

Демирский А.В., Тобажнянский Л.Л., Арсеньева О.П., Хавин Г.Л., Капустенко П.А.

**АНАЛИЗ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ САХАРНОГО СОКА
С УЧЕТОМ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ТЕПЛООБМЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ**

Вступление. Применение пластинчатых теплообменников на сахарных заводах всегда сопровождается загрязнением теплопередающей поверхности слоем отложений. Появление слоя загрязнения на теплообменной поверхности проявляется в виде следующих факторов: роста термического сопротивления передачи тепла через стенку пластины, уменьшения зазора для прохода теплоносителя и изменения значения коэффициента гидравлического сопротивления. Это в свою очередь приводит к снижению тепловых характеристик и увеличению потерь давления в теплообменниках. Такие нарушения технологического режима являются причиной увеличения затрат на энергоносители. Внедрение в промышленность пластинчатых теплообменников потребовало создания математических моделей и методов проектирования пластинчатых аппаратов с учетом образования отложений. Изучение процессов теплопередачи при загрязнении поверхности и развитие методов расчета являются актуальными научными задачами, имеющими важное практическое значение в промышленности.

Современные сахарные заводы России и Украины стандартной комплектации были изначально оборудованы четырьмя кожухотрубчатыми многосекционными скоростными подогревателями очищенного сахарного сока перед выпариванием. Такая схема хорошо описана в литературе [1] и тщательно отработана в производстве для 4-х корпусной 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. В работах [2,3] 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. Фактически при реконструкции системы последовательно установленных подогревателей проектирование производится на те же температурные и гидравлические условия, на которые рассчитывались кожухотрубчатые аппараты. Известно, что у пластинчатых теплообменников ширина канала значительно меньше, чем у трубчатых, что может приводить к забиванию каналов твердыми и волокнистыми включениями [5,6]. Поэтому необходимо внимательно относиться к подготовке и очистке сока перед системой подогревателей.

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

- установка пластинчатых подогревателей может привести к увеличению потерь давления по стороне продукта, что, в свою очередь, может вызвать необходимость в увеличении мощности насосного оборудования;
- необходимо учитывать индивидуальные особенности загрязнения поверхности каждого теплообменника.
- на стадии проектирования необходимо учитывать загрязнение поверхности теплообмена аппаратов и предусмотреть возможную остановку и чистку теплообменников в процессе эксплуатации [4].

Постановка задачи и цель работы. Целью настоящей работы является демонстрация возможных вариантов модернизации системы подогревателей перед выпаркой. Представлена практическая реализация работы по модернизации обвязки пластинчатых подогревателей, осуществленная на Валуйском сахарном заводе. Проанализированы трудности и проблемы, возникшие при эксплуатации установленного оборудования за один сезон работы завода 2012–2013 года. Также проанализирована работа теплообменников перед выпарной стацией и предложены решения по модернизации аппаратов и их обвязки с целью уменьшения затрат на разборку и чистку.

Результаты наблюдений и обсуждения. В работе [2] описывалась модернизация компоновки каналов и обвязки трех теплообменников Альфа Лаваль марки M15–M на заводе. Данная модернизация была обусловлена высоким перепадом давления на трех теплообменниках M15–M связанная с теплофизическими характеристиками продукта, отличающимися от заданных в техническом задании. Далее будет представлен анализ работы последовательно установленных аппаратов, позволяющий свести к минимуму время простоя теплообменников.

На заводе установлены следующие теплообменники на позиции подогрева очищенного сахарного сока перед выпаркой:

- 1 ступень – теплообменник GEA марки VT 80, площадь теплообмена 135 м², теплоноситель – пар 4

корпуса выпарной станции;

2 ступень – теплообменник Альфа Лаваль марки М15-М, площадь теплообмена 93 м², теплоноситель – конденсат;

3 ступень – теплообменник Альфа Лаваль марки М15-М, площадь теплообмена 158,7 м², теплоноситель – пар 2 корпуса выпарной станции;

4 ступень – теплообменник Альфа Лаваль марки М15-М, площадь теплообмена 143,8 м², теплоноситель – пар 1 корпуса выпарной станции.

На 2-й, 3-й и 4-й ступенях были установлены теплообменники производства «Альфа Лаваль» изготовленные из нержавеющей стали AISI 316 с толщиной пластины 0,5 мм. Резиновые уплотнения марки EPDM. Для удобства замены пластин и обслуживания было принято решение о компоновке теплообменников одинаковыми каналами.

Для уменьшения стоимости устанавливаемых теплообменников были запроектированы аппараты марки М15М с двумя присоединениями по пару и сахарному соку. Это дает возможность уменьшить скорость теплоносителей в присоединениях и коллекторах, и, как следствие, добиться уменьшения общих потерь давления в аппаратах

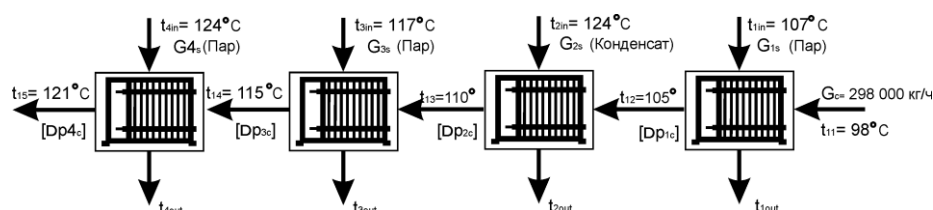


Рисунок 1 – Принципиальная схема теплообменных аппаратов на позиции подогрева сахарного сока перед выпарной станцией

В сезон сахароварения 2012–2013 года теплообменники работали в следующем режиме, представленном в табл. 2.

Таблица 1 – Данные по расходам, температурам и потерям давления на начало сезона для пластинчатых теплообменников подогревателей сока перед выпарной станцией

Параметр	1-я ступень		2-я ступень		3-я ступень		4-я ступень	
	Пар	Сок	Конденсат	Сок	Пар	Сок	Пар	Сок
Расход, т/ч	3,718	298	87,42	298	2,69	298	3,26	298
Температура входа, °С	107	98	124	104	117	110	124	115
Температура выхода, °С	–	105	109	110	–	115	–	121
Проектные потери давления, кПа	0,5	55	10	50	0,4	45	0,5	40

Мониторинг работы установленных аппаратов после пуска завода на 15-й день показал следующее. Несмотря на практически одинаковые потери давления по соку и одинаковые скорости в чистых каналах теплообменников, засорились значительно чаще 1-я и 2-я ступень. Это связано с высокими начальными концентрациями солей кальция в свежем соке, при которых выпадение этих солей в осадок резко возрастает на первом по потоку теплообменнике. В дальнейшем, в связи с уменьшением концентрации, на следующих теплообменниках загрязнение снижается, несмотря на рост температуры.

На 15-й день работы завода потери давления в 1-й и 2-й ступени выросли в 3 раза (120–130 кПа) и было принято решение на остановку и очистку теплообменников. Разборка теплообменника показала, что каналы по пару/конденсату чистые (рис. 2, а), а по соку присутствуют отложения в виде солей кальция и свекловичных волокон (рис. 2, б), что говорит о некачественной работе фильтрующего оборудования установленного до подогревателей. Больше всего было отложений на распределительном участке пластин по входу сока.

Больше всего были загрязнены присоединения 1-й и 2-й ступени по входу сахарного сока. Основные отложения это свекловичные волокна и окалина. Такое резкое увеличение потерь давления по стороне сока и загрязнение поверхности теплообмена связано с плохой промывкой трубопроводов перед пуском завода.

В табл. 2 приведен рост потерь давления в четырех теплообменниках. Из которой можно видеть, что,

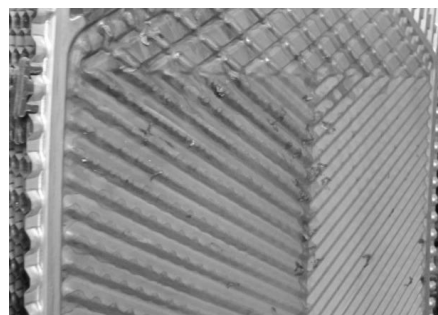
несмотря на разборку и чистку 1-й и 2-й ступени на 15-день работы завода, эти теплообменники засоряются гораздо сильнее 3-й и 4-й ступени.

Таблица 2 – Данные по потерям давления на начало сезона, 15-й, 45-й, 90-й и 130-й день для пластинчатых теплообменников подогревателей очищенного сока перед выпарной станцией (расход сока 298 000 кг/ч)

Параметр	День	1-я ступень	2-я ступень	3-я ступень	4-я ступень
		Сахарный сок	Сахарный сок	Сахарный сок	Сахарный сок
dP, КПа	1	55	50	40	45
dP, КПа	15	130 (чистка)	120 (чистка)	90	70
dP, КПа	16	55	50	90	70
dP, КПа	45	130 (чистка)	80	110	80
dP, КПа	46	55	80	110	80
dP, КПа	90	130 (чистка)	100	140	90
dP, КПа	91	55	100	140	90
dP, КПа	130	150	140	170	100



а)



б)

Рисунок 2 – Пластины после разборки теплообменника:
а – паровой канал, б – продуктовый канал



Рисунок 3 – Фотографии входных коллекторов по соку после разборки

Заключение. Проанализировав полученные результаты, были сделаны следующие выводы. Увеличение потерь давления по стороне сока в начале сезона можно объяснить плохой промывкой трубопроводов, нестабильностью и качеством работы фильтрующего оборудования. Эта проблема решается установкой механических фильтров непосредственно перед теплообменниками. Так же рекомендуется сделать обвязку 1-й и 2-й ступени с возможностью промывки теплообменников по стороне сока обратным потоком [7]. Такая схема представлена на рис. 4. При одновременном закрытии задвижек 1 и открытии задвижек 2 меняется направление потока сока, что способствует очистке теплообменников.

Учитывая склонность к отложениям на первых ступенях, рекомендуется проектировать эти теплообменники с большим запасом поверхности, чем обычно. С другой стороны, увеличение запаса приводит к уменьшению скорости потока в каналах и, как следствие, к интенсификации зарастанию поверхности отложениями. Поэтому эта проблема носит комплексный характер и ее необходимо решать совместно с

модернизацией насосного оборудования с целью увеличения скорости в каналах теплообменника.

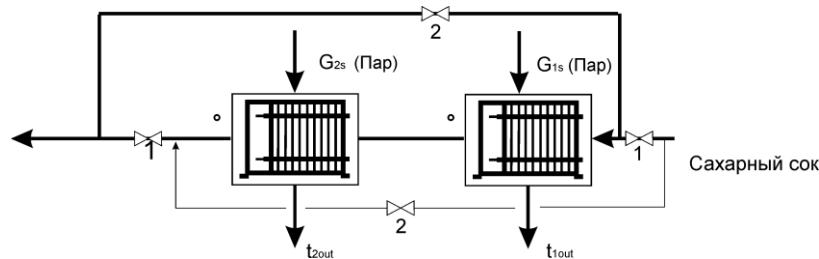


Рисунок 4 – Принципиальная схема обвязки теплообменников с возможностью промывки обратным потоком

Литература

1. Гребенюк С.М. Технологическое оборудование сахарных заводов / С.М. Гребенюк – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983.– 517 с.
2. Арсеньева О.П. Модернизация системы последовательно установленных подогревателей сахарного сока / О.П. Арсеньева, Т.Г. Бабак, А.В. Демирский, Г.Л. Хавин // Наукові праці ОНАХТ.– Одеса: 2011, Вип. 39.– Т.2.– С. 151–155.
3. Арсеньева О.П. Оптимизация пластинчатого теплообменника / О.П. Арсеньева, А.В. Демирский, Г.Л. Хавин // Пробл. машиностроения.– 2011.– т.14, №1.– С. 23–31.
4. Колесников В.А. 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.
5. Товажнянский Л.Л. Пластинчатые теплообменники в промышленности / Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Г.Л. Хавин, О.П. Арсеньева. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2004.– 232 с.
6. Товажнянский Л.Л. Реконструкция тепловой схемы сахарного завода с использованием пластинчатых теплообменных аппаратов / Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, А.В. Демирский, Г.Л. Хавин // Интегровані технології та енергозбереження. – Харків: ХДПУ. – 2003, №2.– С. 3–9.
7. Демирский А.В. Реконструкция отделения очистки сахарного сока с применением пластинчатых теплообменников / А.В. Демирский, Г.Л. Хавин // Интегровані технології та енергозбереження. – Харків: НТУ «ХПИ». – 2008, №2.– С. 98–102.

Работа выполнена при финансовой поддержке Европейского союза по проектам EC FP7 project “Distributed Knowledge-Based Energy Saving Networks” – DISKNET, Grant Agreement No: PIRSES-GA-2011-294933 and EC project “Efficient Energy Integrated Solutions for Manufacturing Industries” – EFENIS, Grant Agreement No. ENER/FP7/296003/EFENIS.

УДК 621.1.016:579

Демірський О.В., ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., АРСЕНЬЄВА О.П., ХАВІН Г.Л., КАПУСТЕНКО П.О.

АНАЛІЗ РОБОТИ СИСТЕМИ ПІДГРІВНИКІВ ЦУКРОВОГО СІКУ З УРАХУВАННЯМ ЗАБРУДНЕННЯ ТЕПЛОБІМНІНОЇ ПОВЕРХНІ

Розглянуто питання практичної модернізації системи підігрівників цукрового соку перед випаровуванням. Проаналізована робота системи підігрівників за сезон 2012–2013 року. Проведений моніторинг роботи встановлених теплообмінників довів, що в наявності має місце забруднення теплообмінної поверхні та збільшення втрат тиску в перші часи роботи системи. Запропоновані рішення для зменшення забруднення теплообмінників та зростання часу роботи без чистки.

Demirskyu A., Tovazhnyanskyu L., Arsenyeva O., Khavin G., Kapustenko P.

THE ANALYSYS OF SUGAR JUICE PLATE HEATERS SYSTEM IN VIEW OF DEPOSITS ON THE HEAT TRANSFER SURFACES

The question of practical retrofit of the system of heaters of thin sugar juice before evaporation is considered. The operation of the heat exchangers network in season 2012–2013 is analyzed. The monitoring of heat exchangers operation has shown the increase of fouling and pressure drop, especially at initial period. The solution to reduce fouling and increase of heat exchangers operating time without cleaning is proposed.