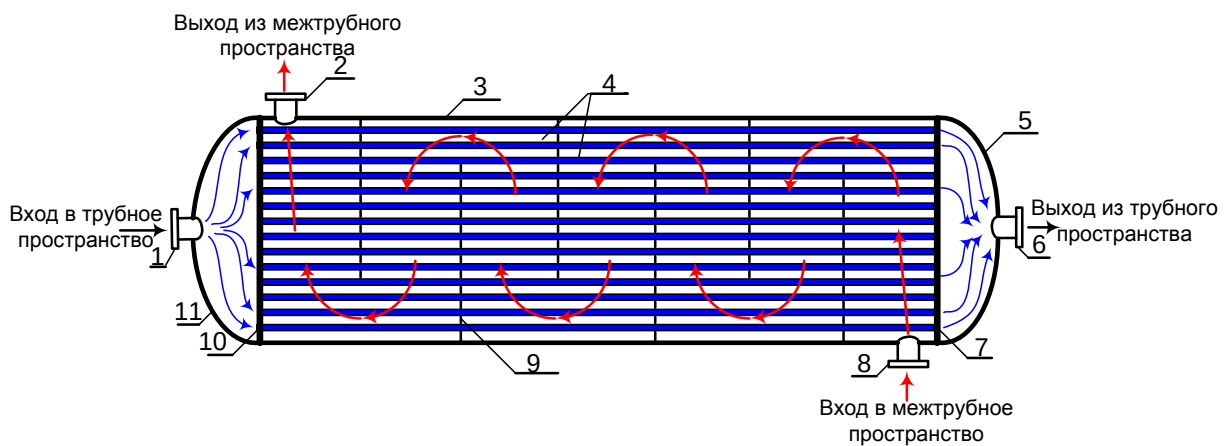
---

<sup>1</sup> <http://vostok-invest.com.ua/index.php?id=6450&show=4nalbum&do=showgall&gid=11390>



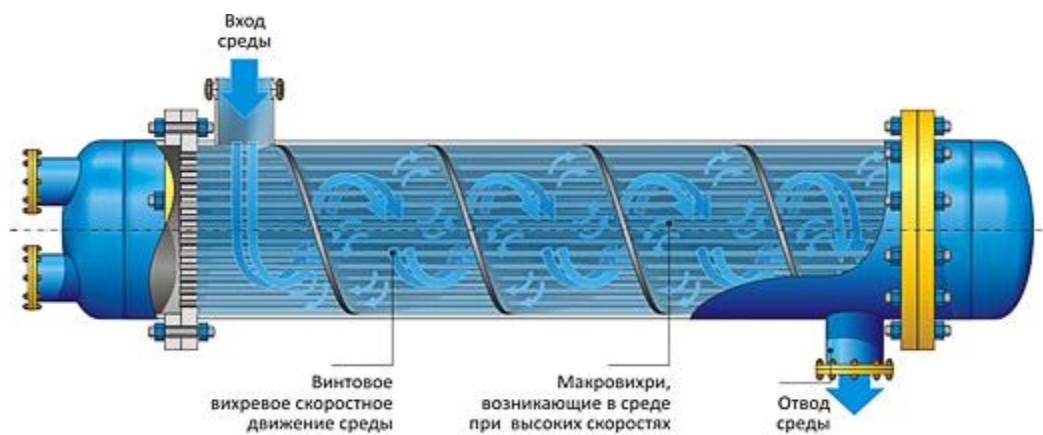
**Рис. 3. Одноходовой кожухотрубчатый теплообменник** 1, 2, 6, 8 – штуцеры для ввода и вывода потоков; 3 – кожух; 4 – трубы трубного пучка, 5, 10 – крышки; 7, 9 – трубные решётки.

В кожухотрубчатом теплообменнике один поток проходит по трубам трубного пучка 4 (это так называемое **трубное пространство**). Второй поток омывает эти трубы снаружи, проходя по **межтрубному пространству**. Установлено, что продольное обмывание труб, показанное на рис. 4, неэффективно. Лучше, если поток будет омывать трубы под углом, близким к прямому, т.е. перпендикулярно или почти перпендикулярно. Поэтому для интенсификации передачи теплоты в межтрубном пространстве устанавливают перегородки (рис. 4, 5). Эти перегородки резко меняют траекторию движения потока, способствуя образованию вихрей. А это повышает эффективность теплоотдачи.



**Рис. 4. Одноходовой кожухотрубчатый теплообменник с перегородками в межтрубном пространстве** 1, 2, 6, 8 – штуцеры для ввода и вывода потоков; 3 – кожух; 4 – трубы трубного пучка, 5, 11 – крышки; 7, 10 – трубные решётки, 9 – перегородки в межтрубном пространстве.



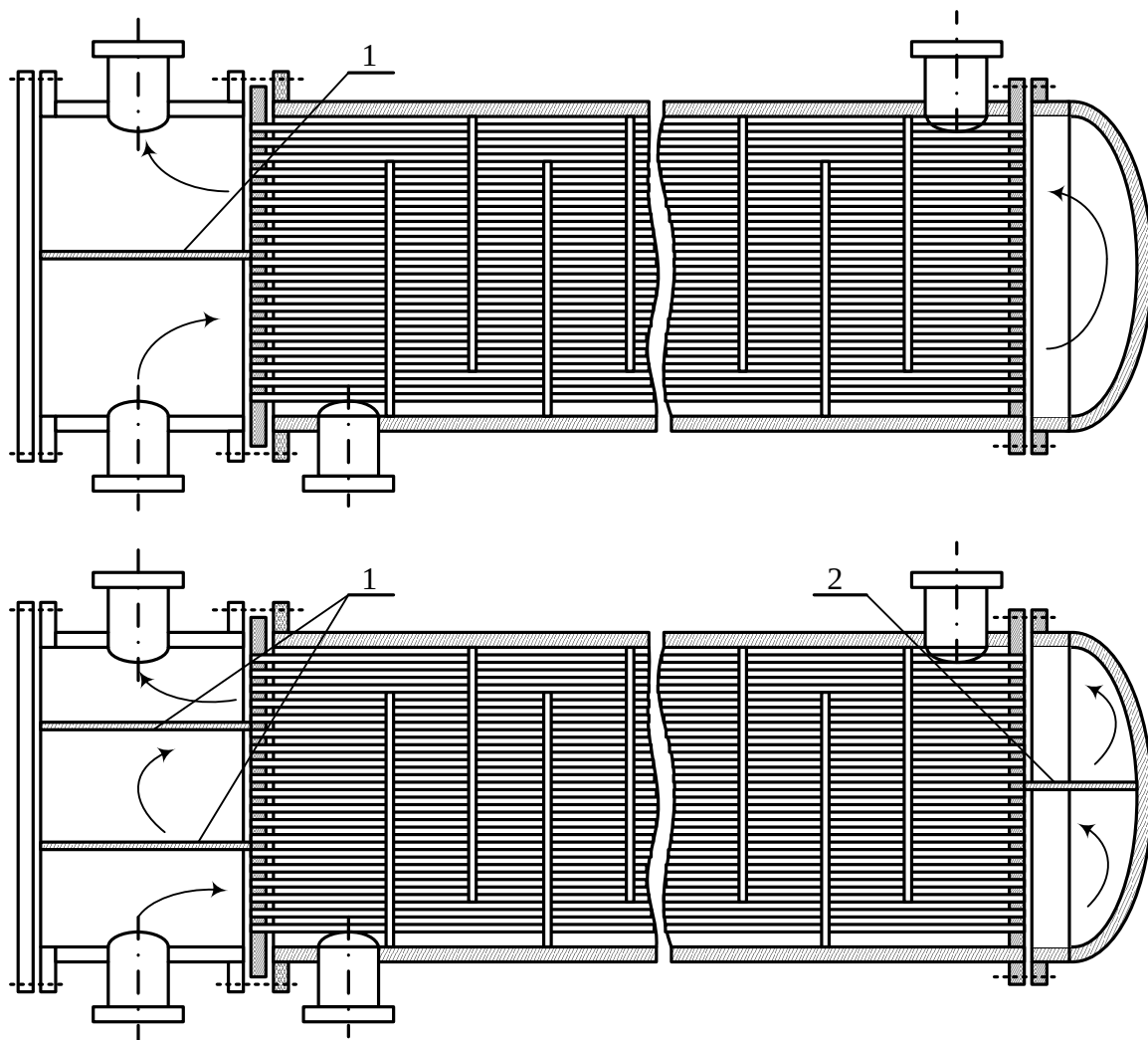


**Рис. 5. Трубный пучок кожухотрубчатого теплообменник с перегородками в межтрубном пространстве<sup>2</sup>**

А теперь представим, что при проектировании нового теплообменника он получается длинным, но при этом очень тонким, например, 20 метров в длину и 0,5 метра в диаметре. Такой теплообменник будет сложно изготовить, транспортировать с завода-изготовителя до предпри-

<sup>2</sup> <http://teploobmennik.hydro.by/?page=productview&idproduct=4>

ятия-потребителя, он будет занимать слишком много места на установке. В этом случае трубный почёк целесообразнее как бы «сложить». Так появились двух-, четырёх- и шестиходовые аппараты (рис. 6).

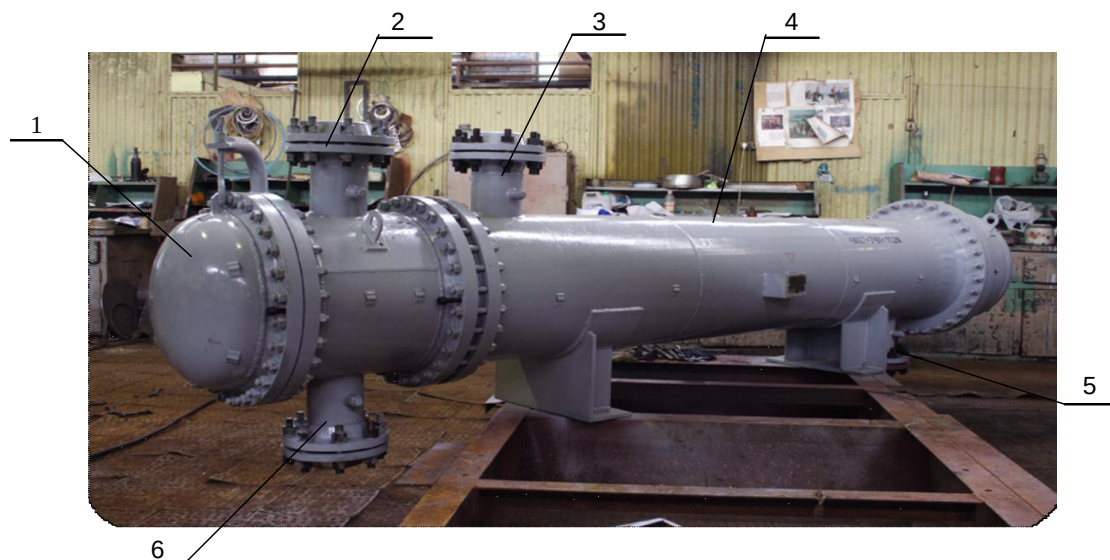


**Рис. 6. Двух- и четырёхходовые кожухотрубчатые теплообменники.**

1, 2 – перегородки в трубном пространстве

Из рисунка 6 мы видим, что в трубном пространстве аппаратов появились перегородки, которые заставляют поток, идущий по трубкам, делать два или четыре хода. Теперь посмотрим несколько фотографий теплообменников (рис. 7 и 8).





**Рис. 7. Двухходовой кожухотрубчатый теплообменник.** 1 – крышка распределительной камеры; 2, 6 – штуцеры трубного пространства; 3, 5 – штуцеры межтрубного пространства



**Рис. 8. Двух- и более ходовые кожухотрубчатые теплообменники**

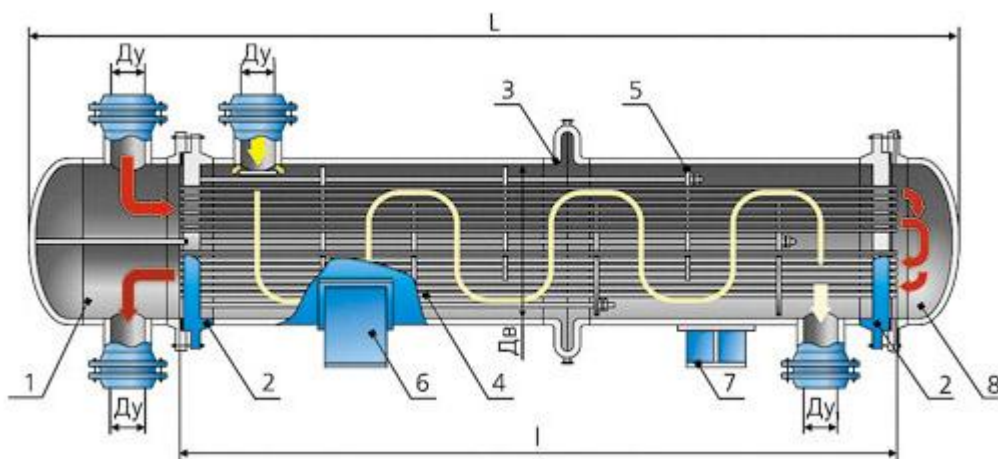
Обратим внимание ещё на одну особенность теплообменных аппаратов. Зимой в сильные морозы нам нравится, когда домашний радиатор отопления очень горячий. И вызывает беспокой-

ство, если батарея чуть тёплая. Говоря инженерным языком, нам желательна большая разность температур между горячим (теплофикационная вода) и холодным (комнатный воздух) потоками. Несколько иначе обстоит дело с промышленным аппаратом. Если в трубы поступает холодный поток, а в межтрубное пространство горячий (это типичный случай конденсации пара), то кожух будет удлиняться по сравнению с трубами. Причина известна: тепловое расширение металла<sup>3</sup>. В этом случае появляется угроза нарушения герметичности трубного и межтрубного пространств за счёт того, что трубы может вырвать из трубных решёток. В результате произойдёт смешение горячего и холодного потоков.

Если же холодный поток подаётся в межтрубное пространство, а горячий в трубы, то за счёт удлинения трубы погнутся. Названное явление называют *температурной деформацией*, *температурной игрой* и т.д. Появляется задача каким-то образом «отвязать» кожух от трубного пучка. Делается это тремя способами:

- установка линзовых компенсаторов;
- применение плавающей головки;
- использование U-образных труб трубного пучка.

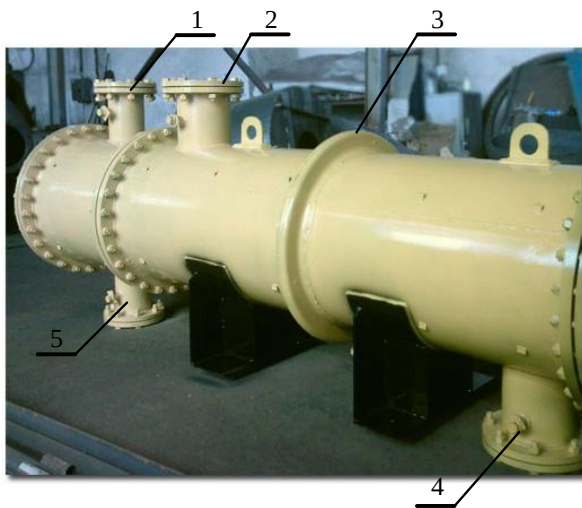
В первом случае на кожухе монтируются так называемые **линзы** (одна или несколько – в зависимости от требуемого удлинения), кожух при этом немного становится похож на гармошку (рис. 9, 10).



**Рис. 9. Температурный компенсатор на кожухе<sup>4</sup>:** 1 – распределительная камера; 2 – трубная решётка; 3 – линзовый компенсатор; 4 – трубы; 5 – перегородка; 6 – опора неподвижная; 7 – опора подвижная; 8 – камера.

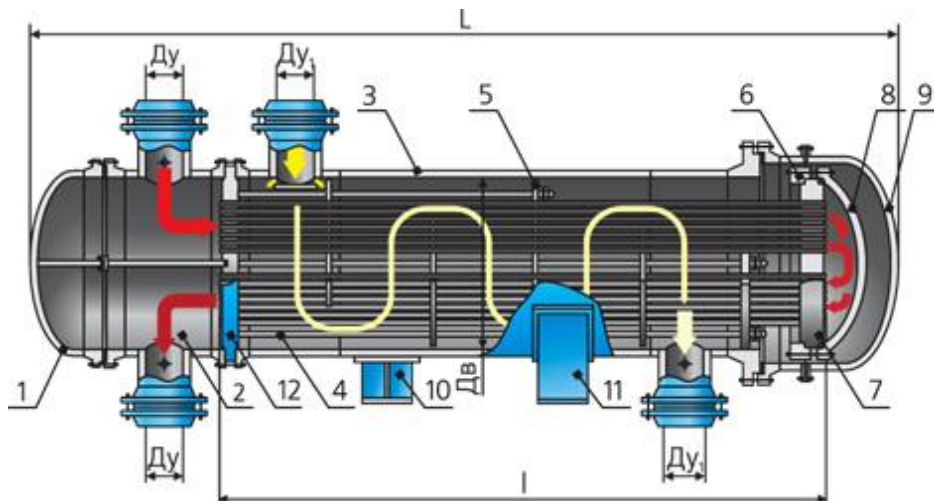
<sup>3</sup> Известно, что все металлы при нагревании *расширяются*, а при охлаждении *сжимаются*. Степень увеличения или уменьшения первоначального размера металла при изменении температуры на один градус характеризуется *коэффициентом линейного расширения*.

<sup>4</sup> Фото 9, 11 и 12 взяты с сайта <http://lotus1.ru/katalog-teploobmennogo-oborudovaniya-primenyaemogo-v-rf/>



**Рис. 10. Фото аппарата с мемпературным компенсатором на кожухе.** 1, 5 – штуцера трубного пространства, 2, 4 – штуцера межтрубного пространства, 3 – температурный компенсатор.

Во втором случае – когда компенсация достигается с помощью плавающей головки - трубный пучок имеет свою **внутреннюю** крышку, которая не связана с кожухом (рис. 12).



**Рис. 11. Кожухотрубчатый теплообменник с плавающей головкой.** 1 – крышка кожуха; 2 – распределительная камера; 3 – кожух; 4 – трубы трубного пучка; 5 – перегородка; 6 – полукольцо плавающей головки; 7 – подвижная трубная решётка; 8 – внутренняя крышка плавающей головки; 9 – крышка наружная.

И, наконец, третий приём подавления температурной деформации – применение U-образных труб (рис. 12).



Теперь, после знакомства с основными конструкциями теплообменных аппаратов можно приступить к их расчёту. Цель расчёта – выбрать из многообразия выпускаемых промышленностью аппаратов (как мы говорим – **нормализованных** теплообменников) тот, который обеспечит наибольшее значение коэффициента теплопередачи и, следовательно, будет иметь наименьшую поверхность и стоимость.