

## ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ КОАКСИАЛЬНОГО ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА

*Дымар О.В.*

Вопросы энергосбережения невозможно решить без помощи теплообменной техники. На настоящий момент, производство проточных теплообменников для пищевой промышленности в нашей стране практически отсутствует. Поэтому разработка отечественных аппаратов этого вида является актуальной задачей.

Анализ основных тенденций развития теплообменной техники показывает, что ее совершенствование, протекает в следующих направлениях:

- снижения толщины слоя обрабатываемого продукта (до определенного предела);
- повышение скорости изменения температуры (как за счет повышения коэффициента теплообмена, так и за счет снижения объема продукта одновременно находящегося в устройстве);
- повышения турбулентности в средах путем увеличения их скоростей и/или применение рельефных поверхностей;
- снижение толщины теплопередающих поверхностей;
- повышения плотности упаковки теплообменных поверхностей.

В основной массе, теплообменные процессы осуществляются на тонкослойных теплообменных аппаратах. Из используемых в настоящее время, можно выделить три основных типа устройств: пластинчатые, трубчатые с трубной решеткой и теплообменники типа труба в трубе с кольцевым зазором.

Рассмотрим особенности каждого типа.

**Пластинчатые теплообменные аппараты** к сегодняшнему дню прошли длительный путь развития от устройств с фрезерованными пластинами до высокопроизводительных установок со штампованными пластинами,

имеющими сложный рельеф, позволяющий четко распределять и турбулизировать потоки продукта и теплоносителя. Толщина пластин значительно снизилась, с более чем сантиметровой у первых фрезерованных пластин до 0,35...0,4 мм у современных молокоохладителей. Зазор между пластинами уже долгое время сохраняется на одном уровне 2,0...2,5 мм. Это связано с существенным возрастанием гидравлических сопротивлений и снижением турбулентности при их уменьшении.

Фрезерованные пластины обходятся дорого, велик расход металла в стружку, конечное изделие имеет существенный вес, толщина теплообменной поверхности высока, таким образом, дальнейшее развитие в данном направлении, вероятно, не целесообразно. Изготовление штампованных пластин требует оснащения производства сложным прессовым оборудованием, высокой технологической и производственной культуры обеспечивающей постоянство размеров выпускаемых пластин. При этом разработка новых видов рифления пластин требует существенных затрат и соответствующего экспериментального и теоретического задела, что позволяет сделать вывод о невозможности в короткие сроки наладить производство подобного вида оборудования на территории нашей страны.

Одним из основных недостатков пластинчатых теплообменных аппаратов является наличие сложных резиновых уплотнений. Попытки его ликвидировать привели к появлению неразборных паяных или сварных теплообменных аппаратов, которые применяются в основном в холодильной промышленности.

Основными направлениями использования аппаратов данного типа являются нагреватели, охладители, пастеризационно-охладительные установки, системы рекуперации тепла и иные направления там, где в качестве взаимодействующих сред выступают жидкости и рабочие давления не слишком высоки.

**Трубчатый теплообменный аппарат** с трубной решеткой достаточно прост в изготовлении и эксплуатации. Аппараты данного типа можно разделить на два основных вида:

аппараты, в которых продукт по трубкам движется последовательно так как его движение при достижении торцевой крышки реверсируется. Основными недостатками являются: большой диаметр трубок, что ухудшает теплообмен и длинный путь с множеством поворотов, что обуславливает высокое гидравлическое сопротивление;

аппараты другого типа предполагают параллельное движение продукта по трубкам, что приводит к снижению общего гидравлического сопротивлений, что требует уменьшить сечение трубок, так как возникают проблемы с общим коэффициентом теплопередачи из-за снижения скорости движения продукта по трубкам;

кроме того, встречаются аппараты, сочетающие в своей конструкции особенности обеих типов.

Конструкция данных аппаратов позволяет им хорошо работать в системах с высоким давлением, как нагревающей среды, так и обрабатываемого продукта (характерно для процессов стерилизации и термообработки высоковязких продуктов). Сложности с обеспечением высокой теплоотдачи от жидкой нагревающей среды к теплообменным поверхностям делает теплообменники данной конструкции практически неприменимыми в системах рекуперации. Практическая невозможность мойки внешней поверхности трубок делает невозможным использовать в качестве нагревающей (охлаждающей) среды жидкости оставляющие налет.

Но та же конструктивная особенность – большое живое сечение барабана делает эти устройства подходящими для процессов, в которых в качестве греющей среды используют пар (или необходимо пар сконденсировать как в конденсаторах холодильных систем).

В развитии конструкций этих теплообменных аппаратов за последние 30...40 лет нет существенных изменений, что говорит о достижении ими на сегодняшнем уровне развития техники предела своего развития.

Наиболее ранним типом проточных тонкослойных аппаратов является **трубчатый теплообменник с кольцевым зазором**. Его описание встречается

еще в работах Пастера. В последующем характеристики данного типа устройств были хорошо изучены и существенно улучшены. К преимуществам данных устройств относятся простота конструкции, при наличии центральной вставки – высокий коэффициент теплообмена. В случае подачи в центральную вставку тепло-(холодо) носителя, практически в два раза увеличивается эффективная площадь теплообмена. Основными недостатками этих устройств являются: большие линейные размеры, малая удельная теплообменная поверхность, высокая металлоемкость. В настоящее время теплообменники данного типа используются незначительно, в основном в процессах стерилизации, а так же при небольшой требуемой производительности.

Повышение площади теплопередающих площадей можно осуществлять двумя путями: увеличением длины и увеличением диаметров. Увеличение длины без существенного ухудшения компактности добиваются последовательным соединением нескольких аппаратов и расположением их один над одним вертикально. Увеличение диаметров имеет свои пределы, при их больших значениях скорость в зазоре падает, и, соответственно, ухудшаются условия теплообмена. Современные аппараты этого типа имеют рифленые поверхности для улучшения теплообмена.

Для повышения теплотехнических характеристик были сделаны попытки сочетания элементов конструкций теплообменников как трубчатых с кольцевым зазором, так и трубчатых с трубной решеткой, однако, существенных результатов не было достигнуто.

Вместе с тем известно, что в сушильном оборудовании в газовых нагревателях используются неразборные теплообменники с кольцевым зазором. Разумеется, теплообменные системы типа газ-газ имеют существенные конструктивные отличия, обусловленные низким коэффициентом теплопередачи, большими теплообменными поверхностями и проходными сечениями. Вместе с тем, основополагающий принцип: размещение нескольких труб (более 3) одна в одной коаксиально заслуживает самого пристального

внимания, как один из основных возможных путей развития теплообменных аппаратов типа труба в трубе.

### Принципиальная схема коаксиального теплообменника

Введем следующие термины: под **трубчатым теплообменником** будем понимать собственно **трубчатый теплообменник** изготовленных на базе **трубных решеток**. Теплообменник, содержащий три и более соосно расположенных трубы, будем называть **коаксиальным теплообменником**.

Исходя из наших рассуждений, концептуально разрабатываемый теплообменник будет выполнен по коаксиальной схеме (рис.).

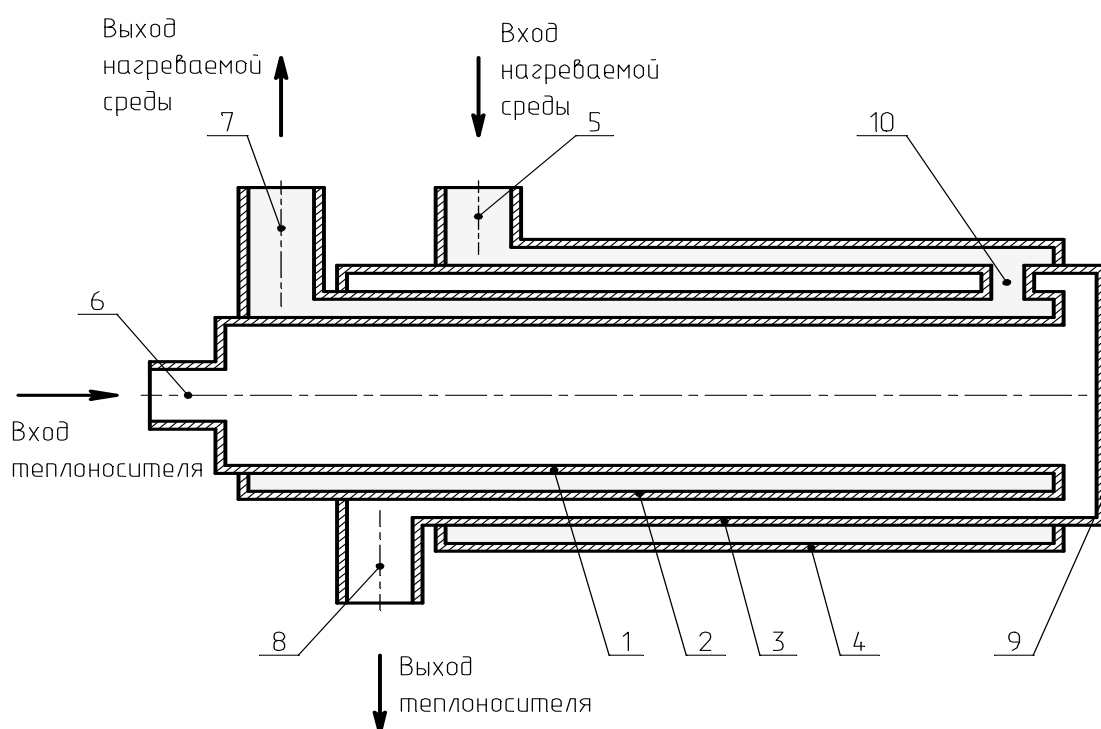


Рис. Принципиальная схема конструкции неразборного коаксиального теплообменного аппарата.

Теплообменник содержит полые коаксиально расположенные трубы 1, 2, 3, 4 с входными 5, 6 и выходными 7, 8 патрубками, торцы трубы 3 заглушен шайбой 9. Образованные трубами 1, 2 и трубами 3, 4 полости соединяются перепускным патрубком 10. Образованные трубой 1 шайбой 9 и трубами 2, 3 полости сообщаются через пространство между шайбой 9 и закрытый торец 1 и 2 труб.

Устройство работает следующим образом.

Нагреваемая среда через входной патрубок 5 подается в полость между трубами 3 и 4, где начинает нагреваться от стенки трубы 3. Далее среда через перепускной патрубок 10 поступает в полость между трубами 1 и 2, где происходит ее дальнейший нагрев уже от двух стенок труб 1 и 2. После этого среда выводится из устройства через выходной патрубок 7.

Теплоноситель в устройство подается через входной патрубок 6 и поступает во внутреннюю полость трубы 1, через стенку которой происходит теплообмен с нагреваемой средой находящейся в зазоре между трубами 1-2. Далее теплоноситель реверсируется о шайбу 9 и, огибая совмещенные торцы труб 1 и 2, попадает в полость между трубами 2 и 3, где отдает тепло уже через стенки обеих труб 2 и 3. Теплоноситель выводится из устройства через выходной патрубок 8.

Теплообменный аппарат, выполненный по коаксиальной схеме, обладает следующими достоинствами:

- простота конструкции, позволяющая использовать стандартные или изготовленные самостоятельно трубы, отсутствие необходимости в высокоточной штамповке делает возможным изготовление теплообменников этого вида на слабооснащенных машиностроительных предприятиях;

- эффективность теплообмена сравнима с таковой пластинчатых аппаратов;

- уменьшенный габарит по длине за счет выросшей компактности, по сравнению с обычными теплообменниками типа труба в трубе;

- снижение материалоемкости за счет более полного использования поверхности труб под теплообменные площади.

При проектировании устройств такого типа необходимо учитывать, что при одинаковой величине эквивалентного диаметра площадь проходных сечений существенно изменяется в радиальном направлении, что, однако, можно компенсировать за счет изменения зазора. Вместе с тем, гибкий подход к выбору проходного сечения позволяет легко снижать гидравлические

сопротивления в определенных сечениях, т.е. подстраиваться под продукт, чего практически нельзя достичь ни в одном другом теплообменном аппарате. Это дает возможность создания оптимизированной конструкции теплообменника в зависимости от изменения реологических свойств обрабатываемого продукта.

В отличие от пластинчатых, в конструкцию коаксиальных теплообменников можно закладывать существенно отличающиеся проходные сечения для каждой из взаимодействующих сред. Такой подход делает теплообменники данного типа подходящими для проведения теплообменных процессов между парообразной и жидкой средой.

1. Кук Г.А. Пастеризация молока. М., Пищепромиздат, 1951, 240 с.
2. Анрдеев В.А. Теплообменные аппараты для вязких жидкостей. Л., Энергия, 1971, 152 с.
3. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М., "Химия", 1973, 470 с.
4. Тарасов Ф.М. Тонкослойные теплообменные аппараты. М.-Л., изд. Машиностроение, 1964, 364 с.
5. Kessler H.G. Lebensmittel-Verfahrenstechnik Schwerpunkt Molkereitechnologi. Munchen – Weihenstephan, 1976, 589 s.
6. Липатов Н.Н., Харитонов В.Д. Сухое молоко. М.: Легкая пищевая промышленность, 1981. -264 с.
7. Вагн Вестергаард. Технология производства сухого молока. Выпаривание и распылительная сушка. Копенгаген, Дания, 2003 – 336 с.