

УДК 621.1.016:579

Товажнянский Л.Л., Арсеньева О.П., Демирский А.В., Хавин Г.Л.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ САХАРНОГО СОКА ПЕРЕД ВЫПАРИВАНИЕМ

Построенные сахарные заводы России и Украины стандартной комплектации были изначально оборудованы 4-мя кожухотрубчатыми многосекционными скоростными подогревателями очищенного сахарного сока перед выпариванием. Такая схема хорошо описана в литературе [1] и тщательно отработана в производстве для 4-хкорпусной выпарной станции с концентратом. На практике на многих заводах уже проведена реконструкция с заменой системы последовательно установленных кожухотрубчатых подогревателей на пластинчатые теплообменники, а на некоторых заводах этот процесс происходит или планируется. Фактически при реконструкции системы последовательно установленных подогревателей проектирование производится на те же температурные условия, на которые рассчитывались кожухотрубчатые аппараты. С другой стороны известно, что пластинчатые теплообменники можно рассчитать и они будут работать с температурной разницей 1–2 °С, в то время как секционные кожухотрубчатые требуют до 10 °С. Естественно, что при проектировании необходимо максимально использовать это преимущество пластинчатых подогревателей. Таким образом, необходим технически и экономически обоснованный подход к замене трубчатых аппаратов на пластинчатые теплообменники в системе последовательно установленных подогревателей, и это делает рассматриваемую задачу актуальной, имеющей практическую ценность.

Необходимость модернизации и замены кожухотрубчатых подогревателей соков на сахарных заводах пластинчатыми теплообменниками была достаточно полно обоснована как технически, так и экономически в работах [2–5]. В работах [6,7] была сформулирована задача модернизации подогревателей сахарного сока, учитывающая экономические аспекты выбора теплообменных аппаратов. Главной идеей в такой постановке был расчет теплообменника или системы теплообменников по приведенным затратам. Кроме того, было показано, что при проектировании пластинчатых теплообменников на эту позицию, фактически величина допустимых потерь давления в аппаратах играет решающую роль при определении поверхности теплообмена. С другой стороны, одной из основных задач энергосбережения на сахарных заводах является максимальное использование теплового потенциала конденсатов, ретурного и вторичных паров, т.е. греющего теплоносителя.

При проведении проектных работ по модернизации системы последовательно установленных подогревателей сахарного сока перед выпариванием необходимо учитывать следующие факторы:

- максимально предусмотреть использование конденсатов паров для предварительного подогрева;
- реконструкция может производиться в несколько этапов, когда одновременно работают пластинчатые и кожухотрубчатые аппараты, использующие различные теплоносители;
- установка пластинчатых подогревателей может привести к увеличению потерь давления по стороне продукта, что, в свою очередь, может вызвать необходимость в увеличении мощности насосного оборудования;
- на стадии проектирования необходимо учитывать загрязнение поверхности теплообмена аппаратов и предусмотреть возможную остановку и чистку теплообменников в процессе эксплуатации.

Целью настоящей работе является демонстрация возможных вариантов модернизации системы подогревателей перед выпаркой. Представлена практическая реализация работа по замене кожухотрубчатых подогревателей на пластинчатые аппараты, осуществленная на Валуйском сахарном заводе. Проанализированы трудности при проектировании и проблемы, возникшие при эксплуатации установленного оборудования.

На первом этапе по предложению заказчика работ была предусмотрена замена двух кожухотрубчатых аппаратов на пластинчатые теплообменники, для параметров приведенных в табл. 1.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета пластинчатых теплообменников

Параметр	1-я ступень		2-я ступень	
	Пар	Сахарный сок	Пар	Сахарный сок
Расход, кг/ч	из баланса	350 000	из баланса	350 000
Температура входа, °С	95	80	107	92
Температура выхода, °С	–	92	–	104
Допустимые потери давления, кПа	10	25	10	30

Значения теплофизических характеристик очищенного сахарного сока, с которыми проводился расчет теплообменников, согласно данным производителя пластинчатых теплообменников «Альфа Лаваль» принимались следующими (табл. 2).

Таблица 2 – Значения расчетных теплофизических величин для очищенного сахарного сока

Температура, °С	ρ , кг/м ³	c_p , КДж/(кг·°К)	λ , Вт/(м·°К)	$\mu \cdot 10^3$, кг/(м·с)
80	1040	3,950	0,619	0,807
92	1034	3,969	0,628	0,701
105	1028	3,986	0,634	0,620

К установке принимались теплообменники производства «Альфа Лаваль» изготовленные из нержавеющей стали AISI 316 с толщиной пластины 0,5 мм. Паровые аппараты одноходовые, в пакете пластин по стороне сахарного сока на одну пластину больше, чем по паровой стороне. Резиновые уплотнения марки EPDM. Для удобства замены пластин (и уплотнений) и обслуживания было принято решение об компоновке каналов в аппаратах пластинами одного типоразмера.

Для уменьшения стоимости устанавливаемых теплообменников были запроектированы аппараты марки M15M с двумя присоединениями по пару и сахарному соку. Такая конструкция теплообменника, представленная на рис. 1а, предполагает присоединения на подвижной плите. Это дает возможность уменьшить скорость теплоносителей в присоединениях и коллекторах, и, как следствие, добиться уменьшения общих потерь давления в аппаратах.

Таблица 3 – Геометрические параметры пластины теплообменника марки M15M производства «Альфа Лаваль»

Пластина	Параметры					
	Высота гофры, мм	Ширина пластины, м	Эквивалентный диаметр, мм	Площадь пластины, м ²	Площадь канала, 10 ³ м ²	Приведенная длина, м
M15M	4,0	0,45	8,0	0,62	1,8	1,244

В результате расчетов были запроектированы и установлены аппараты, приведенные в табл. 4.

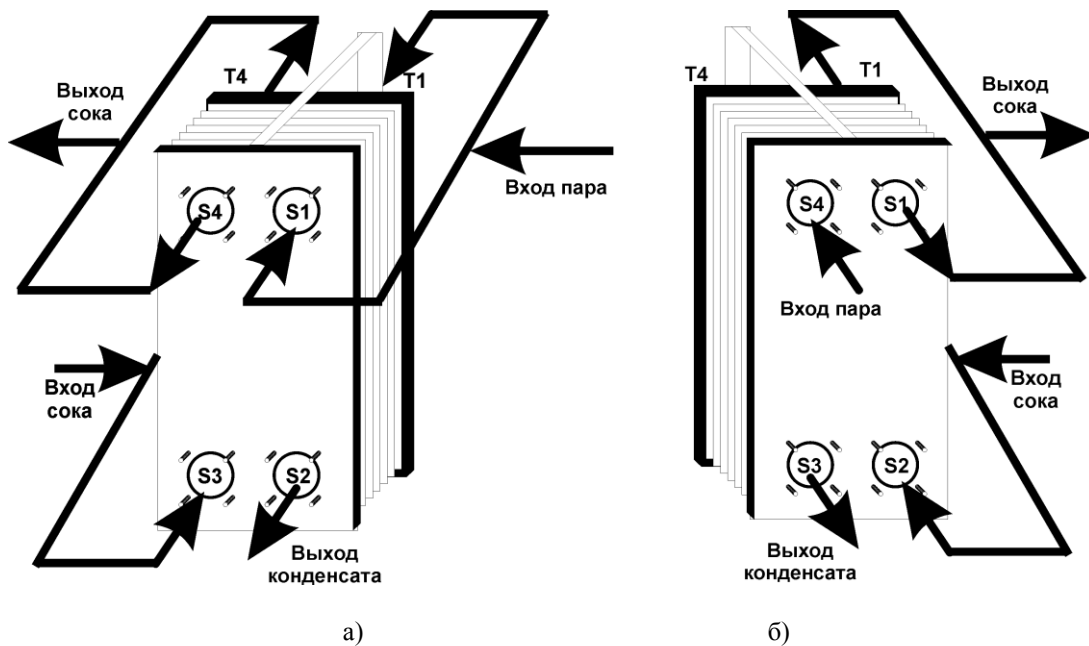


Рисунок 1 – Принципиальная схема обвязки теплообменных аппаратов:
 а) два входа по пару (S1-T1), два входа по соку (S3-T3) и два выхода по соку (S4-T4);
 б) два входа (S2-T2) и выхода по соку (S1-T1)

Таблица 4 – Теплообменники марки M15M «Альфа Лаваль» установленные на 1-й и 2-й ступени подогрева сахарного сока

Ступень	Компоновка	Площадь теплообмена, м ²	Потери давления, КПа	
			Пар	Сок
1	1×127 ML/ 1×128 MH	157,5	5,50	24,5
2	1×115 ML/ 1×116 MH	142,6	4,84	29,6

В дальнейшем теплообменник 1-й ступени был переведен на подогрев сока 3-й ступени, а на его место был запроектирован и установлен аппарат подогрева сока конденсатом.

Таблица 5 – Исходные данные для расчета пластинчатого теплообменника подогрева сахарного сока конденсатом пара

Параметр	Конденсат	Сахарный сок
Расход, кг/ч	из баланса	350 000
Температура входа, °C	112	88
Температура выхода, °C	92	93,3
Допустимые потери давления, КПа	10	30

В результате расчетов к установке был принят аппарат марки M15M с двумя входами по соку (рис. 1,б) с основными характеристиками, представленными в табл. 6.

Таблица 6 – Теплообменник марки M15M установленный на позиции подогрева сахарного сока конденсатом пара

Компоновка	Площадь теплообмена, м ²	Потери давления, КПа	
		Пар	Сок
1×74 L / 1×75 L	91,76	3,75	29,92

Мониторинг работы установленных аппаратов после пуска на подогрев сахарного сока показал следующее. Во-первых, практически сразу после пуска выяснилось, что действительные потери давления по стороне сахарного сока превышают расчетные примерно в 1,8 раза, достигая значения, например, для теплообменника с конденсатным обогревом в 55 кПа. Во-вторых, по истечении 1,5–2 месяцев эксплуатации аппаратов потери давления увеличились практически в 2 раза и достигли значения 100 кПа. Как следствие увеличения сопротивления на прокачивание сока было принято решение на остановку и чистку аппаратов.

Проанализировав полученные результаты, были сделаны следующие выводы. Увеличение действительных потерь давления по сравнению с расчетными, по всей видимости, можно объяснить несоответствием, принятым в расчетах некоторых физических характеристик сахарного сока, имеющимся в действительности. В частности, вязкость очищенного сока, скорее всего, превышает указанные значения в табл. 2, принятые для расчетов «Альфа Лаваль» за счет наличия различного рода примесей в соке. Кроме того, недостаточно качественная очистка сока перед подогревом приводит к отложениям на теплообменной поверхности, росту потерь давления. Однако запроектированные с запасом теплообменники выполняющие свою функцию по нагреву. Увеличение этого запаса может привести к уменьшению скорости теплоносителей в каналах и, как следствие, к более быстрому зарастанию поверхности отложениями.

Литература

1. Гребенюк С.М. Технологическое оборудование сахарных заводов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983.– 517 с.

2. Эффективный нагрев продуктов – основа совершенствования теплоиспользования на сахарных заводах / В.А. Колесников, А.Ю. Анисеев, С.А. Захаров, И.В. Овсянников // Сахар, 2007.– №7.– С. 36–38.
3. Пластинчатые теплообменники в промышленности /Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Г.Л. Хавин, О.П. Арсеньева. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2004.– 232 с.
4. Реконструкция тепловой схемы сахарного завода с использованием пластинчатых теплообменных аппаратов // Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Демирский А.В., Хавин Г.Л. Інтегровані технології та енергозбереження // Щоквартальний науково-практичний журнал. – Харків: ХДПУ. – 2003, №2.– С. 3–9.
5. Демирский А.В., Хавин Г.Л. Реконструкция отделения очистки сахарного сока с применением пластинчатых теплообменников // Інтегровані технології та енергозбереження //Щоквартальний науково-практичний журнал. – Харків: НТУ ”ХПІ”. – 2008, №2.– С. 98–102.
6. Модернизация системы последовательно установленных подогревателей сахарного сока / О.П. Арсеньева, Бабак Т.Г., Демирский А.В., Хавин Г.Л. // Наукові праці ОНАХТ.– Одеса: 2011, Вип. 39.– Том. 2.– С. 151–155.
7. Арсеньева О.П., Демирский А.В., Хавин Г.Л. Оптимизация пластинчатого теплообменника // Пробл. машиностроения.– 2011.– т. 14, №1.– С. 23–31.

Работа выполнена при финансовой поддержке Европейского сообщества в рамках проекта EU project FP7-SME-2010-1-262205-INHEAT.

УДК 621.1.016:579

Товажнянський Л.Л., Арсенієва О.П., Демірський О.В., Хавін Г.Л.

ПРАКТИЧНА РЕКОНСТРУКЦІЯ СИСТЕМИ ПІДГРІВНИКІВ ЦУКРОВОГО СІКУ ПЕРЕД ВИПАРОВУВАННЯМ

Розглянуто питання практичної модернізації системи підігрівників цукрового соку перед випаровуванням шляхом заміни трубчастих теплообмінників на пластинчасті. В роботі наведені розрахунки двох парових апаратів і одного підігрівника соку конденсатом, які виконано з двома входами по соку зі сторони нерухливої та натискної плити. Проведений моніторинг роботи встановлених теплообмінників довів, що в наявності має місце збільшення втрат тиску порівняно з розрахунковим. Крім того, за рахунок неякісного очищення соку має місце забруднення поверхні теплопередачі протягом 1,5 місяців з початку роботи і збільшення втрат тиску до 2-ох разів.

Tovazhnyansky L., Arsenyeva O., Demirsky A., Khavin G.

THE PRACTICAL MODERNIZATION OF NETWORK SUGER JUICE HEATERS BEFORE EVAPORATION

The question of practical retrofit of the system of heaters of thin saccharine juice before evaporation with changing the tubular heat exchangers on plate ones is considered. Calculations of two steam heat-exchangers and one condensate heater of juice, which have two connections for juice from the side of frame and pressure plates, are given. The monitoring of heat-exchangers work showed that increase of pressure drops by compared to calculations took place. In addition, due to the off-grade purification of juice, surface of heat transfer was fouled and double increase of pressure drops is observed after 1,5 month from the beginning of work.