

ВТОРИЧНЫЕ ЭНЕРГОРЕСУРСЫ САХАРНОГО ЗАВОДА: ПОТЕНЦИАЛ И ОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ. ОЦЕНКА АУДИТОРА

В.Н. Филоненко, канд. техн. наук,

Национальный университет пищевых технологий

(e-mail: ipren@ukr.net)

Д.Н. Цыганков, ООО «Техпроект» (e-mail: tehproekt_kursk@mail.ru)

А.А. Швецов, ООО «Балашовский сахарный комбинат» (e-mail: sanbskingeneer@yandex.ru)

1. Свеклосахарное производство относится к производствам, в которых вся потребленная заводом тепловая энергия, кроме теплоты возвращаемого в ТЭЦ или котельную конденсата, выполнив свои производственные функции – нагревания, выпаривания, кристаллизации, сушки и др., отводится, т.е. теряется в окружающую среду. Носителями этих потерь энергии являются отработанные продукты – жом, утфельный пар, выпар сатураторов, меласса а также, энергия теплового излучения поверхностей оборудования и трубопроводов и др.
2. Структуру отводимой от сахарного завода тепловой энергии составляют, по оценке [6], 15 низко температурных (54–87 °С), составляющих. Суммарный объем отвода теплоты, в соответствии с законом сохранения энергии, равен объему введенной в завод из четырех источников тепловой энергии:
 - от первичного энергоносителя – пара от ТЭЦ или котельной;
 - от экзотермических реакций гашения извести и взаимодействия сатурационного газа с известковым молоком;
 - от теплоты, введенной в завод из окружающей среды со свекловичной стружкой;
 - от теплоты, введенной в завод из окружающей среды со свежей водой (в случае ее использования).

На рис. 1 приведена структура введенной в сахарный завод тепловой энергии для завода мощностью 3000 т свеклы в сутки, возвращающей в ТЭЦ (в котельную) не охлажденный конденсат пара, с температурой свекловичной стружки и воды – 14 °С и с «нулевым» уровнем использованием теплоты ВЭР завода.

3. Носителями, введенной в завод в заметных объемах, помимо «паровой» тепловой энергии, т.н. энергией первичного теплоносителя, являются – свекловичная стружка, сырая вода для экстрагирования сахарозы и энергия экзотермических реакций гашения извести и сатурации. Энергия экзотермических реакций, по оценке [7], может составлять, от **9000 до 1200** ккал/т свёклы, в зависимости от расходов извести и сатурационного газа на производство. Что соизмеримо с теплотой некоторых заводских ВЭР.

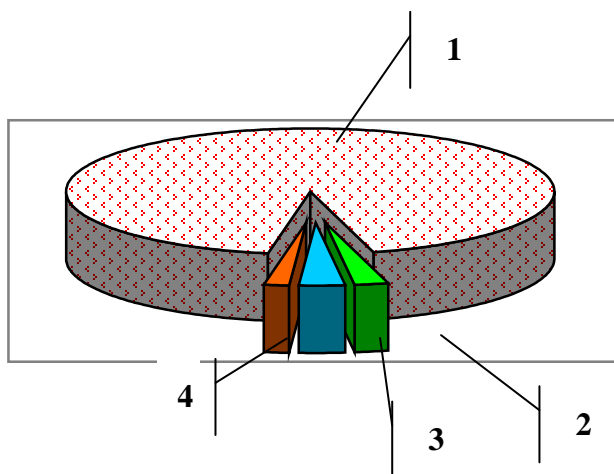


Рис. 1. Структура потоков тепловой энергии на входе в сахарный завод.
 1 – с греющим паром от ТЭЦ или котельной – 93 % (59,6 Гкал/ч);
 2 – со свекловичной стружкой – 2,4 % (1,6 Гкал/ч); 3 – со свежей водой – в
 2,8 % (1,8 Гкал/ч); 4 – с экзотермическими реакциями взаимодействия
 известкового молока и сатурационного газа – 1,8 % (1,13 Гкал/ч).

4. Указанные объемы тепловой энергии воспринимаются продуктами производства совместно с теплотой первичного теплоносителя (пара) и отводятся в окружающую среду в виде т.н. сбросной теплоты (*waste heat*).
5. Общеизвестно, что уменьшение потерь отработанной в производстве тепловой энергии в окружающую среду за счет ее повторного использования в основном производстве (т.н. рекуперация отведенной тепловой энергии), гарантированно обеспечивает снижение расхода тепловой энергии на производство и самого расхода первичного энергоносителя.
6. Повторное использование теплоты возвращенных, т.н. вторичных энерго-ресурсов (ВЭР) в сахарном производстве является обязательным условием достижения минимальных расходов тепловой энергии для всех сахарных заводов. Некоторые аспекты этой проблемы рассмотрены, в частности, в [2, 3, 5].
7. На рис. 2, приведена структура потоков тепловой энергии, которая функционально отводится из сахарного завода производственной мощностью 3000 т свёклы в сутки при условии возврата в ТЭЦ (в котельную) не охлажденного конденсата и «нулевого» уровня использования теплоты ВЭР завода.

Из рис. 2 следует, что:

- **70 %** от введенной в завод тепловой энергии может рассматриваться, как потенциальные ВЭР, подлежащие возврату в тепловую схему завода, поскольку обладают достаточной температурой, количеством и имеют соответствующие технические решения для использования.
- **30 %** от введенной в завод тепловой энергии оцениваются как безвозвратные потери в окружающую среду, поскольку не располагают необходимыми техническими решениями для их повторного использования в тепловой схеме сахарного завода.

Имея такой значительный тепловой потенциал ВЭР, естественно рассчитывать на столь же существенное снижение энергоемкости производства, в случае возврата этой теплоты в тепловую схему завода.

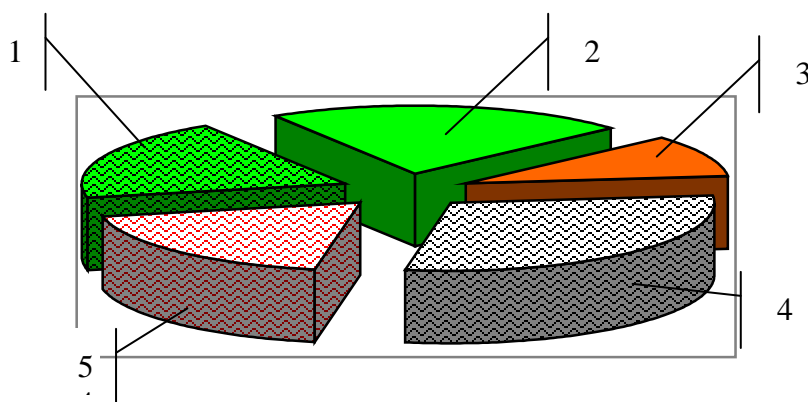


Рис. 2. Структура потоков тепловой энергии на выходе из сахарного завода с «нулевым» использованием ВЭР.

1 – теплота конденсата, возвращаемого в ТЭЦ (котельную) – **19,3 %** (12,3 Гкал/ч); 2 – теплота конденсата вторичных паров ВУ – **22,2 %**; (14,2 Гкал/ч);

3 – теплота сырого жома – **10,1 %** (6,5 Гкал/ч); 4 – теплота прочих, не возвращаемых, потоков – **29,5 %** (18,9 Гкал/ч); 5 – теплота утфельного пара вакуум-аппаратов – **19,0 %** (12,2 Гкал/ч).

8. По нашим расчетам, полное отсутствие использования теплоты ВЭР в тепловой схеме сахарного завода характеризуется высокими: удельным расходом тепловой энергии на переработку свёклы – на уровне **302,9** Мкал/т свёклы, высоким расходом пара – **58,2 %** к массе свёклы пара из ТЭЦ или котельной и высоким расходом топлива – а **52,7** м³ газа на тонну свеклы.

9. По нашей оценке, в структуре тепловой энергии, которая функционально выводится из сахарного завода, к тепловой энергии ВЭР можно отнести не менее **70 %** от введенной в завод тепловой энергии, среди которых имеются низкотемпературные (60 – 85 °С) и высокотемпературные (85 – 135 °С) энергоносители, а именно:

- теплоту конденсата технологического пара, полученного от ТЭЦ (или провой котельной) – **19,3 %**;
- теплоту конденсата вторичных паров выпарной установки (ВУ) - а **22,2 %**;
- теплоту свежего жома, выходящего из диффузионного аппарата – **10,1 %**;
- теплоту утфельного пара вакуум-аппаратов – **19,0 %**.

Этот объем тепловой энергии составляет тепловой потенциал ВЭР сахарного завода.

Остальные **30 %** отводимой из сахарного завода тепловой энергии, в т.ч. с потоками паро-газовой смеси, отводимой из греющих камер теплообменного

оборудования, с потоками сатурационного газа, отводимого из аппаратов сатурации, с тепловым излучением от поверхностей трубопроводов и оборудования, с отработанными продуктами производства и др. следует отнести к потерям теплоты, повторное эффективное использование которой в тепловой схеме завода, на сегодня, по нашему мнению, не возможно.

10. Энергетический и финансовый эффекты от использования теплоты ВЭР состоит в вытеснении из тепловой схемы завода теплоты первичного теплоносителя – пара из ТЭЦ или котельной или вторичных паров выпарной установки, являющимися, по существу, структурными элементами того же первичного теплоносителя.

Снижение теплопотребления сахарного завода на **одну** Гкал/ч гарантированно приводит к снижению расхода природного газа на производство на **144 – 160** м³/ч, и снижению удельного расхода газа на тонну переработанной свеклы.

На рис. 3 приведена графическая зависимость, удобная для оперативной оценки снижения удельного расхода газа на переработку свеклы при использовании тепловой энергии ВЭР.

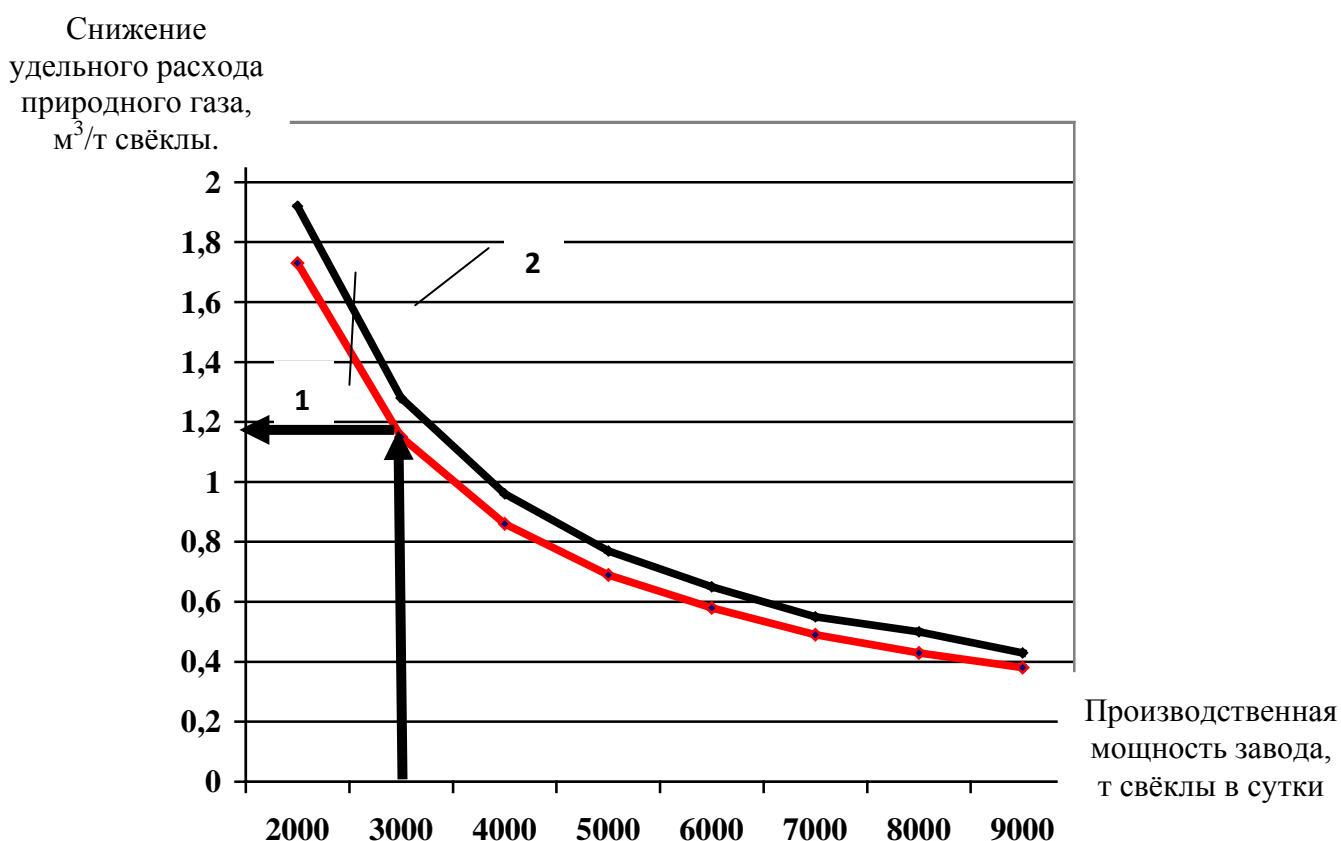


Рис. 3. Влияние производственной мощности сахарного завода на уменьшение удельного расхода газа на переработку свеклы при использовании в его тепловой схеме одной Гкал/час тепловой энергии ВЭР.

1 – ТЭЦ с $b_T^{ТЭЦ} = 164$ кг у.т/Гкал; 2 – ТЭЦ, с $b_T^{ТЭЦ} = 181$ кг у.т/ Гкал.

Использование рис. 3 позволяет оперативно осуществлять топливную оценку планируемыми к использованию объемам теплоты ВЭР для сахарных заводов любой мощности и ТЭЦ с любым удельным расходом условного топлива на отпущенную тепловую энергию – $b_T^{ТЭЦ}$, кг у.т/ Гкал.

***Пример расчета.** В плане реконструкции сахарного завода мощностью 3000 т свёклы в сутки, располагающей ТЭЦ с $b_m^{ТЭЦ} = 164$ кг у.т /Гкал, намечено снизить теплопотребление завода на 5,0 Гкал/ч за счет возврата в тепловую схему тепловой энергии одного или несколько ВЭР. Реализация такого решения гарантирует снижение удельного расхода газа на переработку свеклы (см. указательные линии на рис.3) на $1,15$ м³ газа/(т свеклы).*

11. На сегодняшний день, значительная (до 40 %) часть теплоты ВЭР возвращено в завод еще в проектах реконструкции сахарных заводов 60-х годов и по сегодня эффективно используется в тепловых схемах сахарных заводов, а именно:
- использовано 100 % теплоты конденсата пара, полученного из ТЭЦ или котельной
 - использовано до 40 % теплоты уфельного пара в «чистом отсеке» конденсатора вакуум-конденсаторной установки завода;
 - использовано до 30 % теплоты конденсата вторичных паров ВУ в виде паров само испарения в системе пароотборов ВУ;
 - использовано до 10 % теплоты конденсата вторичных паров ВУ для нагревания пред дефекованного сока.

Такое положение определяет существенное снижение потребления тепловой энергии сахарным заводом, и характеризуется, при откачке сока из диффузии на уровне 120 % к массе свёклы, удельным расходом тепловой энергии – не выше – **232,1** Мкал/т свёклы.

Именно с такого старта в 2008 г. Балашовский сахарный завод начал совершенствование своей тепловой схемы в направлении использования тепловой энергии ВЭР.

12. Нами проведена оценка проблем внедрения ВЭР на примере сахарного завода мощностью 3000 т свёклы в сутки, поэтапно реализовывавшего идею использования теплоты ВЭР. Материал статьи сформирован на базе реальных результатов нескольких этапов усовершенствования его тепловой схемы и результатов его проектно-расчетного моделирования. Результаты работы по потокам тепловой энергии представлены как в абсолютных (Гкал/ ч), так и в относительных (% к кол-ву введенной в завод тепловой энергии) единицах измерения. Это позволит использовать их для оценки состояния использования тепловой энергии для заводов любой мощности.

13. Не следует воспринимать наличие значительного объема тепловой энергии не использованных потоков ВЭР, как эквивалентное уменьшение расхода тепловой энергии на завод в случае их возврата в тепловую схему завода.

В тепловой схеме завода происходит взаимодействие между возвращаемыми потоками массы и теплоты ВЭР, и энергоносителями, вводящими тепловую энергию в завод. В результате чего, снижение эксплуатационного расхода тепловой энергии на производство может быть значительно (на 60-80 %) меньше суммы тепловой энергии возвращенных потоков ВЭР.

14. Общеотраслевая практика использования ВЭР в тепловой схеме сахарного завода свидетельствует о том, что возврат определенного количества тепловой энергии ВЭР не всегда приводит к эквивалентному снижению удельного расхода тепловой энергии на переработку свеклы.

Установлено, что:

- если теплота ВЭР – то ли тепловая энергия утфельного пара, то ли теплота конденсата, то ли теплота паров самоиспарения конденсатов возвращаются в тепловую схему завода способом теплопередачи, то достигается **эквивалентное уменьшение** удельного расхода тепловой энергии на производство;

- если теплота ВЭР – то ли теплота конденсата, то ли тепловая энергия жомопрессовой воды возвращаются в тепловую схему завода способом смешения с технологическими потоками производства, то достигается **значительно меньшее уменьшение** удельного расхода тепловой энергии на производство.

Например:

- возврат теплоты паров самоиспарения конденсатов вторичных паров ВУ в кол-ве **5,4 %** к массе свёклы (**3,6 – 4,0** Гкал/час) в систему пароотборов ВУ обеспечил снижение удельного теплотребления завода от **302,9** до **270,9** Мкал/(т свёклы), что составило те же **4,0** Гкал/ч.

(см. балансовую ф-лу: $\Delta Q = (302,9 - 270,9) \cdot 10^{-3} \cdot 3000/24 = 4,0$ Гкал/ч)

- возврат теплоты конденсата последних корпусов ВУ в кол-ве **1,75** Гкал/час для нагрева преддефекованного сока снизил потребление тепловой схемой завода тепловой энергии на, практически, равную величину – **1,86** Гкал/час, обеспечив снижение удельного расхода тепловой энергии от **270,9** до **256,0** Мкал/тонну свёклы

(см. балансовую ф-лу: $\Delta Q = (270,9 - 256,0) \cdot 3000 \cdot 10^{-3} / 24 = 2,0$ Гкал/ч)

- возврат теплоты части утфельного пара в «чистый» отсек конденсатора завода в кол-ве **4,4 - 5,0** Гкал/ч для нагрева сырой воды от **14** до **54 °С** снизил потребление тепловой схемой завода на, практически, равную величину – **4,4** Гкал/час, обеспечив снижение удельного расхода тепловой энергии от **256,0** до **220,6** Мкал/тонну свёклы.

(см. балансовую ф-лу: $\Delta Q = (256,0 - 220,6) \cdot 3000 \cdot 10^{-3} / 24 = 4,4$ Гкал/ч)

Однако, возврат теплоты жомопрессовой воды и конденсата в диффузионный аппарат, совместно вернувшие в тепловую схему завода **8,1** Гкал/час

тепловой энергии снизил потребление тепловой схемой завода всего на **0,24** Гкал/час, т.е. на 97 % меньше, обеспечив лишь незначительное снижение удельного расхода тепловой энергии – от **220,6 до 218,7** Мкал/тонну свёклы .

15. Имея реальные эксплуатационные результаты поэтапного внедрения ВЭР в тепловую схему и располагая математической моделью тепловой схемы сахарного завода, мы спрогнозировали реакцию завода на возврат всех потоков теплоты ВЭР в любом их сочетании и установили закономерности «восприятия» тепловой схемой завода теплоты ВЭР.

16. **Обязательным условием** использования тепловой энергии ВЭР в любом производстве является наличие в его теплотехнологии т.н. «областей рекуперации» (ОР).

ОР представляет собой группу процессов нагревания, выпаривания, экстракции и др, которые используют тепловую энергию первичного теплоносителя, но могут без ущерба для регламента производства, воспринять возвращаемую теплоту ВЭР. При этом, теплоноситель из состава ВЭР, «замещает» первичный теплоноситель, снижая теплотребление производства.

17. По нашей оценке, в теплотехнологической схеме сахарного завода имеется **8** низкотемпературных областей рекуперации, а именно:

- процесс нагревания свекловичной стружки перед подачей в диффузионный аппарат – ОР-1 ;
- процесс нагревания диффузионного сока перед подачей в прогрессивный преддефекатор – ОР-2 ;
- процесс нагревания преддефекованного сока – ОР-3;
- система пароотборов выпарной установки (ВУ)– ОР-4;
- процессы компенсации потерь в окружающую среду в продуктовом отделении – в сиропных и паточных ящиках– ОР-5.
- процесс нагревания сырой воды для питания диффузии – ОР-6;
- процесс экстракции свекловичной стружки в диффузионном аппарате – ОР-7;
- поток сатурационного газа из сатураторов– ОР-8;

18. Тепловой потенциал ОР, т.е. объем теплоты, способный к замещению теплотой ВЭР, рассчитывается по обычным формулам определения требуемого расхода тепловой энергии для процесса и регламентным заводским параметрам (расходам и пределом нагревания). При необходимости заводской теплотехник может рассчитать для конкретных условий имеющийся тепловой потенциал ОР своего завода.

Например, объем теплоты ОР-2 – $Q_{ОР-2}$, Гкал/ч, определяется по расчетной ф-ле требуемого кол-ва теплоты для процесса нагревания сока от начальной до конечной температуры процесса:

$$Q_{ОР-2} = G_{диф.сок} \cdot c_{диф.сок} \cdot (t_{нач} - t_{кон}) \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

где:

$G_{\text{дифф.сок}}$, $c_{\text{дифф.сок}}$ – соответственно, часовой расход, т/ч, и удельная теплоемкость диффузионного сока, ккал/(кг·°C);

$t_{\text{нач}}$, $t_{\text{кон}}$ – соответственно, начальная и конечная регламентные температуры процесса нагревания сока, °C.

19. По нашей оценке, общий тепловой потенциал всех ОР сахарного завода заметно (на 30 – 40 %) ниже теплового потенциала всех его ВЭР. Это означает, что тепловая схема сахарного завода не в состоянии принять все его ВЭР и не использованная теплота ВЭР (35 – 50 % от общего объема подведенной в завод теплоты) обречена быть отведенной в окружающую среду.

20. Для низкотемпературных ВЭР технические решения по их использованию в тепловой схеме завода однозначно определены логикой развития и совершенствования сахарного производства, в частности:

- использование теплоты утфельного пара (55 – 65 °C) – для нагревания диффузионного сока перед подачей в аппарат предварительного известкования;
- использование теплоты жомопрессовой воды (60 – 70 °C) – для подачи в диффузионный аппарат в составе питательной воды;
- использование теплоты конденсата вторичных паров ВУ (85 – 100 °C) – по двум направлениям: для нагревания сока из аппарата предварительного известкования и для подачи в диффузионный аппарат в составе питательной воды.
- использование теплоты конденсата пара, полученного от ТЭЦ или из котельной (100 – 138 °C) – возврат в ТЭЦ или в котельную по трем вариантам:
 - возврат без охлаждения с температурой, соответствующей эксплуатационной температуре в деаэраторе;
 - возврат с охлаждением в заводе до эксплуатационной температуры в деаэраторе в соковом подогревателе;
 - возврат с охлаждением в заводе до эксплуатационной температуры деаэратора в автоматизированной много-каскадной (от двух до четырех) системе сборников-испарителей;

В практике формирования тепловых схем сахарных заводов реализованы все четыре варианта.

На основании своего опыта проектирования, реконструкции и эксплуатации тепловых схем заводов, отмечаем, что наиболее эффективным для завода, прежде всего в финансовом плане, является возврат конденсата без его охлаждения в заводе и установка в ТЭЦ или в котельной деаэраторов повышенного давления.

Именно это решение, в отличие от двух других, поскольку, по влиянию на расход топлива на производство – все три варианта равноценны:

- не снижает производительность системы паротборов ВУ и не вынуждает проектантов «смещать» отборы пара на последние корпуса ВУ, повышая их поверхности теплообмена и увеличивая капиталовложения в ВУ;
- не увеличивает капитальные затраты и затраты трудовых ресурсов на формирование системы сборников испарителей конденсата и систему ее автоматизации;
- минимизирует потери тепловой энергии в окружающую среду в системе конденсатного хозяйства;

Охлаждение конденсата тем или иным способом в заводе оправдано только отсутствием в ТЭЦ или котельной деаэраторов повышенного давления и вынужденной эксплуатацией деаэраторов атмосферного давления.

При условии выбора между тремя «охлаждаемыми» способами предпочтение следует отдать финансово более дешевой в создании – системе одноступенчатого снижения температуры конденсата в соковом подогревателе.

21. Структура отвода тепловой энергии в проекте строящегося сахарного для завода с максимальным использованием в тепловой схеме теплоты ВЭР, максимально заполненными теплотой ВЭР областями рекуперации (за исключением ОР-1, ОР-6 и ОР-8) представлена на рис. 4.

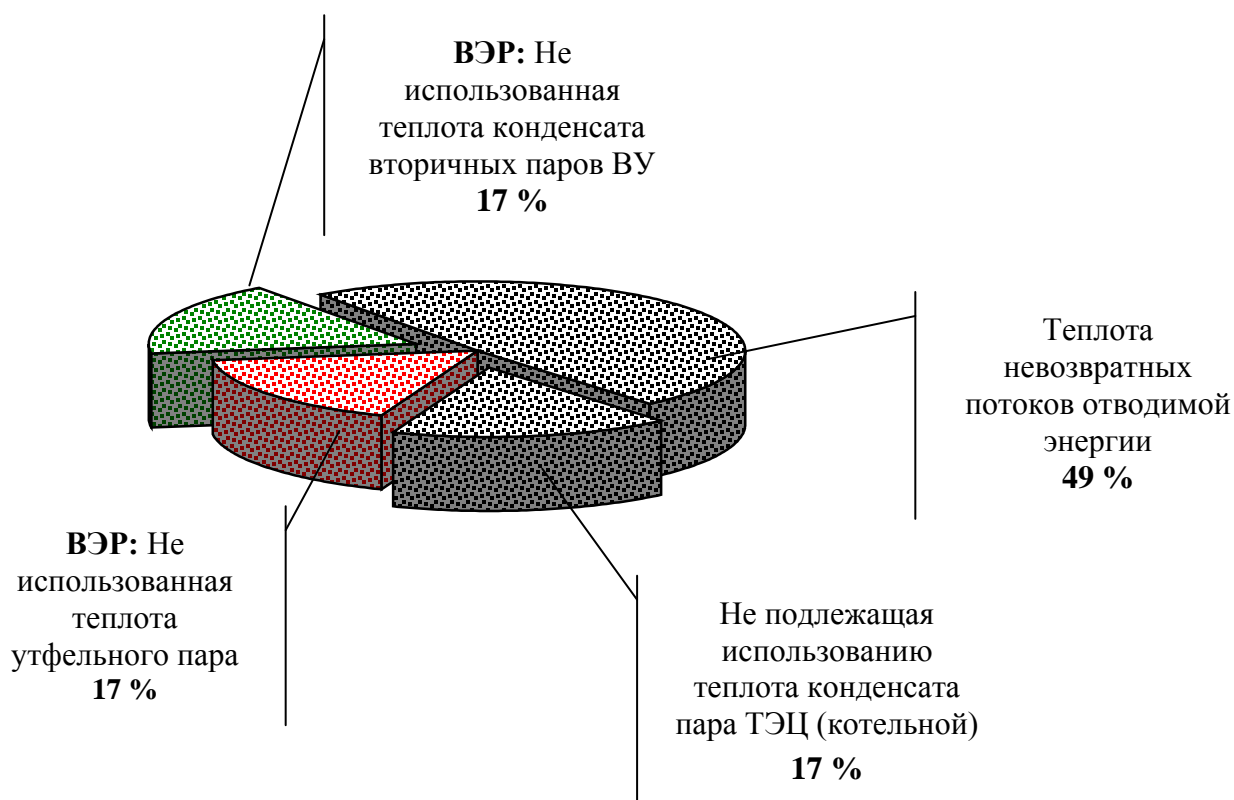


Рис. 4. Структура отводимой от завода теплоты для сахарного завода с предельно высоким уровнем использования теплоты ВЭР, в % от введенной в завод тепловой энергии .

Анализ рис. 4 свидетельствует о том, что увеличение объемов использования теплоты ВЭР в тепловой схеме сахарного завода до предельного уровня в сочетании с минимизацией откачки диффузионного сока из диффузионного аппарата обеспечивает существенное (на 220 %) снижению энергоемкости производства. Достигается снижение удельного расхода тепловой энергии на переработку свеклы от **302,9** до **136,0** Мкал / (тонну свёклы), или от **52,7** до **23,7** м³ газа на тонну свёклы и происходит существенное изменение структуры отвода теплоты от завода, а именно:

- доля потоков тепловой энергии из группы ВЭР – снижается от **51** до **34** %, в т.ч. остается неиспользованной теплота утфельного пара (17 %) и теплота конденсата вторичных паров ВУ (17 %).

- доля потоков тепловой энергии не подлежащих возврату в тепловую схему завода – увеличивается от **49** до **66** %, в т.ч. теплота конденсата, возвращаемого в ТЭЦ или в котельную (17 %) и теплота не возвращаемых потоков теплоты с отработанным сатурационным газом, отработанными продуктами производства, и тепловой энергией излучения от поверхностей трубопроводов и оборудования).

22. Таким образом, сахарное производство, при существующей энерготехнологии производства даже при предельно совершенной теплотехнологической схеме, имеет обречено значительное недоиспользование теплоты ВЭР – конденсата вторичных паров ВУ и утфельного пара вакуум-аппаратов.

23. Не использованный тепловой потенциал утфельного пара – 17 % от подведенной к заводу теплоты, в связи с исчезновением сырой воды в балансе процесса диффузии, остается значительным, поскольку существенно превышает соответствующую ему область рекуперации (ОР-1).

В энерготехнологии сахарного производства существует техническое решение, которое позволяет вернуть в завод всю теплоту утфельного пара. Техническая его сущность состоит в сжатии всего утфельного пара механическим компрессором до давления, равного давлению вторичного пара 3-й ступени выпаривания – 1,25 бар, подаваемого в греющие камеры вакуум-аппаратов. Это решение, по существу, тепловой насос, используя относительно небольшое кол-во электроэнергии, повышает температуру утфельного пара и обеспечивает передачу значительной теплоты конденсации (испарения) процессу выпаривания. Таким образом, в процессе т.н. «компрессорного» выпаривания затрачивается не электроэнергия – **130** ккал/кг, а переходящая в процессе теплообмена между конденсацией и кипением не исчезающая скрытая теплота конденсации /парообразования – **520 / 560** ккал/кг.

Однако, сегодняшнее соотношение цен на топливо (природный газ – **4620** руб/(тыс. м³) и на электроэнергию (**3,80** руб/(кВт·час) не создает экономических предпосылок для реализации такого решения.

Дело в том, что современные энергетические комплексы сахарных заводов затрачивают на выпаривание воды в ВУ по т.н. «теплотехнической» технологии в зависимости от эффективности тепловой схемы от **27,0** до **41,0** м³ газа на одну тонну выпаренной воды,

При условии использования топлива по цене **4620** руб/тыс.м³ заводская стоимость выпаривания воды из сокового потока составит **125 – 190** руб/т выпаренной воды.

По нашим расчетам, реализация «компрессорной» технологии выпаривания, потребует использования одноступенчатого компрессора, способного сжать вакууммированный (имеющий огромный удельный объем – 7,65 м³/кг) утфельный пар от 0,2 бар до 1,25 бар, предусмотрев охлаждение сжатого пара от 300 – 340 °С до температуры насыщения – 106 °С.

Ожидаемая удельная мощность компрессора с $\eta=0,65$ по сжатию **1,0** т/ч (**0,278** кг/с) утфельного пара составит, по нашей оценке – **150** кВт.

При использовании «компрессорной» технологии выпаривания, учитывая, что одна т/час сжатого утфельного пара обеспечит, при выбранной схеме подачи сжатого пара, выпаривание, практически, одной т/час с воды, стоимость выпаривания одной тонны воды составит, ориентировочно, **547** руб/т выпаренной воды.

Ориентировочная электрическая мощность механического компрессора с для сахарного завода мощностью 3000 т свёклы в сутки для сжатия всего утфельного пара, а это – 10 % к массе свёклы или 12,5 т/час, или **95,6** тыс. м³/час, составит **1880** кВт.

Как видно из сопоставления «теплотехнической» и «компрессорной» технологий выпаривания воды в системе ВУ сахарного завода при сегодняшнем паритете цен на энергоносители «компрессорная технология выпаривая» является не конкурентной, поскольку в **3 – 4** раза дороже.

Кроме этого, препятствием внедрению «компрессорной» технологии выпаривания является проблема формирования решения на ВУ, компенсирующего существенное (на 25 %) снижение ее паропроизводительности. Дело в том, что «компрессорная» технология выпаривания выводит из системы паротборов ВУ (из третьей ступени выпаривания) самый производительный (10-13 % к массе свёклы) паротбор и производительность ВУ по выпаренной воде существенно (на **25** %) снижается.

Тем не менее «компрессорная» технология выпаривания реализована в настоящее время на пяти сахарных заводах Швейцарии и Франции, [1], потребляющих дешевую электроэнергию от АЭС и ГЭС.

Рассмотрение вопроса механической компрессии вторичного пара началось еще в 90-е годы [4], но относилось оно к рассмотрению вопроса регулирования паропроизводительности ВУ.

Следует отметить, что только «компрессорная» технология позволяет реализовать весь потенциал утфельного пара и обеспечить существенное снижение удельного расхода тепловой энергии и топлива на переработку свёклы на **30 %** ниже, существующего на сегодня, предельно-минимального уровня в 136 Мкал/т свёклы.

Возникающие при этом задачи компенсации недостающей для завода электрической мощности могут быть решены способами, применяемым при использовании паровой жомосушки.

Выводы.

1. Гарантией снижения энергоемкости сахарного производства (расхода топлива в ТЭЦ или в котельной) является снижение отвода теплоты от сахарного завода и возврат ее в тепловую схему завода.
2. Вся введенная в завод тепловая энергия первичного теплоносителя (пара из ТЭЦ или из котельной) отводится (теряется) в окружающую среду.
3. Суммарный объем теплоты потоков теплоты ВЭР составляет не менее 51 % от введенной в завод теплоты.
4. Возможности «областей рекуперации» сахарного завода достаточно велики, но ограничены, что объективно не позволяет вернуть в завод всю теплоту ВЭР.
5. Наиболее эффективным, гарантирующим 100 % восприятия тепловой схемой завода и эквивалентное снижение расхода тепловой энергии на переработку свёклы, есть возврат теплоты ВЭР способом конвективного теплообмена.
6. Снижение энергоемкости сахарного производства требует увеличения областей рекуперации в теплотехнологической схеме переработки свеклы.
7. Использование теплоты ВЭР следует рассматривать как первый по значимости фактор снижения энергоемкости сахарного производства.

Список литературы

1. Доллс А. Повторное рассмотрение компрессии пара для кристаллизации сахара / А. Доллс, М. Брунс // Сахар и свекла. – № 1. – 2011. – С. 12–20.
2. Колесников В.А. Где мы теряем пар и топливо / В.А. Колесников [и др.] // Сахар. – № 3. – 2002. – С. 46–47.
3. Колесников В.А. Теплотехнический аудит: что мы получаем на практике / Колесников В.А. // Сахар. – № 4. – 2003. – С.12– 14.
4. Майоров В.В. Турбокомпрессор в тепловом комплексе сахарного завода / В.В. Майоров, В.В. Бажанов, Е.В. Симдянов // Сахарная промышленность. – № 2. – 1994. – С.20– 22.

5. *Маркитан С.В.* Пути повышения технико-экономических показателей тепловых схем сахарных заводов / С.В. Маркитан С.В. [и др.] // *Цукор України.* – № 5 (29). – 2002. – С. 5–8
6. *Филоненко В.Н.* Рациональная последовательность энергосберегающих технических решений / В.Н. Филоненко Д.Н. Цыганков, А.А. Швецов // *Сахар.*– 2016. – № 9.– С. 24– 31.
7. *Христенко В.И.* Визначення та методика розрахунку тепловтрат при сатурції / В.И. Христенко, К.О. Штангеев, Р.Ц. Мищук // *Цукор України.*– 2000.– № 2.

Ключевые слова:

сахарное производство, подведенная теплота, сбросная теплота, вторичные энергоресурсы, тепловая схема, возврат теплоты, энергоемкость, энергосбережение, технические решения.

**WASTE ENERGIES OF SUGAR FACTORIES: POTENTIAL And REAL
POSSIBILITIES of THEIR USE**

Key words:

sugar production, brought heat, waste heat, thermal chart, return of heat, power-hungryness, energy-savings, technical decisions.

Аннотация

В статье приведена оценка структуры тепловой энергии, отводимой от сахарного завода в зависимости от уровня возврата (рекупации) теплоты вторичных энергоресурсов (ВЭР) в его тепловую схему.

Annotation

The article presents of structure of the thermal energy taken from a sugar factory depending on the level of return (repeated use) of waste energies in his thermal chart is driven.

Authors:

Filonenko Vitaly Nikolaevich, **Tsygankov** Dmitry Nikolaevich, **Shvetsoy** Aleksandr Aleksandrovich

Сведения об авторах

Филоненко Виталий Николаевич, к.т.н. доцент Национального университета пищевых технологий, г. Киев, Украина.

Телефон 044 – 285 – 88 – 73 (дом) 044 – 287 – 92 – 66 (раб 068 – 127 – 76 – 68 (моб)

E_mail: ipren@ukr.net

Цыганков Дмитрий Николаевич, директор ООО “Техпроект”, г. Курск, РФ.

Телефон: 044 – 285 – 88 – 73 (дом) 4712 – 53 – 12 – 73 (раб 903 – 639– 47 – 80 (моб)

E_mail: tehproekt_kursk@mail.ru

Швецов А.А. Главный инженер Балашовского сахарного завода, р.п. Пинеровское, Балашовского р-на, Саратовской обл. ул. Мира 6, кв. 10., РФ.

E-mail: sanbskingeneer@yandex.ru

Телефон 845-456-12-03 (раб)
909-333-19-91 (моб)



ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ЭНЕРГЕТИКИ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

01033, г.Киев-33, ул.Владимирская 68, тел/факс:(8. 10. 38. 044) 289-01-02; 285-88-73; тел/автоотв-285-88-73

14.02.17 № 14

Редакция журнала «САХАР»

Предложение принять к опубликованию статью «производственно теплоэнергетической» направленности

Главному редактору
Госп. О.А. Рябцевой

Уважаемая Ольга Альбертовна !

Прошу принять к опубликованию в журнале «САХАР» нашу статью, являющуюся результатом длительных наблюдений и размышлений над проблемой использования тепловой энергии вторичных энергоресурсов в сахарной промышленности России, Украины и других стран.

Статья, по мнению авторов, содержит интересный взгляд на проблему и представит интерес для специалистов сахарных заводов России, их владельцев и организаций, занимающихся реконструкцией и совершенствованием энергоиспользования на сахарных заводах.

Название статьи:

**«ВТОРИЧНЫЕ ЭНЕРГОРЕСУРСЫ САХАРНОГО ЗАВОДА:
ПОТЕНЦИАЛ И РЕАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИХ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ»**

Содержание статьи согласовано всеми соавторами.

С уважением, от лица авторской группы

В.Н. Филоненко

